



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

GENEROVÁNÍ ONEMOCNĚNÍ KŮŽE DO SYNTETICKÝCH OTISKŮ PRSTŮ Z SFINGE

GENERATION OF SKIN DISEASES INTO THE SYNTHETIC FINGERPRINTS FROM SFINGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VERONIKA SVORADOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE Prof. Ing., Dipl.-Ing. MARTIN DRAHANSKÝ, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce



21893

Studentka: **Svoradová Veronika**

Program: Informační technologie

Název: **Generování onemocnění kůže do syntetických otisků prstů z SFinGe**
Generation of Skin Diseases into the Synthetic Fingerprints Using SFinGe

Kategorie: Počítačová grafika

Zadání:

1. Prostudujte literaturu týkající se rozpoznávání otisků prstů a onemocnění kůže postihující bříška prstů a dlaně. Seznamte se s generátorem syntetických otisků prstů SFinGe.
2. Navrhněte vhodný model a posléze algoritmus pro generování dvou druhů onemocnění kůže (atopický ekzém a dishydróza) do syntetických otisků prstů pocházejících z generátoru SFinGe.
3. Navržený algoritmus z předchozího bodu implementujte.
4. Proveďte otestování Vašeho řešení pomocí vhodného algoritmu (např. Innovatrics či Neurotechnology) na porovnávání otisků prstů.
5. Dosažené výsledky, týkající se zejména kvality, shrňte a diskutujte. Uveďte možná vylepšení a rozšíření stávajícího stavu.

Literatura:

- Maltoni D., Maio D., Jain A.K. and Prabhakar S. *Handbook of Fingerprint Recognition*. Springer, 2009, p. 512. ISBN 978-1-8488-2254-2.
- Kanich O. *Fingerprint Damage Simulation - A Simulation of Fingerprint Distortion, Damaged Sensor, Pressure and Moisture*, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2014, p. 57. ISBN 978-3-659-63942-5.
- Barotová Š. *Detector of Skin Diseases by Fingerprint Technology*. Brno, 2017. Bakalářská práce na FIT VUT v Brně.
- Webová stránka generátoru SFinGe:
<http://biolab.csr.unibo.it/research.asp?organize=Activities&select=&selObj=12&pathSubj=111%7C%7C12&>

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Vedoucí práce: **Drahanský Martin, prof. Ing., Dipl.-Ing., Ph.D.**

Vedoucí ústavu: Hanáček Petr, doc. Dr. Ing.

Datum zadání: 1. listopadu 2018

Datum odevzdání: 15. května 2019

Datum schválení: 1. listopadu 2018

Abstrakt

Bakalárska práca sa zaoberá návrhom a implementáciou algoritmu, ktorý generuje kožné ochorenia do syntetického odtlačku prstu. Pomocou generovaných objektov sa vytvárajú hlavné znaky kožných ochorení do odtlačku prsta, ktorý bol vytvorený generátorom SFinGe. Vybrané ochorenia kože sú atopický ekzém a dishydóza.

Abstract

The bachelor thesis deals with the design and implementation of an algorithm that generates skin diseases into a synthetic fingerprint. Generated objects help to create the main features of skin diseases into fingerprints which are designed by the SFinGe generator. Selected skin diseases are atopic eczema and dishydrosis.

Klíčové slová

kožné ochorenia, odtlačky prstov, spracovanie obrazu, generovanie objektov, SFinGe, C++, OpenCV, Qt

Keywords

skin diseases, fingerprints, image processing, object generation, SFinGe, C++, OpenCV, Qt

Citácia

SVORADOVÁ, Veronika. *Generování onemocnění kůže do syntetických otisků prstů z SFinGe*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Prof. Ing., Dipl.-Ing. Martin Drahanský, Ph.D.

Generování onemocnění kůže do syntetických otisků prstů z SFinGe

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracovala samostatne pod vedením Prof. Ing., Dipl.-Ing. Martina Dražanského, Ph.D. Ďalšie informácie mi poskytla MUDr. Eva Brězinová, Ph.D. Uviedla som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpala.

.....

Veronika Svoradová

14. mája 2019

Podakovanie

Rada by som podakovala Prof. Ing., Dipl.-Ing. Martinovi Dražanskému, Ph.D. za ochotu, čas a cenné rady, ktoré mi poskytol počas tvorby tejto bakalárskej práce. Taktiež by som chcela podakovať MUDr. Evě Brězinovej, Ph.D. za poskytnuté informácie týkajúce sa kožných ochorení.

Obsah

1	Úvod	3
2	Prehľad súčasného stavu	5
2.1	Odtlačky prstov	5
2.1.1	Štruktúra kože	5
2.1.2	Klasifikácia odtlačkov prstov	7
2.1.3	Markanty	8
2.1.4	Rozpoznávanie odtlačkov prstov	9
2.1.5	Generovanie syntetických odtlačkov prstov	10
2.2	Získavanie odtlačkov prstov	15
2.2.1	Atramentová technológia	16
2.2.2	Optická technológia	16
2.2.3	Elektrooptická technológia	17
2.2.4	Kapacitná technológia	17
2.2.5	Ultrazvuková technológia	17
2.2.6	Teplotná technológia	17
2.2.7	Tlaková technológia	17
2.2.8	Elektrická technológia	18
2.3	Kožné ochorenia	18
2.3.1	Databáza odtlačkov prstov s kožným ochorením	19
2.3.2	Atopický ekzém	20
2.3.3	Dishydróza	22
3	Návrh	24
3.1	Cieľ aplikácie	24
3.2	Popis vybraných chorôb	24
3.2.1	Odtlačky prstov postihnuté atopickým ekzémom	24
3.2.2	Odtlačky prstov postihnuté dishydrózou	25
3.3	Generovanie kožného ochorenia	27
3.3.1	Konfiguračný súbor	29
3.4	Grafické užívateľské rozhranie	29
4	Implementácia	31
4.1	Trieda MainWindow	31
4.2	Trieda PrepareImage	32
4.3	Trieda AtopicEczem	33
4.3.1	Generovanie čiar	33
4.3.2	Generovanie škvŕn	34

4.3.3	Výsledok atopického ekzému	34
4.4	Trieda Dishydroza	35
4.4.1	Generovanie škvŕn	35
4.4.2	Výsledok dishydrózy	35
4.5	Trieda Diseases	36
5	Testovanie	37
5.1	Testovacie súbory	37
5.2	Výsledky testovania	38
5.2.1	Atopický ekzém	39
5.2.2	Dishydróza	40
6	Záver	42
	Literatúra	43
A	Obsah priloženého DVD	46

Kapitola 1

Úvod

V súčasnej dobe sa používanie odtlačkov prstov veľmi rozšírilo. Je jedným z najviac používaných a rozšírených biometrických overovacích techník. [18] Je to hlavne z dôvodu unikátnosti a konštantnosti odtlačku prsta. Metóda odtlačkov prstov sa používa na verifikáciu či identifikáciu osôb. [17] Identifikácia rozpoznáva totožnosť osoby. Cieľom verifikácie je overenie, či overovaná osoba je naozaj tou osobou, za ktorú sa pokladá.

Metódy rozpoznávania jedincov sú rôzne. Ľudia identifikujú a rozpoznávajú ostatných ľudí na základe ich tváre, vzhľadu, hlasu či chovania. Jedná sa o automatické rozpoznávanie, ktoré prebieha v našom mozgu. [12] Svoju identitu môžeme taktiež prekázať pomocou svojich dokladov, kariet, hesiel, kódov či merateľných biologických charakteristík, kam patria aj odtlačky prstov. [26]

Význam biometrie pre autentizáciu a identifikáciu v posledných rokoch stále rastie. Odtlačky prstov sa používajú po celom svete. Nepoužívajú sa len vo forenznej vede, kde sa biometria využíva v súdnych prípadoch, vo vyšetrovaní trestných činov a na identifikáciu zločincov, ale našla svoje použitie aj v komerčnom uplatnení. Rozšírila sa do každodenného života ľudí. S elektronickými zariadeniami a perifériami sa človek stretáva každý deň. Namiesto hesiel a kľúčov sa využíva na prístup biometrická identifikácia. Medzi najčastejšie sa používané biometrické metódy patrí sietnica a dúhovka oka, geometria ruky, žily na rukách a odtlačky prstov.

Ako už bolo spomenuté, práve technológia rozpoznávania odtlačkov prstov je zo všetkých najrozšírenejšou. [12] Najčastejšie odtlačky prstov môžu slúžiť ako kľúč k odomykaniu notebooku, mobilu či iného zariadenia. Má to niekoľko výhod oproti klasickému prístupu. Nie je potrebné pamätať si heslá a nie je ich tak ľahké zneužiť alebo napodobiť bez nášho vedomia. Navyše odtlačok prsta je neprenositelný, rýchlo použiteľný a za vhodných okolností skoro nemožné ho stratíť.

Avšak, nie všetci ľudia môžu použiť systém odtlačkov prstov. Rozpoznávanie odtlačkov prstov nemôže byť použité za každých podmienok. Existujú niektoré faktory, ktoré ovplyvňujú proces rozpoznávania. Jedným z týchto faktorov sú aj kožné ochorenia, ktoré majú vplyv na kvalitu odtlačku prsta. [14] Keďže použitie biometrickej identifikácie sa stalo bežnou súčasťou života ľudí a stále sa rozvíja, ľudia trpiaci kožnými ochoreniami na prstoch sú o tieto možnosti ochudobnení. Až 25% z celkového počtu pacientov trpí nejakým kožným ochorením. [14] Títo užívatelia nemôžu používať systémy, ktoré využívajú snímanie odtlačkov prstov. V prípade, že choroba zničila štruktúru papilárnych líní v horných dvoch vrstvách, tak papilárne línie nebudú znovu obnovené a ľudia aj po vyliečení nemôžu používať zariadenie na rozpoznávanie odtlačkov prstov. [12] Medzi takéto zariadenia najčastejšie

patria rôzne telefóny, notebooky, hodinky, bankomaty, bankové kontá, aplikácie, zámky, automobily či vstup do zabezpečených priestorov.

V dnešnej dobe existuje viacero generátorov, ktoré umožňujú vytvoriť a vygenerovať databázu syntetických odtlačkov prstov podľa požiadavok užívateľa. Táto práca je zameraná na vytvorenie a rozšírenie databáze obsahujúcej tieto poškodené odtlačky prstov za pomoci generovania realisticky vyzerajúcich odtlačkov prstov poškodených kožným ochorením pre účely ďalšieho testovania a rozvoja rozpoznávania odtlačkov prstov, ktoré sú poškodené kožným ochorením.

Cieľom tejto práce je rozšíriť metódy a algoritmi, ktoré by eliminovali problémy súvisiace s ochoreniami kože, ktoré sa vyskytujú pri používaní odtlačkov prstov. Kapitola 2 predstavuje čitateľovi súčasný stav odtlačkov prstov. Vysvetľuje základné pojmy spojené s touto témou. V kapitole 3 a 4 je detailne popísaný návrh generovania ochorení do syntetických odtlačkov prstov a implementácia aplikácie. Kapitola 5 je zameraná na testovanie získaných výsledkov, kde sa overuje stupeň poškodenia, ktorý bol nadobudnutý vygenerovaným poškodením. Výsledky práce sú zhrnuté v kapitole 6.

Kapitola 2

Prehľad súčasného stavu

Najobľúbenejšou a najpoužívanejšou metódou biometrickej identifikácie je rozpoznávanie odtlačkov prstov. [19] Odtlačky prstov sú jednou z foriem biometrie, ktorá na identifikáciu ľudí používa ich fyzické vlastnosti. Každý človek má na povrchu svojich prstov papilárne línie, ktoré sú jedinečné a zostávajú nemenné počas celého života človeka. [22] Žiadni dvaja ľudia nemajú rovnaké odtlačky prstov. Sú jedinečnejšie než samotné DNA človeka. Aj keď dvojčky majú rovnakú DNA, ich odtlačky prstov sú rozdielne. [23]

2.1 Odtlačky prstov

Odtlačok prsta je jednoznačný obraz hrebeňov a údolí na povrchu prsta každého jedinca. [18] Hrebeň je definovaný ako jednoduchý zakrivený segment. Údolie je definované ako oblasť medzi dvomi prilahlými hrebeňmi. Inak povedané, tmavé časti odtlačkov prstov sú hrebene a biele časti sú údolia. [19]

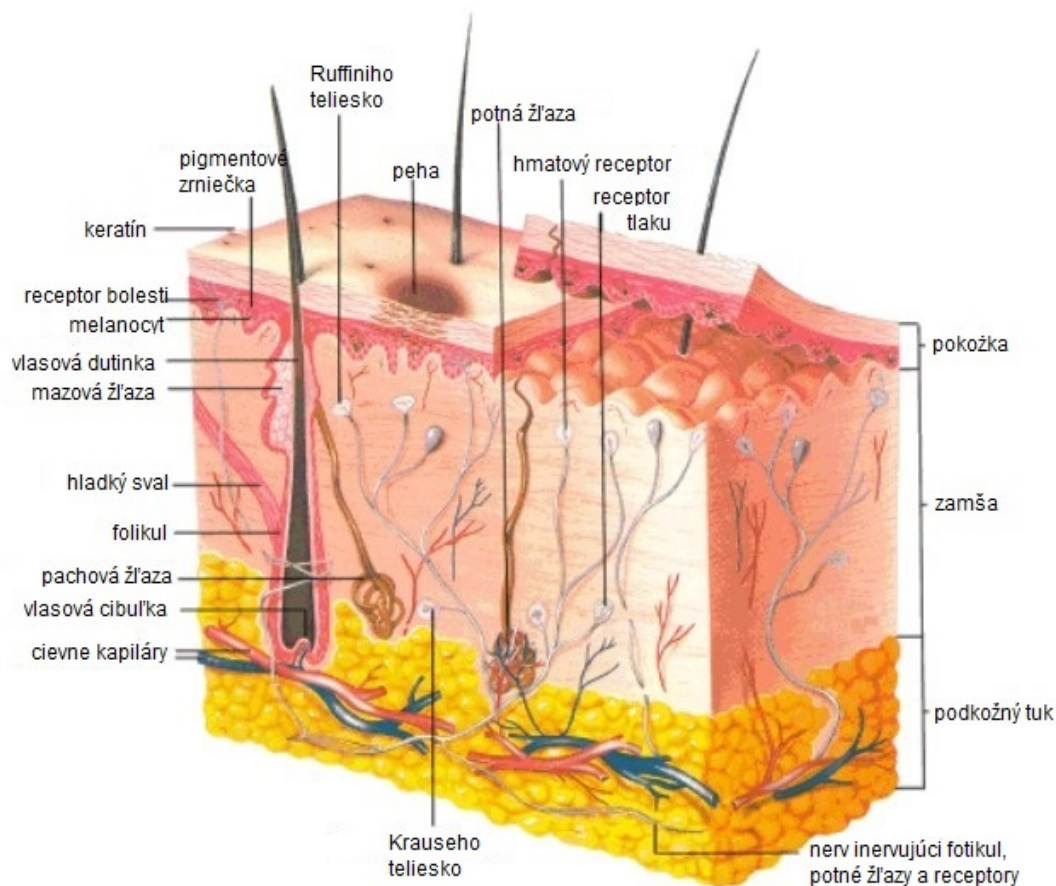


Obr. 2.1: Hrebene a údolia odtlačku prstu. Zdroj: [23].

2.1.1 Štruktúra kože

Koža patrí medzi najväčší orgán ľudského tela. [10] Zahŕňa až okolo 15% hmotnosti človeka a má niekoľko dôležitých funkcií potrebných pre život. [7] Vďaka koži cítime dotyk, tlak, bolesť, teplotu, poskytuje ochranu pred UV žiarením, pomáha obmedziť stratu vody a iných tekutín, podieľa sa na regulácii teploty tela, chráni telo pred fyzickými zraneniami a taktiež je označovaná ako aktívny komunikátor medzi mozgom a vonkajším prostredím. [7]

Koža je rozdelená do troch vrstiev [16]: pokožka, zamša a podkožný tuk/tkanivo.



Obr. 2.2: Štruktúra kože. Zdroj: [3].

Pokožka

Pokožka je najvrchnejšou vrstvou kože. Jej úlohou je vytvoriť ochranu pred vonkajším prostredím. Pokožka sa skladá z piatich vrstiev [10]: bazálna, mukózna, granulórna, lesklá a zrohovatená vrstva. Jednotlivé vrstvy môžete vidieť na obrázku 2.2.

Bazálna (základná) vrstva je najspodnejšia vrstva, ktorá vytvára bunky. Tie sa ďalej postupne posúvajú smerom vyššie do zrohovatej vrstvy. [2] V mukóznej (ostňatej) vrstve bunky zabráňujú prenikaniu baktériam do buniek a strate vlhkosti pomocou tŕňov, ktoré majú sa sebe. Taktiež sa bunky môžu rozmnožovať, lebo obsahujú jadro. [7] V granulórnej (zrnitej) vrstve pichlavé bunky strácajú svoje tŕne. Ich jadro odumiera a vytvára sa proteín, ktorý nazývame keratín. Keratín sa nachádza v koži, nechtoch, vlasoch a zabráňuje unikaniu vlhkosti. [10] Lesklá vrstva sa nachádza iba na rukách a nohách. Táto vrstva má za úlohu tlmenie a ochranu. Zrohovatená vrstva obsahuje mŕtve bunky, ktoré sú pripravené na vylúčenie. Rastúcim vekom sa tento proces zrýchľuje. [10]

Zamša

Zamša je prostredná vrstva kože. Nachádza sa pod pokožkou a je najhrubšou vrstvou kože [2]. Skladá sa z troch typov spojivového tkaniva [7]: kolagén, retikulárne vlákna, elastické tkanivo. Kolagén je zodpovedný za štruktúru a elastín za odolnosť kože. [16] V značnej

miere určuje spôsob, ako naša koža vyzerá. Je zodpovedná za štrukturálnu integritu, pružnosť a odolnosť pokožky. [7] Zamša je silnejšia než pokožka, ale obsahuje menej buniek. [10]

Podkožný tuk/tkanivo

Podkožný tuk je najvnútornejšia vrstva kože a nachádza sa pod zamšou. Skladá sa hlavne z tkaninových a tukových buniek. [10] Pôsobí ako tlmič nárazov, tepelný izolátor, ktorý chráni tkanivá pred zimou a traumami. [2] Strata podkožného tuku spôsobuje vrásky a previsnutie tváre. [7]

2.1.2 Klasifikácia odtlačkov prstov

Klasifikácia sa zaoberá priradeným jednotlivých odtlačkov prstov do danej skupiny. Je to veľmi náročný proces. [7] V niektorých prípadoch je ťažké povedať, do ktorej triedy odtlačok prstu jednoznačne patrí. Počet vzorkov odtlačkov prstov je veľký a stále rastie. V prípade systému identifikácie odtlačkov prstov musí byť snímaný obraz odtlačkov prstov porovnávaný už s uloženými šablónami odtlačkov prstov pre každého užívateľa v databázi. Aby nebolo nutné prehľadávať celú databázu, je z dôvodu ľahšieho vyhľadávania potrebná klasifikácia odtlačkov prstov a ich rozdelenie do jednotlivých tried. Triedy sa nevyskytujú s rovnakou pravdepodobnosťou na prstoch jedincov. [21]

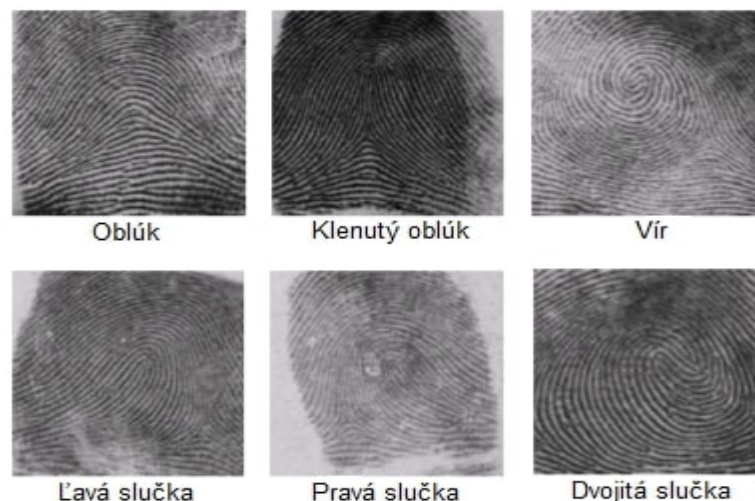
Na klasifikáciu odtlačkov prstov v systémoch AFIS (automatizovaný systém identifikácie odtlačkov prstov) sa používa Henryho klasifikačné schéma. [12] Táto schéma rozdeľuje odtlačky prstov do troch hlavných tried. [17] Tie sú označované ako oblúk, slučka a vír. V súčasnosti sa môžu tieto tri triedy ďalej deliť na ďalšie podtriedy. Medzi takéto podtriedy zaraďujeme napríklad pravú a ľavú slučku, dvojité slučku a klenutý oblúk, ktoré môžete vidieť na obrázku 2.3.

Pre úplné pochopenie klasifikácie odtlačkov prstov je potrebné definovať ďalšie pojmy. Prvým z nich je delta. Je to miesto v odtlačku prstu, kde papilárne línie smerujú do troch smerov. [9] V jednom odtlačku prstu sa môžu nachádzať aj 2 delty. Druhým pojmom je jadro, ktoré označuje stred odtlačku prstu. [22] Na obrázku 2.3 môžete vidieť 5 najčastejšie sa vyskytujúcich tried odtlačkov prstov.

Oblúk môže byť rozdelený do dvoch podtried [27]: jednoduchý oblúk a klenutý oblúk. Papilárne línie tvoria jednoduché oblúky. Prúdia z jednej strany na druhú, bez ich obrátenia. Jednoduchý oblúk neobsahuje žiadnu deltu ani jadro. Línie plynulo prechádzajú s miernym vzostupom blízko stredu. Klenutý oblúk, na rozdiel od jednoduchého, obsahuje jednu deltu, jedno jadro, ktoré smeruje ku delte a má ostrý vzostup. Oblúky reprezentujú 5% všetkých vzorov odtlačkov prstov. [9]

Slučky sú najčastejšie sa vyskytujúcou triedou. Predstavujú až približne 61% všetkých vzorov odtlačkov prstov. [27] Obsahuje jednu deltu a jedno jadro. Je špecifická tým, že smer jadra, na rozdiel od klenutého oblúka, nesmeruje na deltu, ale iným smerom. [23] Rozlišujeme pravú (radiálnu) a ľavú (lunárnu) slučku. Pravá slučka obsahuje línie, ktoré začínajú a končia na pravej strane. Slučky smerujú k palcu. Ľavá slučka smeruje na opačnú stranu, ako pravá. [21]

Víry predstavujú zvyšných 34 % vzorov odtlačkov prstov. [27] Obsahuje minimálne 2 delty, jedno alebo dve jadrá a aspoň jeden hrebeň, ktorý vytvára úplnú 360-stupňovú dráhu okolo stredu odtlačku prstu. Ďalej môže byť rozdelený do dvoch kategórií: dvojité slučka a jednoduchý vír. [23]

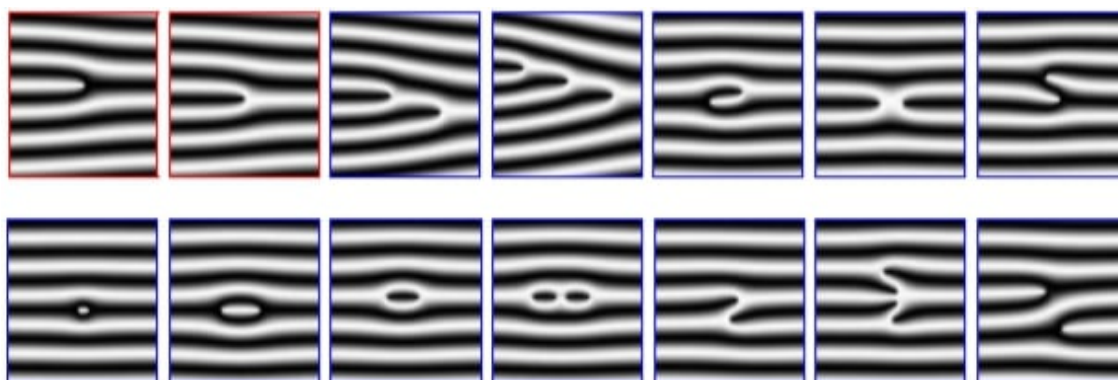


Obr. 2.3: Triedy odtlačkov prstov. Zdroj: [8].

2.1.3 Markanty

Väčšina systémov identifikácie odtlačkov prstov je založená na detailoch. [23] Markanty sú vytvorené pomocou papilárnych línií, ktoré vytvárajú špeciálne útvary v štruktúre papilárnych línií. Sú špecifické hlavne svojím druhom a pozíciou. Je to ďalšia vlastnosť, ktorá sa nachádza na vzorku odtlačkov prstov. V daktyloskopii existuje veľké množstvo markantov. [21] Markanty nie je možné vidieť voľným okom a sú s postupom času nemenné.

K základným typom markantov patrí (obrázok 2.4, zľava doprava) [8]: ukončenie (Line Ending), jednoduchá vidlička (Simple Bifurcation), dvojitá vidlička (Double Bifurcation), trojitá vidlička (Triple Bifurcation), hák (Hook), kríženie (Crossing), bočný kontakt (Side Contact), bod (Point), interval (Interval), jednoduchá slučka (Simple Whorl), dvojitá slučka (Double Whorl), jednoduchý most (Simple Bridge), dvojitý most (Double Bridge), priesečná línia (Through Line).



Obr. 2.4: Základné typy markantov. Zdroj: [8].

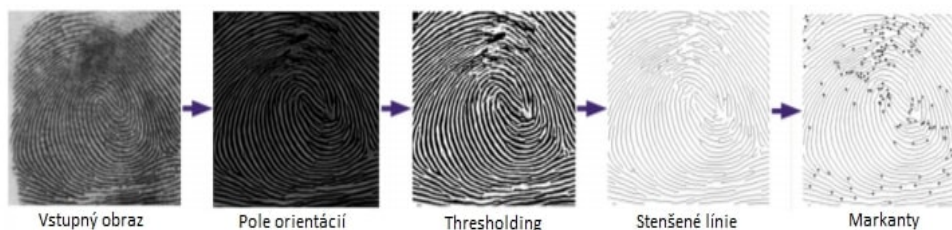
V daktyloskopických systémoch avšak existuje oveľa viac markantov, než sú vyššie uvedené. Hrebeňové ukončenie a hrebeňová vidlička sú najčastejšie používané typy markantov. [23] Na obrázku 2.4 sú orámované červenou farbou. Ostatné typy markantov sú odvodené a zložené z týchto dvoch základných typov.

2.1.4 Rozpoznávanie odtlačkov prstov

Existujú 2 fázy biometrického systému: registračná a verifikačná/identifikačná. [12] V registračnej fáze sa vytvára šablona, čím sa užívateľ zaregistruje do biometrického systému a jeho odtlačok prstu je uložený do databázy. Verifikácia a identifikácia na rozdiel od registračnej fázy neukladá získaný odtlačok prstu do databázy, ale porovnáva už s existujúcimi vzorkami v databáze.

Proces porovnávania odtlačkov prstov nie je jednoduchý. [24] Pozostáva z piatich hlavných krokov (viz. obrázok 2.5):

1. *Získanie odtlačku prstu* - na získavanie digitálnych obrazov odtlačkov prstov sa používajú rôzne snímacie senzory. Keďže kvalita získaného odtlačku prstu je veľmi dôležitá, je potrebné použiť vysokokvalitný senzor, ktorý toleruje rôzne typy pleti, alebo suché a zvlhčené prsty. [9] Proces získavania odtlačkov prstov je podrobnejšie rozpísaný v kapitole 2.2.
2. *Vylepšenie odtlačku prstu* - po získaní odtlačku prstu je dôležité zlepšiť kvalitu obrazu odtlačku prstu a vylepšiť štruktúru papilárnych línií na poškodených obrázkoch. Na zlepšenie kvality obrázka môžu byť použité viaceré metódy, napríklad okrajové filtre, filtrovanie vo frekvenčnom pásme, Gáborov filter. [10] Tento krok je veľmi dôležitý pre ďalšie spracovanie, klasifikáciu a porovnávanie odtlačkov prstov.
3. *Klasifikácia odtlačku prstu* - proces klasifikácie je založený na metóde, ktorá sa zaoberá polom orientácií. Klasifikácia odtlačkov prstov je bližšie rozpísaná v kapitole 2.1.2.
4. *Zvýraznenie drobností* - skúmanie štruktúry a nájdenie markantov je v tomto kroku hlavnou úlohou. [10] Každý človek má jedinečné markanty, ktoré slúžia na jeho identifikáciu. Existuje veľa bodov v štruktúre papilárnych línií, ale pre všetky sú základom iba 2 typy - hrebeňové ukončenie a hrebeňová vidlička. Markanty sú detailnejšie rozpísané v kapitole 2.1.3
5. *Porovnanie odtlačkov prstov* - ako vyplýva z názvu, tak v tejto časti sa porovnávajú dva odtlačky prstov. Prvý, označovaný ako šablona a druhý, novozískaný porovnávaný odtlačok prstu. [10] Porovnávajú sa uložené markanty na šablone spolu s markantmi na druhom odtlačku prstu. Ak nastane zhoda porovnávajúcich odtlačkov prstov, našla sa hľadaná osoba.



Obr. 2.5: Proces spracovania odtlačkov prstov. Zdroj: [8].

2.1.5 Generovanie syntetických odtlačkov prstov

Generátori všeobecne slúžia na tvorbu databázy odtlačkov prstov, s ktorými sa ďalej pracuje. Uľahčujú prácu s tvorbou odtlačkov prstov, a to z časového aj finančného hľadiska. Pomocou generátoru je možné vytvoriť databázu s akýmkoľvek počtom odtlačkov prstov, ktoré nemajú žiadne poškodenia a vyhovuje našim požiadavkám na ich ďalšie použitie, napríklad na zlepšenie algoritmov.

Táto kapitola konkrétne popisuje tri syntetické generátory odtlačkov prstov: SFinGe, Anguli a SyFDaS.

SFinGe

Generátor SFinGe (Synthetic Fingerprint Generator) splňuje všetky spomenuté požiadavky. Taktiež umožňuje generovanie realisticky vyzerajúcich syntetických odtlačkov prstov. Navyše, okrem generovania realisticky vyzerajúcich odtlačkov prstov existujú aj ďalšie výhody aplikácie SFinge [31]:

- nulové cenové náklady,
- vytvorenie rozsiahlych databázií odtlačkov prstov,
- jednoduché testovanie rozpoznávacích algoritmov,
- jednoduché optimalizovanie rozpoznávacích algoritmov.

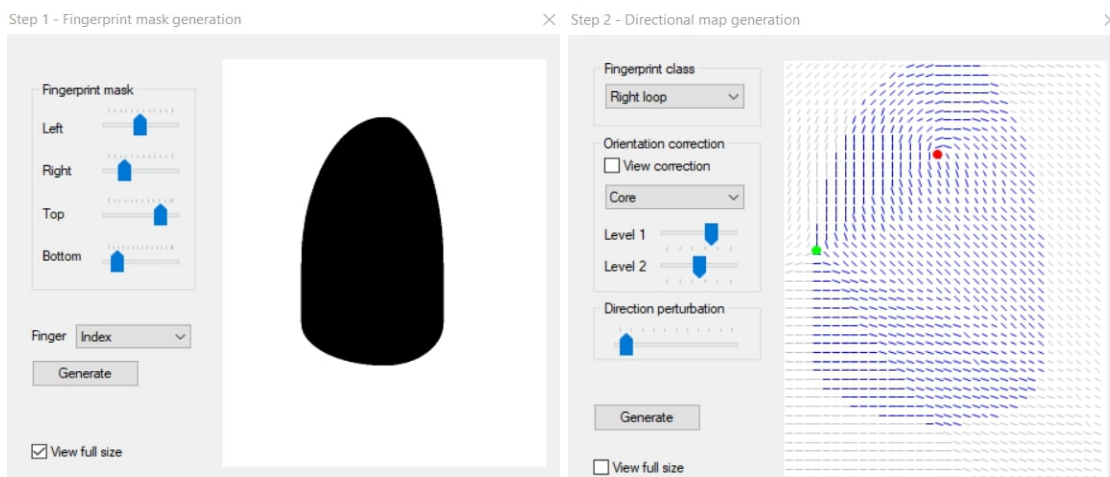
Na vytvorení generátoru SFinGe sa podieľal Raffaele Cappelli na Univerzite v Bolognií v roku 2004. [5] Metóda generovania odtlačkov prstov, ktorú využíva SFinGe patrí medzi najstrašie a najznámejšie metódy. [21] V súčasnosti sa využíva verzia 5.0, ktorá zlepšuje predchádzajúce algoritmy, modely a zavádza nový parameter, ktorý umožňuje kontrolovať pravdepodobnosť, s akou vzniká odtlačok prstu s nízkou kvalitou. [31]

Prvé 3 kroky metódy SFinGe generujú:

1. tvar odtlačku prstu,
2. pole orientácií,
3. mapu rozloženia hustoty.

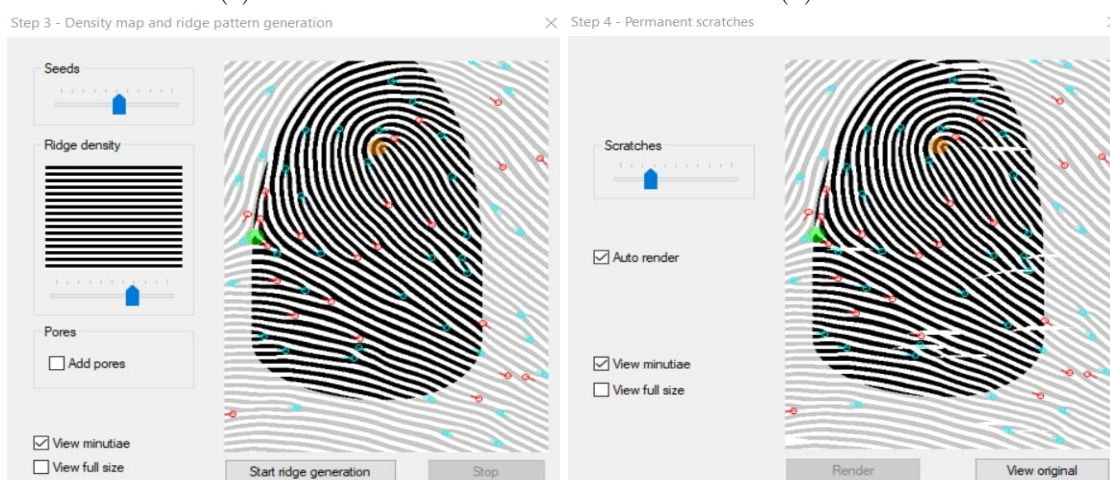
Tieto tri vlastnosti, ktoré sa samostatne generujú, sú následne skombinované a získavame syntetický odtlačok prstu. Krok 1 určuje všeobecný tvar odtlačku prstu, ktorý sa dá upravovať do všetkých smerov. Východzí tvar odtlačku je elipsoidný. Krok 2 určuje počet a rozmiestnenie jadier a delť, na základe ktorých je vytvorené smerovanie papilárnych línií. Taktiež je v tomto kroku priradená aj trieda, do ktorej odtlačok prstu patrí. Typy tried boli rozpísané v kapitole 2.1.2. V kroku 3 sa vytvorí mapa hustoty na základe určitých kritérií. Krok 4 slúži na vytvorenie markantov a vzoru hrebeňovej línie pomocou vesmírnej varianty lineárneho filtrovania. Po 4. kroku je vytvorený hlavný odtlačok prstu. Pri generovaní databáz odtlačkov prstov je z jedného hlavného odtlačku prstu vytvorených niekoľko ďalších odtlačkov, ktoré sú upravené viacerých faktormi. Na obrázku 2.6 môžete vidieť screenshot obrazovky prvých štyroch krokov, ktoré sa podieľajú na tvorbe základných znakov odtlačku prsta. [4]

Počas kroku 5 sa nastaví kontaktná plocha prsta. Nastavuje sa tu presunutie kontaktného bodu prsta so sensorom. Na základe toho sa posúva hrebeňový vzor na odtlačku. Tvar a poloha odtlačku prstu sa v tomto kroku nemení. V ďalšom kroku sa nastavuje hrúbka



(a) Krok 1.

(b) Krok 2.



(c) Krok 3.

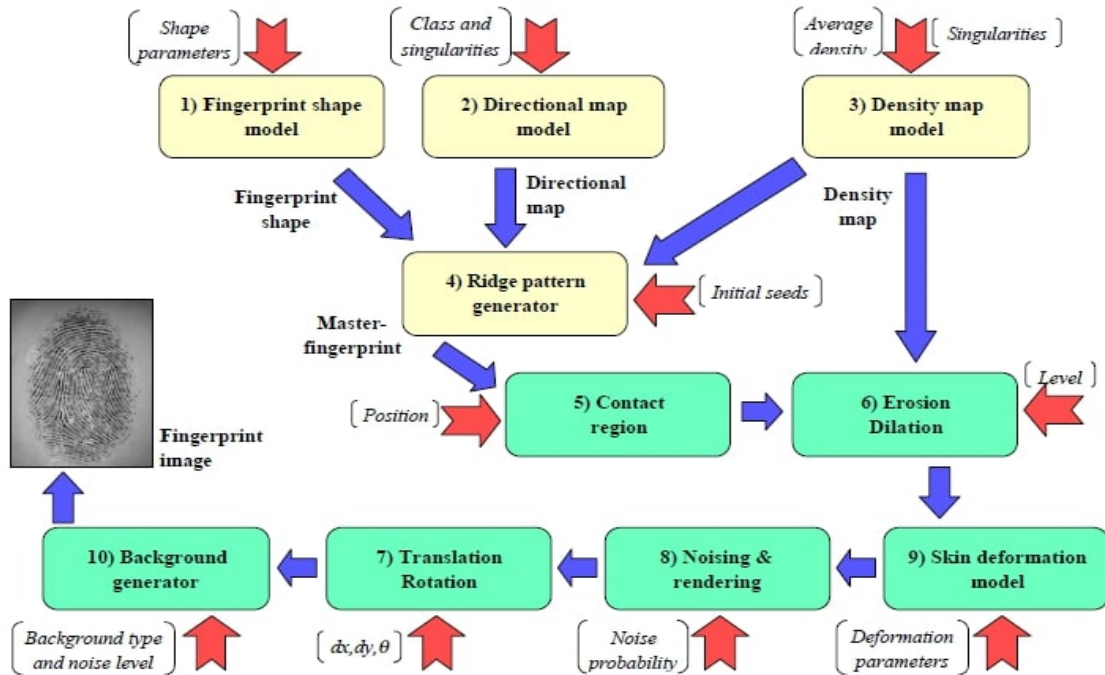
(d) Krok 4.

Obr. 2.6: Prvé 4 kroky generovania odtlačku prstu pomocou SFinGe. Zdroj: SFinGe.

hrebeňa, ktorá sa mení v závislosti s nastavením intenzity tlaku alebo stavu kože. Pod pojmom stavu kože si predstavujeme mokrú či vlhkú kožu na prste. Hrebene sú tenšie, keď je koža suchá a tlak nízky. V takom prípade sa aplikuje operátor dilatácie. Naopak, hrebene sú hrubšie, keď je koža vlhká a tlak vysoký. V tomto prípade je použitý operátor erózie. V 7 kroku sa vytvára nelineárne skreslenie odtlačku prsta vytvorené tlakom prsta na snímači. Vytvára realistické zobrazenie pomocou určitej deformácie kože. [5] Nastavuje sa tu rotácia, posunutie a elasticitida kože. Krok 8 pridáva do obrazu šum, ryhy(rendering) a odreniny. Hlavne takéto faktory zhoršujú kvalitu získaného odtlačku prstu. Môžu spôsobiť nepravidelnosť hrebeňov, nerovnomerný kontakt so snímačom, vytvorenie malých pórov, medzery a hluk na základe nerovnomerného tlaku prsta na senzore. Tvorba šumu prebieha postupne v nasledujúcich 4 krokoch. Najprv sa izolujú biele pixely údolia do osamostatnenej vrstvy, následne sa pridá hluk vo forme drobných bielych kvapiek, ktoré majú rozličnú veľkosť a tvar. Tretím krokom je vyhladzovanie obrazu v okne 3x3. Na záver sa prekryje osamostatnená vrstva údolia so získaným obrázkom. Krok 9 náhodne nastavuje posun a rotáciu získaného obrázka, keďže snímaný prst väčšinou nie je umiestnený dokonale na stred a navyše môže byť natočený aj na nejakú stranu. V poslednom, 10 kroku sa generuje re-

alistické pozadie snímku odtlačku prsta, ktoré je umiestnené za odtlačok prstu. Taktiež je tu možnosť určenia typu použitého senzoru, nastavenie kontrastu a hluku pozadia. Tento krok využíva matematický model, ktorý je založený na KL transformácií na generovanie realistického pozadia. Po tomto kroku je generovanie odtlačku prstu ukončené. [4]

Na obrázku 2.7 môžete vidieť proces generovania odtlačkov prstov. Kroky 1-4 sa podieľajú na tvorbe základného odtlačku prstu, kroky 5-10 vytvárajú podobu realisticky vyzerajúceho odtlačku prstu, aby nabral podobu zachyteného prsta pomocou on-line snímania.



Obr. 2.7: Metóda generovania odtlačkov prstov generátorom SFinGe. Zdroj: [5].

Anguli

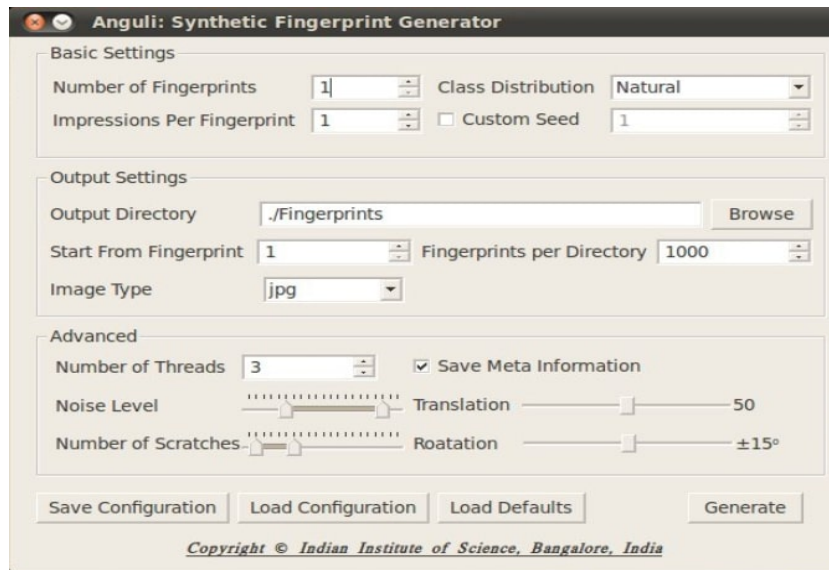
Je to projekt, ktorý bol vyvinutý v Indickom inštitúte vied, v laboratóriu databázových systémov. Generátor Anguli je inšpirovaný generátorom SFinGe a navyše využíva aj jeho algoritmy. Taktiež slúži na vytvorenie rozsiahlej databázy odtlačkov prstov, ktoré su klasifikované podľa Henryho klasifikácie. Za necelé 4 dni dokáže vygenerovať až 1 milión odtlačkov prstov. Je voľne dostupný a implementovaný v jazyku C++. Má 2 hlavné výhody [29]:

1. pomáha pri testovaní systémov, ktoré slúžia na identifikáciu odtlačkov prstov,
2. využíva sa v akademických štúdiách odtlačkov prstov.

Žiadna z databáz nie je voľne prístupná, keďže pracuje s myšlienkou, že odtlačky prstov sú jedinečné, dokážu identifikovať človeka a nemali by sa dostať k verejnosti. [29]

Pri generovaní odtlačkov prstov je možné zadať presný počet, koľko odtlačkov prstov chceme vygenerovať. Počet rozdielnych zobrazení z jedného hlavného odtlačku prstu a taktiež určiť triedu, do ktorej majú odtlačky prstov patriť. Z pokročilejších vlastností je možné zadať rozsah úrovně šumu, počet škrabancov, pixely posunutia a uhol otočenia. Navyše sa zadáva počet vlákien generovania odtlačkov prstov, ktoré budú bežať paralelne. Pri nastaveniach výstupu sa zadáva adresár, do ktorého sa majú vygenerované odtlačky prstov

ukladať, číslovanie získaných obrázkov, počet odtlačkov prstov v zadanom adresári a typ formátu ukladaných obrázkov s odtlačkami prstov.



Obr. 2.8: Okno na generovanie odtlačkov prstov. Zdroj: [29].

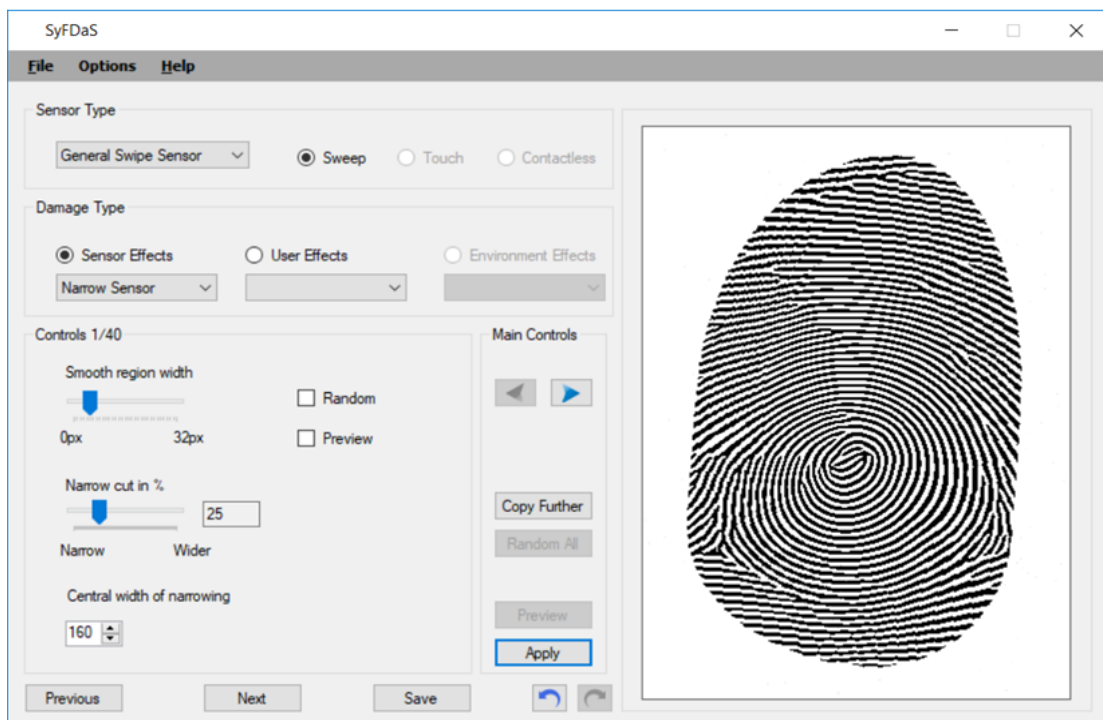
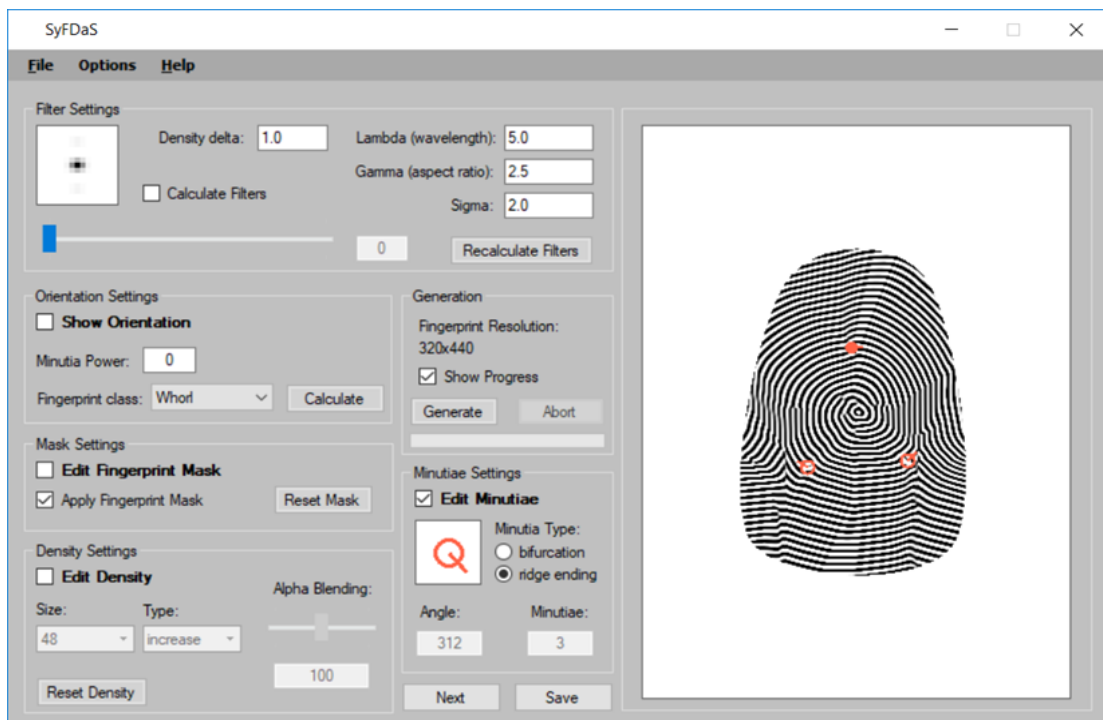
SyFDaS

SyFDaS sa skladá z generátora odtlačkov prstov a zo simulátora, ktorý simuluje poškodenie odtlačku prsta. Generátor bol vytvorený Ing. Onrejom Kanichom v spolupráci s tímom STRaDe na Fakulte informačných technológií. Je inšpirovaný generátorom p. Chaloupky, ktorý vytvára odtlačky prstov na základe niekoľkých parametrov, hlavne markantov. [6]

Simulátor bol vytvorený Ing. Onrejom Kanichom. Je to aplikácia, ktorá slúži na simuláciu poškodenia umelého odtlačku prsta. [21] Jedná sa o aplikáciu s grafickým užívateľským rozhraním, ktoré umožňuje užívateľovi nastaviť viaceré parametre, ako konkrétny typ senzoru, typ poškodenia a ďalšie vlastnosti vybraného poškodenia. Užívateľ si aktuálne môže vybrať z dvoch typov senzorov: dotykového alebo prietahového. Po spustení aplikácie, program načíta dokonalý odtlačok prsta a následne po nastavení potrebných parametrov vytvára poškodenie, ktoré sa môže nachádzať na snímku odtlačku prsta. Existuje veľké množstvo faktorov, ktoré ovplyvňujú kvalitu výsledného odtlačku prsta. Pre tento generátor boli zvolené nasledujúce faktory poškodzujúce odtlačok prsta [21]:

1. poškodený a špinavý senzor,
2. úzky senzor,
3. tlak a vlhkosť,
4. deformácia pokožky.

SyFDaS pomáha vytvoriť databázu snímok poškodených odtlačkov prstov. Jeho hlavnou výhodou je simulovanie špecifického poškodenia Na obrázku 2.9 môžete vidieť finálne GUI aplikácie. Prvý obrázok zobrazuje generátor a druhý simulátor SyFDaS.



Obr. 2.9: Screenshot generátoru a simulátoru SyFDaS. Zdroj: [21].

2.2 Získavanie odtlačkov prstov

Samotný proces získavania odtlačkov prstov je veľmi kritickým bodom pri spracovaní snímku odtlačku prstu. [13] Technika snímania odtlačkov prstov sa nazýva daktyloskopia. Daktyloskopické oddelenie identifikácie osôb vykonáva identifikáciu osôb alebo neznámych mŕtvol vzájomným porovnávaním daktyloskopických odtlačkov s odtlačkami prstov a stôp z doposiaľ neobjasnených trestných činov založených v Ústrednej daktyloskopickej zbierke.

V daktyloskopii existujú 3 druhy odtlačkov, ktoré sa líšia svojím vzhľadom, umiestnením a hlavne spôsobom snímania [10]:

1. **Rolovaný (farebný)** - využíva sa hlavne v kriminalistike a patrí medzi pomalšie metódy získavania odtlačku prstu. Prst je priložený jednou stranou a postupne sa otáča na druhú stranu. Metódou rolovania je zachytená väčšia časť plochy prstu, než metódou, kedy je prst len priložený. [10] Nevýhodou tejto metódy je vyššia pravdepodobnosť horšej kvality výsledného obrazu odtlačku prstu z dôvodu rozmazania papilárnych línií.
2. **Pichaný (živý)** - na rozdiel od rolovaného odtlačku prstu, pri pichanom odtlačku prstu je prst len priložený. Nie je získaná celá plocha prstu, ale len jeho časť. [8] Táto metóda je rýchlejšia než proces rolovania odtlačku prstu.
Rolované a pichané odtlačky prstov sa nachádzajú na daktyloskopických kartách (viz. obrázok 2.11). Daktyloskopické oddelenie identifikácie osôb využíva daktyloskopické karty pri porovnávaní s odtlačkami prstov a stôp, ktoré sa nachádzajú na miestach trestných činov a je potrebné ich identifikovať a objasniť, komu patria. [25]
3. **Latentný (neviditeľný)** - nachádza sa väčšinou na hladkých stopách a je spôsobený dotykom prstu, dlaňou alebo chodidlom. [26] Na ich lepšiu viditeľnosť sa používa osvetlenie, keďže voľným okom môžu byť takmer neviditeľné. Na mieste činu sa tento druh odtlačku prstu vyskytuje najčastejšie. Latentné odtlačky prstov môžu byť ďalej spracovávané pomocou jemného štetca a daktyloskopického prášku. [26]

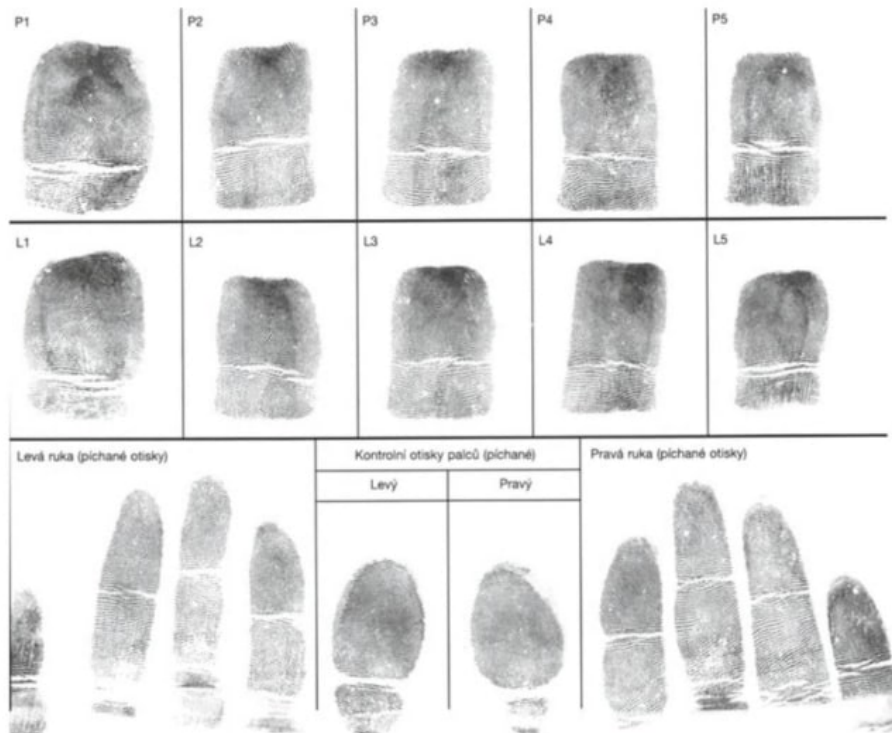
Jednotlivé druhy získaných odtlačkov sú zobrazené na obrázku 2.10.



Obr. 2.10: Odtlačky prstov a) rolovaný; b) pichaný; c) latentný. Zdroj: [8].

Digitálne obrazy snímaných odtlačkov prstov je možné získať pomocou snímacích senzorov. Senzor je miesto, kde sa formuje obraz odtlačku prstu. [22]

V tejto kapitole sú zavedené a popísané rôzne technológie snímania odtlačkov prstov.



Obr. 2.11: Daktyloskopická karta odtlačkov prstov. Zdroj: [11].

2.2.1 Atramentová technológia

Jedná sa o tradičnú metódu, ktorá k získaniu odtlačku prstu používa atrament a papierovú kartu. Na prst je nanesený čierny atrament a následne je prst pritlačený na zvyčajne bielu papierovú kartu, ktorá je pomocou skeneru transformovaná do digitálnej podoby. Pred nanesením atramentu na prst je potrebné pomocou alkoholu prst človeka dôkladne vyčistiť od rôznych nečistôt a potu. [10]

Metóda s atramentom sa používala v dobe, keď ešte nebolo dostupné digitálne skenovanie. V dnešnej dobe sa používa len v špeciálnych prípadoch. [10]

2.2.2 Optická technológia

Optické zariadenia zachytávajúce odtlačky prstov patria medzi najstaršie no zároveň najviac používané v súčasnosti. Majú pomerne jednoduchý optický princíp. Prst je priložený na vrchnú sklenenú plochu senzoru tak, že hrebene sa dotýkajú skla a údolia sú ďalej od vrchného skla. Zdroj svetla osvetlí plochu prsta, ktoré sa odráža na hrebeňoch a náhodne sa vstreba v údoliach. Ako zdroj svetla sa používajú napríklad svetelné diódy. Odrazené lúče vedú cez optiku do CCD alebo CMOS kamery a pomocou nej je získaný obraz odtlačku prstu. [23] [10]

V dnešnej dobe už ale existujú novšie, bezkontaktné 3D optické senzory. V takomto prípade prst nemusí byť priložený na plochu. [10]

2.2.3 Elektrooptická technológia

Elektrooptický senzor sa skladá zo 4 vrstiev [12]: izolačná vrstva, čierna koaxiálna vrstva, fosforová vrstva emitujúca svetlo a základná vrstva. Po priložení prstu na senzor spôsobia čierne koaxiálne vrstvy vyžarovanie svetla na fosforovej vrstve. Pod základnou vrstvou je uložená CCD/CMOS kamera, ktorá z prijímaného svetla generuje digitálny obraz odtlačku prstu. [10]

2.2.4 Kapacitná technológia

Kapacitný senzor je zložený z matice malých vodivých mikrokondenzátorových dosiek, ktorých jemnosť je vyššia než jemnosť papilárnych línií. [12] Pokožka prstov funguje ako druhá strana mikrokondenzátoru. Po priložení prstu sa vytvára malý elektrický náboj. Veľkosť týchto nábojov závisí od vzdialenosti medzi povrchom odtlačku prstu a kondenzátorovými doskami. Vzdialenosť hreňov a údolí na odtlačku prstu k senzoru je rozdielna. [23] Získané kapacitné rozdiely sa využívajú na získanie digitalizovaného obrazu odtlačku prstu. [10]

2.2.5 Ultrazvuková technológia

Ultrazvukový senzor, tak isto ako optický, patrí medzi bezkontaktné senzory. Rotujúci vysielač vysiela zvukové signály s vysokou frekvenciou smerom ku prstu a prijímač zachytáva signál odozvy, ktorý sa odrazí späť od povrchu. Vyhodnocuje sa funkčná závislosť medzi dopadajúcimi a odrazenými zvukovými vlnami. Obraz odtlačku prstu je trojrozmerný (3D) s vysokým kontrastom. Snímanie ultrazvukovou technológiou má vysokú presnosť. Na rozdiel od ostatných metód, vzniknutý obraz je odolný voči vlhkosti odlačkov prstov a ich zašpineniu. Obraz papilárnych línií, ktorý dostaneme nie je vôbec skreslený. [26] Vysielané vlny sa dokážu dostať aj pod kožu, čo vedie k lepšiemu odhaleniu falšných prstov. Nevýhodou tejto technológie je, že pri nízkych teplotách môže nesprávne fungovať. Ďalším problémom sú veľmi vysoké náklady a samotné zariadenie má veľkú veľkosť. [10]

2.2.6 Teplotná technológia

Princíp je založený na tepelnom zariadení. Senzor, ktorý využíva teplotnú technológiu na získanie obrazu odtlačku prstu je vyrobený z pyroelektrického materiálu, ktorý dokáže vytvoriť prúd podľa rôznych teplôt. Hrebene, ktoré sa dotýkajú senzoru, majú vyššiu teplotu než údolia, ktoré sú od povrchu viac vzdialené a majú odlišnú teplotu. Keďže sa teploty dokážu rýchlo dostať na rovnakú hodnotu, je potrebné použiť technológiu zametania. Výhodou tejto metódy je využívanie teploty, ktorá dokáže zistiť či snímaný odtlačok prstu patrí živému človeku, alebo nie. Taktiež je teplotný senzor odolný voči elektrostatickým výbojom. Aj keď je táto metóda v dnešnej dobe jednou z najpoužívanejších metód, teplotný senzor má niekoľko nevýhod. Medzi ne patrí malá plocha senzora, elektrostatický výboj a chemická korózia tvorená na senzore. [10] [26]

2.2.7 Tlaková technológia

Tlakový senzor sa skladá z dvoch elektrovodivých vrstiev, medzi ktorými je umiestnený nevodivý dielektrický gél. Po priložení prstu na senzor sa vytvorí tlak, na základe ktorého sa následne vytvorí malý prúd. Tento výsledok sa nazýva piezoelektrický efekt. [10] Ako bolo spomenuté v predchádzajúcich technológiach, hrebene a údolia majú rôznu vzdialenosť od povrchu senzoru, čo spôsobuje rôzne hodnoty tlaku. [23] Tlakový senzor dobre funguje

aj pri vlhkých a mokrých odtlačkoch prstov. [26] Nevýhodou tejto metódy je v niektorých prípadoch neschopnosť zistiť rozdiely medzi hrebeňmi a údoliami. Navyše ochranná vrstva spôsobuje rozmazanie výsledného obrazu odtlačkov prstov. [10]

2.2.8 Elektrická technológia

V elektrickej technológii sa okolo senzoru nachádza prstenec, ktorý generuje sínusový signál. [23] Elektrický obvod sa uzavrie, keď sa prst dotkne prstenca. [26] Rádiofrekvenčný senzor vytvára elektrické pole z prstenca okolo snímačej plochy. [10] Elektrickou metódou získame vysoko kvalitný obraz odtlačku prstu. Získaný obraz je lepší, než obraz získaný kapacitnou alebo elektrooptickou technológiou. [10] Senzor správne funguje aj pri vlhkých a suchých prstoch. Keďže senzor preniká nižšie pod povrch kože, zanedbáva nečistotu a hornú vrstvu kože. [26]

2.3 Kožné ochorenia

Ako bolo spomenuté v úvode, každý človek má na povrchu svojich prstov papilárne línie, pomocou ktorých je možná identifikácia človeka. Odtlačky prstov sa hlavne využívajú na identifikáciu rôznych zariadení. Táto identifikácia môže byť ale narušená rôznymi kožnými ochoreniami alebo poruchami, ktoré sa môžu vyskytovať na prstoch ruky. Existuje veľa ľudí, ktorí trpia rôznymi kožnými ochoreniami, ktoré vplývajú na proces rozpoznávania odtlačkov prstov. [14]

Na svete existuje mnoho ľudí s rozličnými ochoreniami kože. Nás zaujímajú kožné ochorenia na prstoch, ktoré menia a poškodzujú papilárne línie. Neexistuje spôsob, ako získať pôvodnú štruktúru papilárnych línií, ktorá bola poškodená. Len ultrazvukové technológie a metódy elektrického poľa dokážu rekonštruovať pôvodný odtlačok prsta. [21] Ak je ale choroba závažná, nepomôžu ani tieto dve snímačie technológie. V prípadoch, ak ochorenie narušilo štruktúru papilárnych línií v dvoch najvrchnejších vrstvách (pokožka a zamša), papilárne línie nie sú schopné obnoviť svoju podobu a užívatelia sú obmedzení, aj keď už nemajú žiadne príznaky ochorenia na prstoch. [14] Nemôžu ďalej vo svojom živote používať na overovanie svoje odtlačky prstov, čo ich obmedzuje.

V súčasnosti veľa ľudí trpí kožnými ochoreniami, ktoré sa nachádzajú na prstoch a pri vytváraní odtlačku prstov je to veľký problém, lebo odtlačky prstov nie sú čitateľné a nedajú sa ďalej použiť. Kožné ochorenia, ktoré sa nachádzajú na dlaniach a prstoch patria do skupiny faktorov, ktoré ovplyvňujú kvalitu a použiteľnosť výsledného obrázku odtlačkov prstov. Táto skupina faktorov je často zanedbávaná, napriek tomu, že vytvárajú viaceré problémy. [10] Hlavným z nich je problém s verifikáciou alebo identifikáciou osoby, ktorá trpí takýmto typom kožného ochorenia.

Biometrické identifikačné systémy sú v dnešnej dobe veľmi rošírené. Slúžia na overovanie totožnosti človeka. Tieto ochorenia ovplyvňujú každodenné činnosti človeka, ktorý sa s nimi môže stretnúť napríklad pri vstupe do chránených objektov, odomikanií mobilných telefónov, notebookov a dverí, preto tieto systémy musia byť spoľahlivé. Ľudia, ktorí trpia kožnými ochoreniami na dlani či prstoch nie sú schopní používať takéto identifikačné systémy.

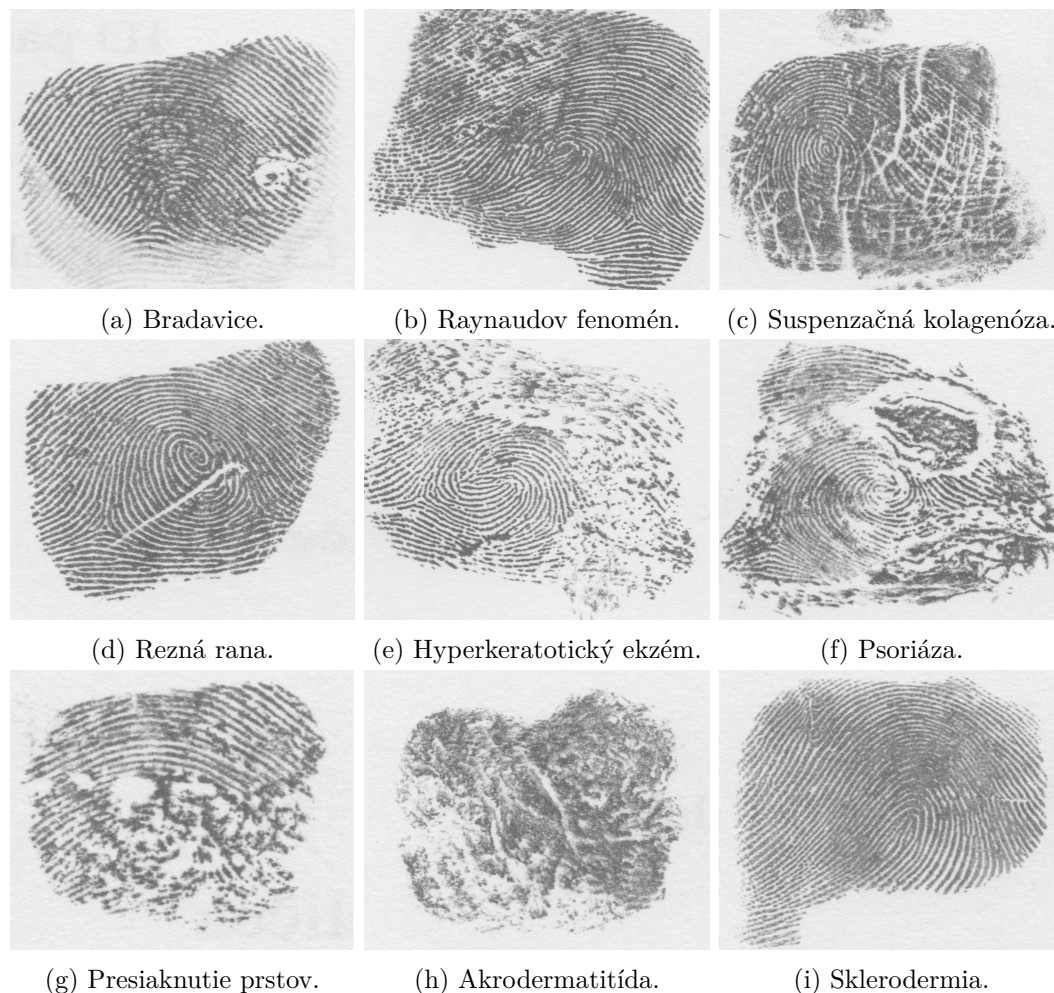
Ako už bolo spomenuté, na svete existuje veľké množstvo kožných ochorení, ktoré sa môžu vyskytovať na prstoch ruky. Nevieme ale s istotou povedať, presný počet ľudí, ktorí trpia kožnými ochoreniami. V tejto práci boli vybrané 2 kožné ochorenia, ktorými sa budeme ďalej bližšie zaoberať. Je to atopický ekzém a dishydróza. Tieto ochorenia môžu ovplyvniť funkčnosť systémov, ktoré pri svojom používaní využívajú odtlačky prstov. Obidve tieto

ochorenia patria do skupiny ochorení, ktoré spôsobujú histopatologické zmeny pokožky a zamše. [14] Zmena farby kože a jej štruktúra môže byť ovplyvnená, čo spôsobuje problém pre väčšiu časť senzorov.

V nasledujúcej kapitole je v časti 2.3.1 popísaná STRaDe databáza, ktorá bola použitá na získanie snímok s danými ochoreniami. V častiach 2.3.2 a 2.3.3 sú vybrané ochorenia kože popísané z lekárskeho hľadiska.

2.3.1 Databáza odtlačkov prstov s kožným ochorením

Databáza bola vytvorená výskonnou skupinou STRaDe na Fakulte Informačných Technológií na VUT v Brne. Skrátená verzia databázy obsahuje 1064 snímok odtlačkov prstov s kožnými ochoreniami, ktoré boli získané priamo od pacientov. Jednotlivé snímky sú snímané viacerými senzormi: Sagem MSO 300, UPEK Eikon II, UPEK EikonTouch 500, Dinolite, TBS 3D Enroll. Okrem toho je veľká časť odtlačkov získaná atramentovou metódou alebo mikroskopom. [1] Databáza zahŕňa nasledujúce kožné ochorenia, ako atopický ekzém, bradavice, raynaudov fenomén, suspenzačná kolagenóza, rezná rana, hyperkeratotický ekzém, psoriáza, presiaknutie prstov, dishydróza, akrodermatitída, sklerodermia a neznáme ochorenia, ktoré môžete vidieť na obrázku 2.12.



Obr. 2.12: Príklady snímok odtlačkov prstov s rôznymi ochoreniami. Zdroj: databáza.

2.3.2 Atopický ekzém

Prvým vybraným kožným ochorením je atopický ekzém, alebo ochorenie známe aj pod názvom atopická dermatitída. Jedná sa o najčastejšie sa vyskytujúce zápalové ochorenie kože. [16] Je to dlhodobé chronické kožné ochorenie vyznačujúce sa suchou pokožkou, svrbením a začervenaním kože. [32] Okrem toho sa môžu objaviť vyrážky, trhliny, pluzgiere a šupiny.

Atopický ekzém sa môže prejavovať v troch štádiách [30]:

1. **Novorodenecký atopický ekzém.** Tento typ ekzému sa u dojčiat najčastejšie nachádza na tvári, rukách a nohách. Začína sa prejavovať už počas prvých dvoch mesiacov života a prvého roku života dieťaťa. Predstavuje až 60% z celkového výskytu atopického ekzému. Pre toto štádium ochorenia je pre lézie charakteristické červené sfarbenie kože (erytém), papuly, vačky, excoriations, oozing, tvorba kôry a sú reakciou na škrabanie a trenie postihnutého miesta dieťaťom, alebo aktivitou dieťaťa, ktorá trenie spôsobuje. Na obrázku 2.13a môžete vidieť atopický ekzém rozšírený hlavne po tvári dieťaťa. [30]
2. **Detský atopický ekzém.** Do tejto skupiny patria batolátá a staršie deti. Lézie sa ďalej presúvajú na miesta, ktoré sú zaťažené pohybom, ako napríklad lakte, kolená, zápästie a členky. Na obrázku 2.13b môžete vidieť hlavné znaky: zhrubnutie kože v ohybných miestach (koleno), prehnané kožné línie a otvorené rany. Vo všeobecnosti sa ekzém stáva suchší. [30]
3. **Atopický ekzém dospievajúcich a dospelých.** U dospievajúcich a dospelých sa lézie nachádzajú na tvári (viz. obrázok 2.13c), krku a je zaznamenané, že až 30% pacientov v tomto štádiu má atopický ekzém na rukách, ktorý zasahuje a môže byť problémom aj pri odtlačkoch prstov. U dospelých sa atopický ekzém objavuje len zriedkavo. [30]



(a) Novorodenecký.

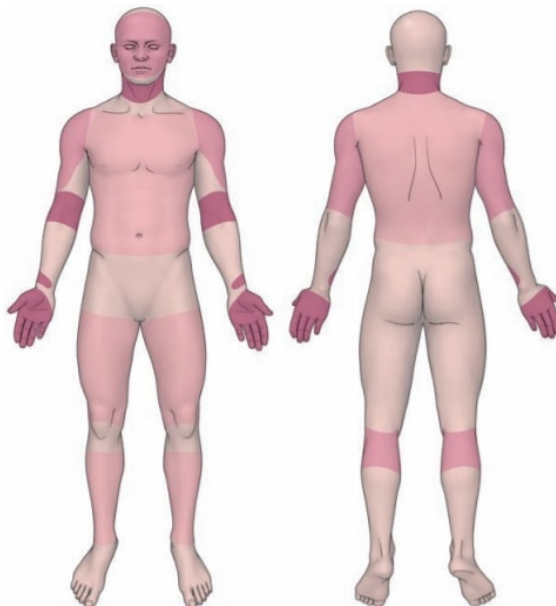
(b) Detský.

(c) Dospievajúci a dospelý.

Obr. 2.13: Atopický ekzém v rôznych štádiách veku. Zdroj: [32].

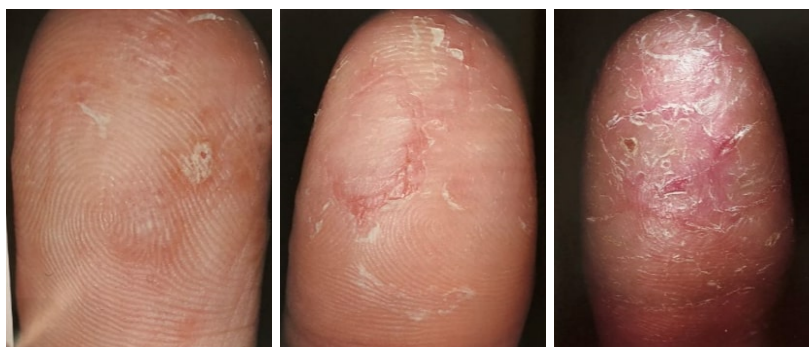
Ako bolo už spomenuté, ekzém sa môže začať prejavovať u detí, ale aj dospelých. Na obrázku 2.14 môžete vidieť celkový výskyt atopického ekzému na celom tele človeka. Jednou z foriem ekzému je aj ekzém prstov. Ekzém prstov môže byť dôsledkom alergickej reakcie,

alebo môže byť spôsobený neznámou príčinou. [14] Pokožka najprv začervenia, vytvoria sa drobné vyrážky, dochádza k mokvaniu a následne ku tvorbe šupiniek. [16] Pri liečbe sa koža odlupuje, až kým sa neodtrhne celá poškodená koža a ostane bolestivé miesto bez línie kože. Ekzém prstov môže postihovať jeden alebo viacero prstov. Môže postihovať dané miesto mesiace alebo roky a môže byť odolný voči liečbe. Pravidelné škrábanie postihnutého miesta vedie ku opakovanému cyklu začínajúceho svrbením, škriabaním, tvorbou vyrážok a opäť škriabaním.



Obr. 2.14: Výskyt atopického ekzému na tele človeka. Zdroj: [14].

Na obrázku 2.15 sú zobrazené rôzne štádiá atopického ekzému na prstoch. Počas ranného štádia je pokožka vlhká a môže sa objaviť vezikula. [16] V strede prstu dochádza k začervenaniam a popraskaniu. V pokročilejšom štádiu ochorenia sa pomaly strácajú papilárne línie na prstoch. Koža sa stáva suchšou a neustále sa odlupuje. V chronickom štádiu sú papilárne línie na prste stratené a odtlačky z takýchto prstov sú veľmi poškodené a nepoužiteľné. Koža výrazne praská a vytvárajú sa výrazné šupiny, ktoré sú náchylné na odlupovanie.



Obr. 2.15: Ekzém prstov: a) Ranné štádium; b) Pokročilejšie štádium; c) Chronické štádium. Zdroj: [16].

Na obrázku 2.16 sú zobrazené viaceré formy atopického ekzému na rukách. Je to zápalové nekontaktné chronické ochorenie. [14] Ako bolo spomenuté vyššie, prejavuje sa hlavne u dospelých a je to jedno z najčastejších sa objavujúcich kožných ochorení. [13] Existuje mnoho foriem ekzému na rukách [16]:

1. dráždivá kontaktná dermatitída,
2. atopická dermatitída,
3. alergická kontaktná dermatitída,
4. hyperkeratotická dermatitída.



(a) Dráždivý. (b) Atopický. (c) Alergický. (d) Hyperkeratotický.

Obr. 2.16: Formy ekzému na rukách. Zdroj: [20].

2.3.3 Dishydróza

Ako druhé kožné ochorenie bola zvolená dishydrózu, nazývaná aj pompholyx. Toto ochorenie je špeciálny typ dermatitídy na rukách a nohách, ktoré narušuje pokožku. Je to jedna z najčastejších kožných ochorení. [14] Na začiatku ochorenia vzniká svrbenie, ktoré predchádza vytvoreniu vodou naplnených váčkov, ktoré sa nachádzajú na dlaniach a bočných stranách prstov. Váčky po troch až štyroch týždňoch zmiznú a sú nahradené kruhovými škvrkami. [16] Koža môže byť červená a mokrá. Keď sa začne koža odlupovať, vznikajú červené prasknuté plochy s hnedými kruhovými škvrkami. Hnedé škvrny sa nachádzajú na mieste bývalých váčkov a majú priemer 1 až 3 milimetre. Príčina tohto ochorenia je neznáma, ale pravdepodobne môže byť spôsobená stresom. [13]



Obr. 2.17: Dishydróza. Zdroj: [14] [20].

Existujú 2 formy dishydrózy. Pri prvej, akútnej forme (obrázok 2.17), náhle vznikajú svrbivé pluzgiere. [20] Prvotné poranenia sú viditeľné voľným okom a sú rozšírené na viacerých miestach, hlavne na bokoch prstov, dlaniach a chodidlách. Pluzgiere praskajú počas niekoľkých týždňov a tento proces je veľmi svrbivý. Keď sa koža začne odlupovať a je odhalená červená plocha so škvrnami, končí sa akútna forma dishydrózy.

Druhá forma je chronická, pri ktorej sú lézie menšie, štiepia sa a je ťažké rozpoznať, že sa jedná o dishydrózu. [20] Pri dlhodobom pôsobení dishydrózy, môžu byť narušené aj nechty na prstoch. V tomto prípade sa lézie nachádzajú s najväčšou pravdepodobnosťou na bokoch prstov.

Kapitola 3

Návrh

Nasledujúca kapitola popisuje v časti 3.1 ciele práce. Nasledujúca kapitola sa zaoberá návrhom aplikácie, ktorá slúži na generovanie kožných ochorení do syntetických odtlačkov prstov. Popisuje príznaky konkrétnych dvoch vybraných kožných ochorení, ktoré sa môžu vyskytovať na prstoch ruky. Syntetické odtlačky prstov, na ktoré sa algoritmus aplikuje sú získavané z generátoru SFinGe, ktorý bol popísaný v kapitole 2.1.5. Medzi vybrané dve kožné ochorenia patrí atopický ekzém a dishydróza.

3.1 Cieľ aplikácie

Cieľom tejto práce je vytvoriť generátor kožných ochorení, pomocou ktorého je možné vytvoriť databázu poškodených odtlačkov prstov, ktoré sú čo najviac podobné reálnym poškodeným odtlačkom prstov.

Generované sú až dve kožné ochorenia, ktoré boli vybrané z databáze STRaDe. Pre každú z týchto dvoch chorôb bol navrhnutý algoritmus, ktorý generuje hlavné znaky ochorenia. Pred vytvorením algoritmu bolo potrebné preskúmať a analyzovať príznaky jednotlivých ochorení z poskytnutých obrázkov odtlačkov prstov z databáze STRaDe. Detailnejší popis algoritmu je popísaný v ďalšej kapitole tejto práce.

Generátor bol navrhnutý a implementovaný ako GUI aplikácia, ktorá je podrobnejšie popísaná v nasledujúcich častiach práce.

3.2 Popis vybraných chorôb

Pred samotným vytvorením algoritmu pre generovanie bolo najprv potrebné na získanie hlavných znakov ochorení preskúmať a analyzovať jednotlivé odtlačky prstov poškodené atopickým ekzémom a dishydrózou. V nasledujúcej časti práce je popísaná analýza snímok odtlačkov prstov, ktoré sú poškodené vybranými chorobami.

3.2.1 Odtlačky prstov postihnuté atopickým ekzémom

Na začiatok pozorovania hlavných znakov atopického ekzému na odtlačkoch prstov bolo potrebné nájsť vhodné snímky, ktoré budú skúmané. Na to nám slúžila databáza STRaDe. Počet snímok odtlačkov prstov, ktoré trpia atopickým ekzémom je v databáze zastúpený v najväčšom počte a na skúmanie mohlo byť použitých viacero rôznych odtlačkov. Na obrázku 3.1 sú zobrazené odtlačky prstov, ktoré pochádzajú od rôznych ľudí. Prvý obrázok

je získaný pomocou atramentovej metódy, ďalšie dva obrázky boli získané pomocou senzoru Sagem MSO 300.



Obr. 3.1: Atopický ekzém. Zdroj: databáza.

Na predchádzajúcich troch obrázkoch je možné vidieť hlavné znaky atopického ekzému na prstoch ruky. Na prvom obrázku sa nachádzajú tenké biele čiary, ktoré majú rozdielnu dĺžku a sú rozmiestnené po celom prste. Tieto čiary sa navzájom pretínajú. Sú horizontálne alebo vertikálne. Podľa obrázkov môžeme povedať, že vo väčšine prípadov sú horizontálne orientované. V hornej časti a v strede odtlačku sa nachádzajú tmavé plochy nepravidelných tvarov, ktoré narúšajú viditeľnosť papilárnych línií.

Na druhom, prostrednom obrázku sa nachádzajú biele čiary, ktoré boli spomenuté aj pri prvom obrázku. V tomto prípade sú čiary tenšie a všetky orientované horizontálne. Naopak, nachádza sa tu viac tmavých plôch, ktoré pokrývajú veľkú časť odtlačku. Taktiež sú tu prítomné aj biele škvrny nepravidelných tvarov, hlavne v hornej časti odtlačku.

Na poslednom obrázku je štruktúra papilárnych línií najviac poškodená. Biele čiary sú o dosť hrubšie, než na predchádzajúcich dvoch obrázkoch. Podľa predchádzajúceho popisu obrázkov odtlačkov prstov je možné povedať, že medzi hlavné znaky atopického ekzému patria biele čiary a tmavé, alebo biele škvrny.

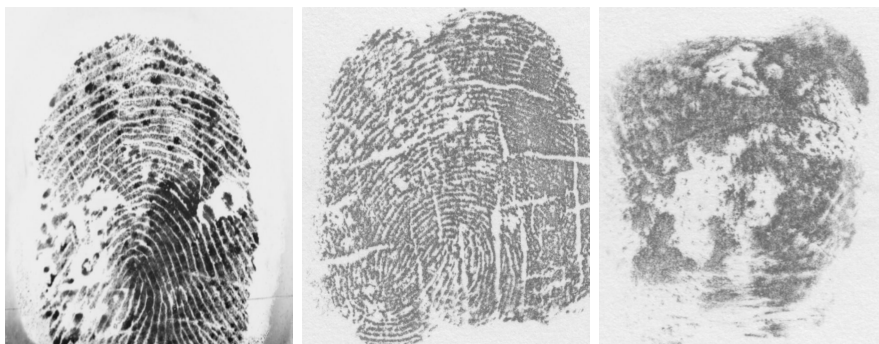


Obr. 3.2: Vysoká úroveň poškodenia a) digitálny mikroskop; b) atrament; c) elektronický snímač. Zdroj: [14].

3.2.2 Odtlačky prstov postihnuté dishydrózou

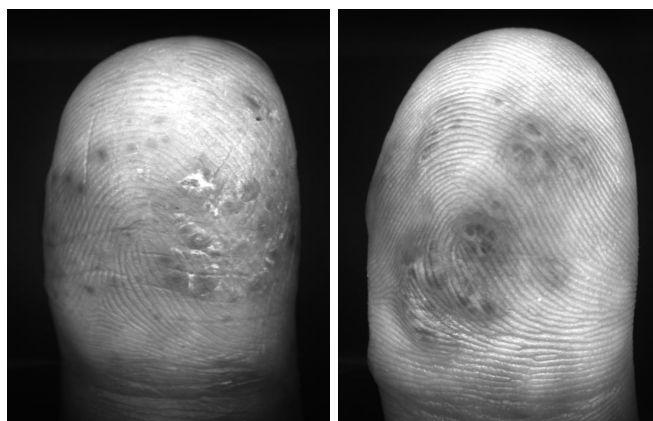
Tak isto ako pri atopickom ekzéme, aj v prípade dishydrózy boli využité snímky odtlačkov prstov z databázy STRaDe. Počet snímok v databáze s týmto typom ochorenia je menší než s atopickým ekzémom, no stále dostačujúci. Na obrázku 3.3 sú zobrazené odtlačky

prstov, ktoré pochádzajú od rozdielnych ľudí a sú poškodené dishydrózou. Prvý obrázok je získaný senzorom Sagem 300. Zvyšné dva sú získané atramentovou technológiou.



Obr. 3.3: Dishydróza. Zdroj: databáza.

Opäť na preskúmanie hlavných znakov kožného ochorenia dishydróze poslúžia 3 obrázky. Na prvom obrázku sa nachádzajú poškodenia na viacerých miestach. Vyskytujú sa tu biele nepravidelné škvrny. Taktiež sú tu zastúpené vo veľkom počte čierne bodky s rôznym priemerom. Tak ako v predchádzajúcej chorobe, tak aj pri tejto sa na odtlačku prsta nachádzajú tenké biele čiary, ktoré sú horizontálne alebo vertikálne. Napriek tomu, že je takmer celý odtlačok prsta pokrytý nejakými poškodeniami, papilárne línie sú aj tak viditeľné.



Obr. 3.4: Dishydróza. Zdroj: databáza.

Na druhom odtlačku prstu sú viditeľné podobné znaky, ako na predchádzajúcom. Biele čiary sú ale o niečo hrubšie a v tomto prípade nie sú len horizontálne, ale aj vertikálne. Nachádzajú sa tu biele škvrny, ktoré sú rozmiestnené po celej ploche. Papilárne línie sú viac poškodené, než na predchádzajúcom obrázku.

V poslednom prípade sa jedná o horší stav odtlačku prstu, lebo papilárne línie nie sú vôbec čitateľné a ich štruktúra je výrazne poškodená. Nachádzajú sa tam viaceré veľké biele škvrny. Plocha je pokrytá nepravidelnými tvarmi škvŕn bez opakovaného tvaru.

Snímky odtlačkov prstov, ktoré vidíte na obrázku 3.4 sú získané senzorom TBS 3D Enroll. Je to zariadenie, ktoré využíva 3D bezkontaktné technológie. Ako je možné vidieť na obrázkoch, pomocou tohto senzoru je získaná vynikajúca kvalita obrazu. Na výslednom snímku je vidieť všetky detaily a hlavné príznaky dishydrózy.

Na záver môžeme povedať, že medzi hlavné znaky dishydrózy patria tenké biele čiary, biele škvryny rozmanitých tvarov a malé čierne škvryny.

3.3 Generovanie kožného ochorenia

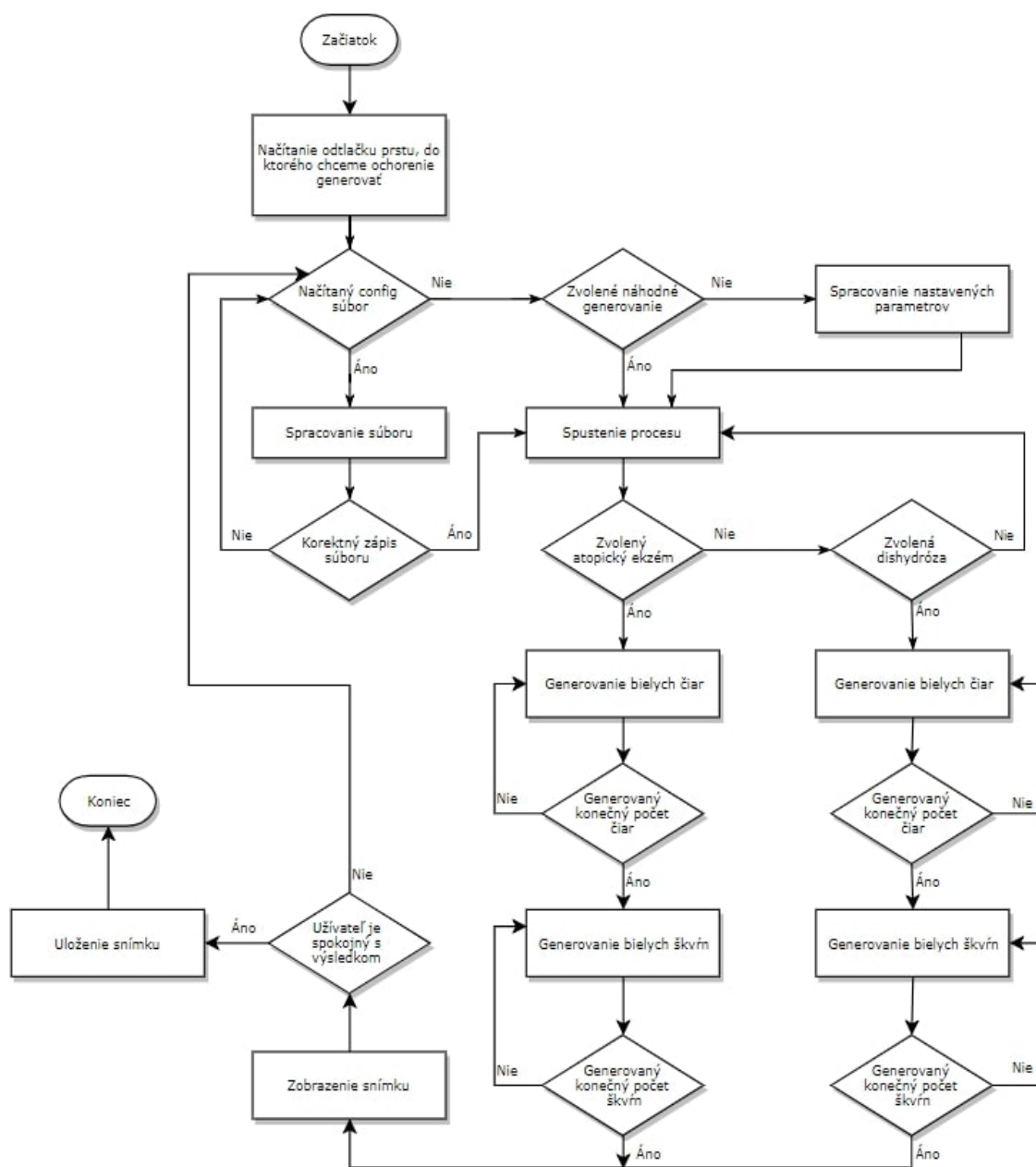
Program vytvára vlastné grafické útvary, ktoré sú následne vložené do vybraného syntetického odtlačku prsta. Grafické útvary môžu byť definované viacerými spôsobmi:

- *Náhodné generovanie* - v prípade, že užívateľ nemá konkrétne požiadavky na výsledný obraz poškodenia, môže zvoliť náhodný počet objektov a ich náhodné rozmiestnenie.
- *Zadanie parametrov* - po spustení aplikácie a vložení obrázku si užívateľ môže zvoliť presný počet čiar a škvŕn, ktoré chce vygenerovať.
- *Config súbor* - aplikácia umožňuje načítanie súboru, v ktorom je presne definované rozmiestnenie jednotlivých čiar a škvŕn. Súbor môže byť následne vložený do rôznych odtlačkov prstov. Jeho výhodou je možnosť generovania rovnakého rozmiestnenia poškodenia do syntetických odtlačkov prstov s rozdielnou štruktúrou.

Napriek tomu, že proces tvorby škvŕn a čiar jednotlivých chorôb je rozdielny, princíp algoritmu je podobný. Proces tvorby priebehu generovania poškodenia pozostáva z nasledujúcich krokov:

1. Vybranie a načítanie snímku odtlačku prsta zo zložky, do ktorého sa bude kožné ochorenie generovať.
2. Možnosť načítania config súboru. V prípade, že užívateľ načíta config súbor, pokračuje sa na bod 4.
3. Nastavenie parametrov potrebných pre generovanie kožného ochorenia:
 - (a) manuálne nastavenie počtu čiar a škvŕn,
 - (b) nastavenie náhodného počtu generovaných objektov.
4. Spustenie procesu tvorby kožného ochorenia, ktoré chceme vygenerovať:
 - (a) atopický ekzém,
 - (b) dishydróza.
5. Detekcia plochy odtlačku prsta z vloženého snímku.
6. Generovanie bielych čiar, až kým sa počet vygenerovaných čiar nerovná zadanému počtu.
7. Generovanie škvŕn, až kým sa počet vygenerovaných škvŕn nerovná zadanému počtu.
8. Grafická úprava snímku po generovaní objektov pred finálnym zobrazením.
9. Zobrazenie snímku odtlačku prsta s vygenerovaným poškodením.
10. Kontrola výsledného vygenerovaného poškodenia do syntetického odtlačku prsta. V prípade, že užívateľ chce iné rozmiestnenie poškodenia, prejde sa naspäť na krok 3.
11. Uloženie výsledného snímku užívateľom do zložky.

Na obrázku 3.5 môžete vidieť vývojový diagram navrhnutej aplikácie.



Obr. 3.5: Vývojový diagram navrhnutej aplikácie.

3.3.1 Konfiguračný súbor

Ďalšou súčasťou aplikácie je možnosť načítania konfiguračného súboru, v ktorom je definované presné umiestnenie čiar a škvŕn, ktoré sa majú generovať do obrázku. Spracovanie súboru bolo implementované z dôvodu presného zadania pozície vytváraných objektov do odtlačku prsta. V prípade, že užívateľ chce generovať poškodenie nachádzajúce sa v strede odtlačku prsta, pri náhodne generovanej pozície by mohlo trvať dlhší čas, kým by sa ochorenie generovalo na potrebné miesto. Ďalšou jeho výhodou je vytvorenie databázy s viacerými odtlačkami prstov, ktoré majú rozdielnu štruktúru, ale generované hlavné znaky poškodenia sú na všetkých obrázkoch rovnaké: rovnaký počet, rovnaká veľkosť a rovnaké umiestnenie vygenerovaných grafických objektov.

Súbor môže byť načítaný v aplikácii po vybratí obrázku odtlačku prstu.

3.4 Grafické užívateľské rozhranie

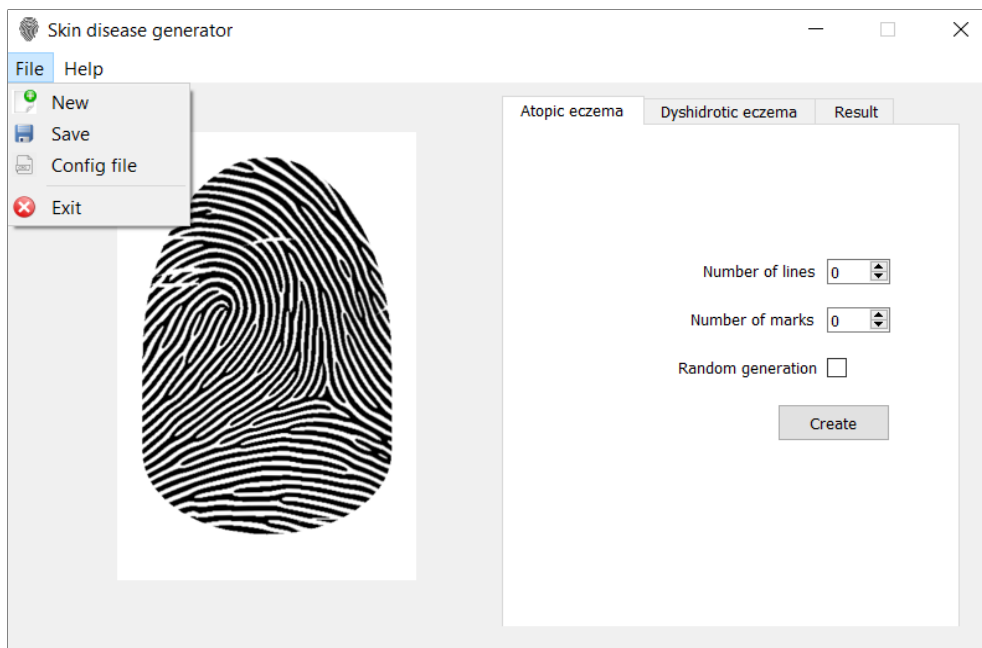
Pre aplikáciu bolo navrhnuté grafické užívateľské rozhranie, ktoré užívateľovi umožňuje načítať obrázok odtlačku prsta, do ktorého sa bude generovať kožné ochorenie. Po načítaní sa obrázok užívateľovi zobrazí v aplikácii. Aplikácia obsahuje tri záložky. Jednu pre atopický ekzém, druhú pre dishydrózu a tretia záložka slúži na zobrazenie výsledku. Na prvých dvoch záložkách si užívateľ nastaví základné parametre pre generovanie ochorenia:

- počet čiar,
- počet škvŕn.

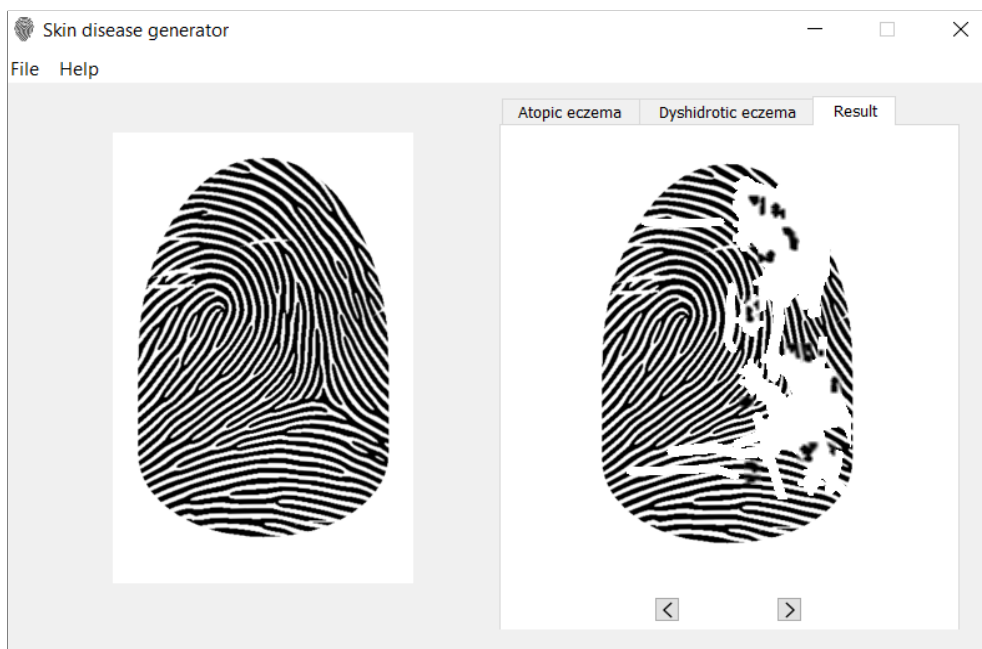
Okrem manuálneho nastavenia parametrov môže byť zvolené náhodné generovanie parametrov poškodenia. Na náhodné generovanie parametrov poškodenia je potrebné zaškrtnúť checkbox "Random generation". V tomto prípade je ručne nastavený počet čiar alebo škvŕn ignorovaný a náhodné generovanie má prednosť. Tlačítkom "Create" sa spustí samotné generovanie. Výsledný obrázok sa zobrazí v záložke "Result". Pre lepšiu manipuláciu s aplikáciou si užívateľ môže v tejto záložke pomocou tlačítka "Next" "Back" generovať nové rozloženie kožného ochorenia, prípadne sa vrátiť k predchádzajúcim výsledkom.

Vďaka GUI si užívateľ môže výsledný obrázok uložiť do ním zvoleného priečinku.

Na obrázku 3.6 môžete vidieť screenshot obrazovky, kde si užívateľ nastavuje potrebné parametre. V ľavom hornom rohu môžete navyše vidieť hlavné menu, ktoré je užívateľovi ponúknuté. Na obrázku 3.7 je zobrazená záložka s výsledným odtlačkom prstu s generovaným ochorením.



Obr. 3.6: Screenshot aplikácie a voľba parametrov.



Obr. 3.7: Screenshot aplikácie so zobrazeným výsledkom.

Kapitola 4

Implementácia

Aplikácia bola naprogramovaná v jazyku C++ s využitím knižnice Computer Vision library OpenCV verzia 3.1 (BSD license). Pre vytvorenie grafického užívateľského rozhrania bola použitá knižnica Qt verzia 5.8 (open source). V tejto kapitole sú popísané hlavné funkcie programu. Taktiež sú tu popísané algoritmy, ktoré boli navrhnuté pre generovanie čo najrealistickejšieho vyzerajúceho kožného ochorenia do syntetického odtlačku prsta. Pre každé ochorenie bol navrhnutý samostatný algoritmus. Okrem toho sa dozvieme, aké grafické úpravy boli vykonané nad jednotlivými snímkami.

Na generovanie ochorení boli použité vytvorené syntetické odtlačky prstov z generátoru SFinGe, ktorý bol bližšie popísaný v kapitole 2.1.5. Proces generovania syntetického odtlačku prsta pomocou generátoru SFinGe obsahuje celkovo 10 krokov. Pre túto prácu boli použité generované syntetické odtlačky prstov po siedmom kroku. Zvyšné tri kroky slúžia na vloženie šumu do odtlačku, poprípade iné faktory ovplyvňujúce kvalitu odtlačku, ktoré pre generovanie kožného ochorenia nie sú potrebné.

Pred samotným generovaním je potrebné mať aspoň jeden obrázok odtlačku prsta, do ktorého chceme ochorenie generovať.

4.1 Trieda MainWindow

Po spustení aplikácie si užívateľ musí vybrať vstupný obrázok, do ktorého sa bude vybrané ochorenie generovať. Na načítanie obrázku sa využíva funkcia `cv::imread()` z knižnice OpenCV, ktorá sa nachádza v implementovanej funkcii `loadImage()`. Podporované formáty vkladaneho obrázku sú jpg, jpeg, png a bmp.

V tejto triede sa nastavuje vzhľad aplikácie a rozmiestnenie jednotlivých komponent. Taktiež sa tu nachádzajú funkcie `loadFile()`, ktorá načíta vybraný súbor a `editFile()`, ktorá spracuje načítaný súbor. Podľa typu ochorenia na prvom riadku súboru je neskôr volaná funkcia `createMarkConfigAtopic()` alebo `createMarkConfigDis()` pre generovanie škvŕn pre jednotlivé ochorenia. Obe funkcie sú popísané v časti 4.5. Pre generovanie čiar definovaných v súbore je volaná funkcie `createLineConfig()`. Pre ukladanie definovaných vlastností čiar a škvŕn boli vytvorené vektory `vectorLines` a `vectorMarks`, do ktorých sa jednotlivé riadky ukladajú.

Po zobrazení finálneho obrázku s vygenerovaným poškodením má užívateľ možnosť si obrázok uložiť do ním zvoleného priečinku. Uloženie obrázku je implementované vo funkcii `saveFinalImage()`. Na uloženie a načítanie obrázku je využívaná trieda `QFileDialog` z knižnice Qt, ktorá užívateľovi umožňuje prechádzať súborových systémom. [28]

Na záver sa tu nachádzajú funkcie `clickedBack()` a `clickedNext()` implementujúce funkčnosť tlačítok "Next" a "Back" v záložke "Result", ktoré vyberú a zobrazia predchádzajúce alebo nasledujúce (nové) poškodenie odtlačku prsta. Pri výbere generovania poškodenia pomocou konfiguračného súboru je funkčnosť týchto tlačítok pozastavená.

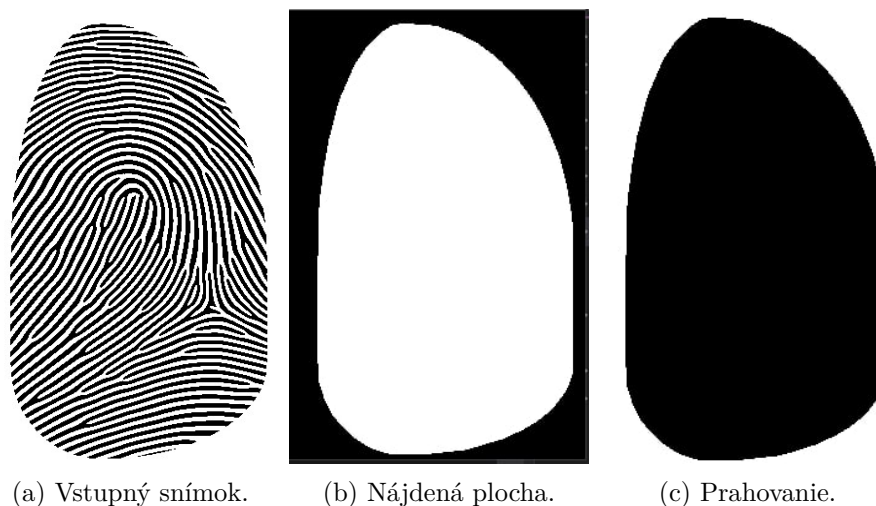
4.2 Trieda `PrepareImage`

Po načítaní obrázku do aplikácie program čaká, kým užívateľ načíta buď dopredu vytvorený konfiguračný súbor s definovanými vlastnosťami generovaných objektov, alebo kým nastaví potrebné parametre pre generovanie ochorenia: počet čiar a počet škvŕn. Pred samotným generovaním ochorenia je potrebné načítaný obrázok upraviť, aby sa s ním dalo neskôr pracovať. V programe sa používajú nasledujúce funkcie z knižnice OpenCV potrebné na grafické úpravy načítaného obrázku: `resize()`, `cvtColor()`, `threshold()`, `GaussianBlur()`.

Prvá úprava zmení veľkosť vstupného obrázku do potrebných rozmerov, aby sme sa vyhli neskorším problémom. Nasleduje konvertovanie obrázku do šedotónovej reprezentácie a aplikovanie prahovania. Na záver je obraz rozmazaný pomocou Gaussovho filtra.

Po týchto štyroch krokoch, ktoré sú implementované vo funkcii `prepareImage()`, je možné detekovať plochu odtlačku prstu, s ktorým sa následne bude pracovať. K tomuto slúži funkcia `detectContour()`. Funkcia slúži na nájdenie kontúry a následne jej vykreslenie. K tomu sú použité funkcie `findContours()`, `convexHull()` a `drawContours()`. Detekcia plochy odtlačku prstu je dôležitá pre neskoršie použitie pri generovaní poškodenia. Pomocou detekcie sa overuje poloha jednotlivých vykresľovaných bodov pri vytváraní hlavných znakov ochorenia. Kontroluje sa, či sa bod nachádza vnútri v oblasti odtlačku prstu. Princíp generovania kožného ochorenia je popísaný nižšie.

Na obrázku 4.1a môžete vidieť načítaný obrázok pred samotnou úpravou a na obrázku 4.1b výsledok funkcie na nájdenie plochy odtlačku prstu. Na obrázku 4.1c je vyobrazený finálny obrázok s aplikovaným prahovaním.



Obr. 4.1: Detekcia plochy odtlačku prsta.

4.3 Trieda AtopicEczem

Prvý algoritmus slúži na generovanie atopického ekzému. Pri atopickom ekzéme je potrebné vygenerovať biele čiary a biele škvrny, ktoré môžu byť rozmiestnené po celom odtlačku prsta. Táto trieda je implementovaná pre manuálne zadanie parametrov alebo náhodné generovanie. Pre spustenie generovania je volaná funkcia `createEczem()`.

4.3.1 Generovanie čiar

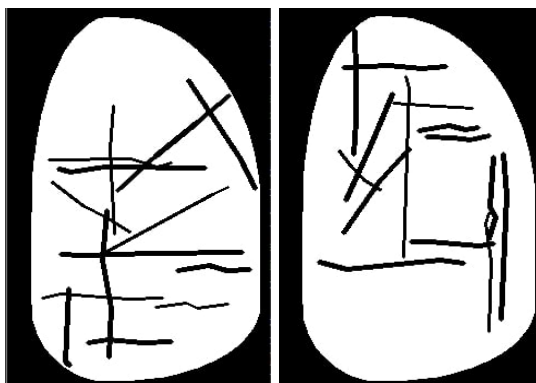
Po zavolaní funkcie sú ako prvé do syntetického odtlačku prsta vygenerované biele čiary, ktoré sa môžu nachádzať po celom odtlačku prsta. Čiary sú generované až pokiaľ sa počet vytvorených čiar nerovná počtu zadanych. Na generovanie čiar slúži funkcia `createLine()`. Počet vygenerovaných čiar závisí od zadanej hodnoty od užívateľa. Pre každú čiaru sú náhodne generované krajné 2 body, ktoré sa generujú s rôznou pravdepodobnosťou, podľa preskúmania skutočných odtlačkov prstov trpiacich danými poškodeniami:

- horizontálne: pravdepodobnosť ≤ 60 ,
- vertikálne: $60 < \text{pravdepodobnosť} < 85$,
- ostatné: pravdepodobnosť ≥ 85 .

V najväčšom percentuálnom zastúpení sú čiary orientované horizontálne, až 60%. Nasleduje 25% pravdepodobnosť vertikálne orientovaných čiar a na záver 15% zvyšných smerov. Pri dishydróze sú čiary o 1 px generované hrubšie než u atopického ekzému. Každý typ čiar je generovaný samostatne a ich smer a umiestnenie je náhodné.

Po vygenerovaní každého bodu prebieha kontrola či sa daný bod nachádza v oblasti odtlačku prstu a nie je generovaný mimo plochy odtlačku. Na túto kontrolu slúži dopredu vytvorený obraz s kontúrou odtlačku prsta, ktorý sa vytvára v triede `prepareImage()`. Kontroluje sa, či sa daný bod nachádza na bielej ploche vnútri odtlačku prsta. V prípade, že je detekovaná čierna farba, bod je neplatný a jeho znovu generovaný, až kým nebude vygenerovaný na platné miesto na snímku.

Zakrivenie čiar je vykonávané pomocou náhodného rozmiestnenia náhodného počtu bodov po čiare, ktoré sú s náhodnou dĺžkou posúvané po osy x a y. Na obrázku 4.2 môžete vidieť generované čiary, ktoré sa vyskytujú u atopického ekzému aj dishydrózy. Z dôvodu lepšej viditeľnosti sú pre ukážku čiary čierne na bielom pozadí.



Obr. 4.2: Príklad vygenerovaných čiar.

4.3.2 Generovanie škvŕn

Po čiarach nasleduje generovanie bielych škvŕn. Slúži na to funkcia `createMark()`. Jej vstupnými argumentami je snímok odtlačku prstu, do ktorého chceme objekt generovať, odtlačok prsta s detekovanou plochou, booleovská premenná označujúca, či počet škvŕn bude generovaný náhodne a posledným argumentom je zadaný počet čiar. Pri náhodnom generovaní je ich počet obmedzený na interval $\langle 1, 6 \rangle$. Veľkosť a umiestnenie je generované náhodne. Na ich tvorbu sa využíva normálne rozdelenie `normalDistribution()`, ktoré generuje náhodné čísla a je jedno z najdôležitejších rozdelení pravdepodobnosti spojitej náhodnej veličiny. [15] Rozdelenie sa využíva pre vytvorenie stredu škvŕny. Veľkosť škvŕny je obmedzená na 20 px. Aj v tejto funkcii sa kontroluje umiestnenie bodu, či sa nenachádza mimo plochy odtlačku prsta.

4.3.3 Výsledok atopického ekzému

Na obrázku 4.3 môžete vidieť pôvodné odtlačky postihnuté atopickým ekzémom. Na ďalšom obrázku 4.4 si môžete všimnúť vytvorené dve rôzne ochorenia atopického ekzému. Ochorenie sa generovalo s parametrami ôsmich štvŕn a desiatimi čiarami. Vytvorený odtlačok prstu nemôže vyzeráť presne tak isto, ako pôvodný z dôvodu chýbajúceho šumu a iných faktorov, ktoré ovplyvňujú kvalitu získaného obrazu odtlačku prsta.



Obr. 4.3: Originálne odtlačky s ochorením atopického ekzému.



Obr. 4.4: Výsledok generovania atopického ekzému.

4.4 Trieda Dishydroza

Druhý implementovaný algoritmus slúži na generovanie hlavných znakov dishydrózy do syntetických odtlačkov prstov. Po vyznačení plochy odtlačku prstu je po zvolení generovania dishydrózy zavolaná funkcia `createDishydroza()`. Princíp generovania čiar u dishydrózy je taký istý, ako u atopického ekzému. V nasledujúcej časti preto bude popísané len generovanie škvŕn pre dihydrozu.

4.4.1 Generovanie škvŕn

Funkcia `createMark()` slúži na generovanie bielych škvŕn. Veľkosť, umiestnenie a tvar škvŕn je taktiež generovaná náhodne. Biele škvŕny pri dishydroze sú väčšie a nepravidelnejšie než pri atopickom ekzеме. Pomocou funkcie `createDarkMark()` sú navyše do týchto bielych škvŕn vytvárané menšie čierne flaky, ktorých veľkosť a umiestnenie je tiež náhodné. Pri oboch generovaniach sa kontroluje správna poloha bodu, čo znamená, či sa nachádza vnútri odtlačku prsta. Pri náhodnom generovaní bielych škvŕn je ich počet obmedzený na interval $\langle 1,3 \rangle$. Pri generovaní sa opäť využíva maska a vektor bodov, do ktorých sa jednotlivé body ukladajú a následne vykresľujú.



Obr. 4.5: Proces tvorby škvŕn u dishydrózy.

Na generovanie bielych škvŕn bola vytvorená pomocná maska, do ktorej sa škvŕna generuje. Po dokončení tvorby je maska mierne rozmazaná a naspäť vložená do pôvodného odtlačku prstu. Na obrázku 4.5 môžete vidieť proces tvorby škvŕny. Ako prvá sa vytvorí biela škvŕna do výrezu z odtlačku prstu, ktorý sme získali. Následne sú do škvŕny na náhodne miesta generované malé čierne flaky. Na záver je škvŕna vložená do odtlačku prstu na pôvodné vyrezané miesto. Malé čierne škvŕny sú generované rovnakým spôsobom ako biele. Odlišujú sa jedine veľkosťou masky a samotnej škvŕny.

4.4.2 Výsledok dishydrózy

Na obrázku 4.7 môžete vidieť dva rozdielne výsledky generovania dishydrózy do syntetického odtlačku prstu vytvoreného pomocou generátora SFinGe. Výsledné obrázky boli generované s dvomi bielymi škvŕnami a šiestimi čiarami. Snímky sa ukladajú do priečinka zvoleného užívateľom. Na záver je snímok vložený do záložky výsledok, ktorá sa po generovaní automaticky ozbrazí užívateľovi. Ďalšie vytvorené odtlačky nájdete na priloženom DVD.



Obr. 4.6: Originálne odtlačky s ochorením dishydrózy.



Obr. 4.7: Výsledok generovania dishydrózy.

4.5 Trieda Diseases

Posledná trieda, ktorá bola implementovaná slúži na spracovanie konfiguračného súboru. Je využívaná pri tvorbe oboch chorôb. Na prvom riadku súboru je definované kožné ochorenie, ktoré chceme vytvoriť. Znak "L" na začiatku riadka symbolizuje čiaru(line) a znak "M" škvŕnu(mark). Pri čiare je potrebné definovať súradnice začiatočného a koncového bodu. Piate číslo určuje hrúbku čiary. Pri škvŕne je potrebné definovať súradnice stredu škvŕny a jej veľkosť (dĺžku a šírku).

Vzor konfiguračného súboru pre atopický ekzém a dishydrózu:

Atopic eczem

L:123,154,174,213,4;

M:132,243,14,10;

M:65,247,10,9;

Dishydroza

L:123,21,143,34,3;

L:98,100,145,245,2;

L:100,241,113,294,4;

M:123,123,43,57;

Pri spracovaní jednotlivých riadkov sa využívajú regulárne výrazy, preto je dôležité zadať správny formát súboru a jednotlivých riadkov. Generovanie jednotlivých čiar a škvŕn je podobný, ako pri generovaní poškodenia bez konfiguračného súboru. Pri použití súboru sa ale použijú definované hodnoty významných bodov objektov a nie je použité náhodné generovanie pozície ani veľkosti.

Kapitola 5

Testovanie

V tejto kapitole je popísané testovanie a výsledky, ktoré boli získané. Po vytvorení odtlačku prsta, ktorý je poškodený vygenerovaným kožným ochorením je potrebné overiť jeho kvalitu voči pôvodnému nepoškodenému odtlačku prstu. K testovaniu bol použitý program VeriFinger¹ verzia 11.1 od spoločnosti NEUROtechnology, pomocou ktorého sa testuje overenie kvality odtlačku prsta. Výstupom z tohto programu je určitá hodnota, ktoré symbolizuje úroveň poškodenia odtlačku prsta oproti nepoškodenému odtlačku prsta. Pre testovanie bolo vytvorených 17 súborov, z ktorých každý obsahuje 20 snímok poškodených odtlačkov prstov. Pre atopický ekzém bolo vytvorených 9 súborov a pre dishydrózu 8 súborov. Snímky jednotlivých súborov sa od seba odlišujú nastavením parametrov, ktoré boli pri generovaní poškodenia použité. V kapitole 5.1 nájdete podrobný popis jednotlivých súborov. Výsledky testovania sú rozpísané v kapitole 5.2.

5.1 Testovacie súbory

Jednotlivé súbory boli vytvorené z dôvodu otestovania rôznej kvality syntetických odtlačkov prstov. Každý zo súborov obsahuje 20 jedinečných snímok odtlačkov prstov s atopickým ekzémom alebo dishydrózou. Pre tvorbu niektorých súborov bol použitý konfiguračný súbor z dôvodu generovania presného umiestnenia potrebných čiar a škvŕn.

Pre atopický ekzém bolo vytvorených 9 súborov s vygenerovanými snímkami určených pre meranie kvality odtlačkov prstov. Nastavenie jednotlivých parametrov použité pri generovaní atopického ekzému je uvedené v tabuľke 5.1.

Tvorba súborov pre atopický ekzém bola zameraná na rôzne nastavenie čiar a škvŕn. Jednotlivé súbory sa od seba odlišujú samotným počtom vygenerovaných čiar a škvŕn, ich veľkosťou, dĺžkou a hrúbkou. Prvé 4 súbory sú určené na testovanie čiar. Obsahujú rozdielny počet čiar v rozmedzí 5-10 a 15-20. Ich dĺžka sa môže pohybovať medzi 50-200 px a hrúbka jednotlivých čiar je 2-4 px alebo 5-7 px. Prvé 2 súbory sú zamerané na porovnanie rozdielnej dĺžky čiar. Súbory 1 a 3 porovnávajú rozdielnu hrúbku čiar a súbory 3 a 4 slúžia na testovanie rozdielneho počtu čiar. Pre testovanie škvŕn boli vytvorené súbory 5, 6 a 7. Počet škvŕn sa pohybuje v rozmedzí 2-7 a 8-13 s ich priemerom 5-10 px alebo 10-20 px. Súbor 8 obsahuje snímky s kombináciou generovaných čiar a škvŕn. V poslednom 9. súbore sa nachádzajú snímky odtlačkov prstov trpiace atopickým ekzémom, ktoré boli generované s náhodným nastavením parametrov.

¹<http://www.neurotechnology.com/verifinger.html>

Súbor	Počet č.	Dĺžka č.	Hrúbka č.	Počet š.	Veľkosť š.
Ekzém 1	5-10	50-100	2-4	0	0
Ekzém 2	5-10	150-200	2-4	0	0
Ekzém 3	5-10	50-100	5-7	0	0
Ekzém 4	15-20	50-100	5-7	0	0
Ekzém 5	0	0	0	2-7	5-10
Ekzém 6	0	0	0	2-7	10-20
Ekzém 7	0	0	0	8-13	5-10
Ekzém 8	15-20	150-200	5-7	2-7	10-20
Ekzém 9	random	random	random	random	random

Tabuľka 5.1: Atopický ekzém - popis testovacích súborov.

Pre dishydózu bolo vytvorených 8 testovacích súborov. V tabuľke 5.2 sú uvedené parametre pre testovanie a meranie kvality odtlačku prsta pri dishydóze. Pri dishydóze bolo testovanie zamerané hlavne na pozíciu škvŕn, keďže pomocou konfiguračného súboru je možné umiestniť škvŕnu presne na pozíciu, kde chceme.

Súbor	Počet š.	Veľkosť š.	Miesto š.	Počet č.	Dĺžka č.	Hrúbka č.
Dishyd. 1	2-5	malé	kraj	0	0	0
Dishyd. 2	2-5	malé	stred	0	0	0
Dishyd. 3	5-8	malé	kraj/stred	0	0	0
Dishyd. 4	5-8	veľké	kraj/stred	0	0	0
Dishyd. 5	0	0	0	5-10	50-100	5-7
Dishyd. 6	0	0	0	15-20	50-100	5-7
Dishyd. 7	5-8	veľké	kraj/stred	15-20	50-100	5-7
Dishyd. 8	random	random	random	random	random	random

Tabuľka 5.2: Dishydóza - popis testovacích súborov.

Pre dishydózu sú vytvorené súbory zamerané hlavne na generované škvŕny, keďže čiary by mali mať rovnaký vplyv na kvalitu odtlačku prstu ako pri atopickom ekzéme. Prvé 4 súbory obsahujú snímky s vygenerovanými škvŕnami. Testovanie týchto súborov je zamerané na rôznu veľkosť škvŕn a taktiež na rozdielne umiestnenie škvŕn vzhľadom na odtlačok prsta. Prvé dva súbory porovnávajú umiestnenie generovaných škvŕn na stred alebo okraj odtlačku prsta. Súbory 3 a 4 sú zamerané na rozdielnu veľkosť škvŕny. Ich umiestnenie môže byť náhodné. Pre otestovanie čiar boli vytvorené súbory 5 a 6. Súbor 7 obsahuje snímky s čiarami aj škvŕnami a v poslednom 8. súbore sa nachádzajú vytvorené snímky odtlačkov prstov s použitím náhodných parametrov.

5.2 Výsledky testovania

Ako už bolo spomenuté, pre testovanie bol zvolený program VeriFinger od spoločnosti NE-UROtechnology. Program dokáže verifikovať alebo identifikovať odtlačky prstov s vytvorenou databázou odtlačkov prstov, ktorú si užívateľ vytvoril a nahral do nej nepoškodené

odtlačky prstov. Po spracovaní sa zobrazí výsledok zhody porovnávajúcich snímok, pomocou ktorého je možné určiť stupeň vygenerovaného poškodenia do syntetického odtlačku prsta. Postup overovania je nasledovný:

1. vloženie originálnych nepoškodených odtlačkov prstov do databázy,
2. overenie jednotlivých načítaných odtlačkov prstov, aby sme získali jeho výslednú hodnotu, ktorá predstavuje 100% kvalitu odtlačku prstu,
3. identifikácia všetkých obrázkov, ktoré sa nachádzajú v danom súbore, určenom na testovanie a získanie jeho hodnoty,
4. určenie strednej hodnoty z hodnôt, ktoré boli získané v predchádzajúcom kroku,
5. vypočítanie výslednej percentuálnej zhody z hodnoty v kroku 4.

Tento postup sa zopakuje pre každý súbor obsahujúci testovaciu sadu obrázkov s poškodenými odtlačkami prstov.

5.2.1 Atopický ekzém

Výsledky testovania snímok s atopickým ekzémom v jednotlivých súboroch sú zobrazené v tabuľke 5.3. Tabuľka obsahuje nameranú strednú hodnotu súborov, minimálnu hodnotu, maximálnu hodnotu a výslednú percentuálnu hodnotu kvality snímok. Grafické znázornenie výsledkov je zobrazené na obrázku 5.1.

Súbor	Medián	Min. hodnota	Max. hodnota	Scóre [%]
Originál	673.00	100	100	100.00
Ekzém 1	474.20	336	645	70.46
Ekzém 2	396.37	278	563	58.89
Ekzém 3	414.65	290	567	61.61
Ekzém 4	318.70	200	494	47.36
Ekzém 5	440.84	317	603	65.51
Ekzém 6	347.92	185	527	51.69
Ekzém 7	328.15	171	485	48.75
Ekzém 8	239.00	160	261	35.51
Ekzém 9	363.25	258	466	53.97

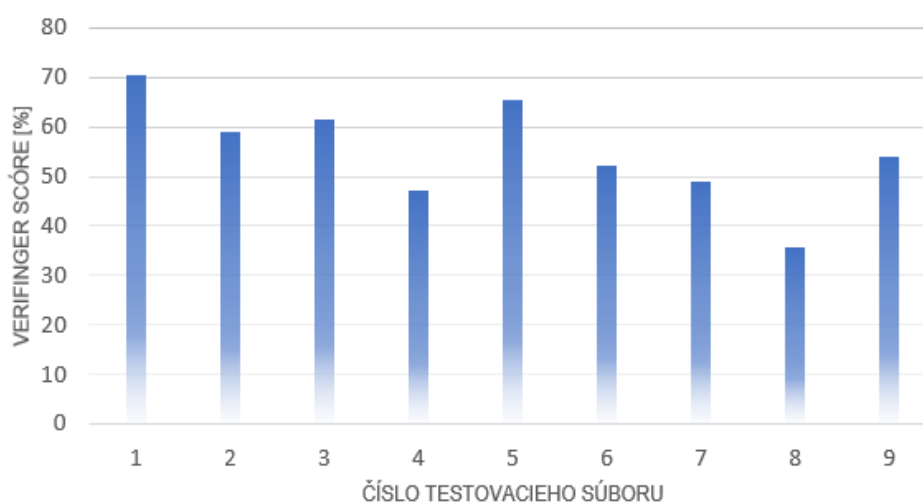
Tabuľka 5.3: Atopický ekzém - výsledky testovania.

Na základe získaných údajov pri porovnávaní súborov *Ekzém 1* s *Ekzém 2* je možné povedať, že dĺžka čiar, pri generovaní atopického ekzému má vplyv na ich kvalitu. Z pôvodnej hodnoty 70.5% pri zväčšení dĺžky čiar hodnota klesla na 58.9%. To je spôsobené tým, že prerušené línie generujú ukončenie papilárnych línií, takže sa vytvárajú nové markanty, ktoré sú považované za chybu a to spôsobuje klesanie porovnávajúceho scóre. Najväčší vplyv na kvalitu, čo sa týka generovaných čiar, má ale ich počet. Čím viac čiar sa do snímku vloží, tým je jeho kvalita horšia. Potvrdzujú to výsledky pri porovnaní súborov *Ekzém 3* a *Ekzém 4*, kde rozdiel hodnoty kvality je vo výške 14.3% (hodnota scóre klesla zo 61.6% na 47.3%). Taktiež testovanie vplyvu hrúbky čiary dokazuje, že aj jej hrúbka má vplyv na kvalitu odtlačkov prstov. Dokazuje to porovnanie súborov *Ekzém 1* a *Ekzém 3*, kde hodnota súboru s hrubšími čiarami klesla o 8.9%.

Z porovnávania bolo zistené, že škvrnny majú oveľa väčší škodlivý účinok na odtlačok prsta než čiary. Scóre poškodenia narastá s rastúcim počtom vkladných škvŕn a taktiež aj s narastaním ich veľkosti. Porovnaním súborov *Ekzém 5* a *Ekzém 6*, kde sa biele škvrnny navzájom odlišujú veľkosťou, je vidieť, že hodnota klesla zo 65.5% na 52% (výsledný rozdiel je 13.5%). Taktiež významnú úlohu má aj počet generovaných škvŕn. Rozdiel medzi súborom *Ekzém 5* (65.5%), ktorý obsahuje menšie škvrnny a súborom *Ekzém 7* (49%) s väčšími škvŕnami je 16.5%.

Najväčšie škodlivé účinky vznikajú spojením oboch generovaných znakov, čiže bielych čiar aj škvŕn. Tieto výsledky je možné vidieť na súbore *Ekzém 8*, kde stredná hodnota zhody klesla na 35.5%.

Pri použití náhodného generovania parametrov, ktoré bolo použité pri vytváraní snímok odtlačkov prstov pre súbor *Ekzém 9*, bolo namerané scóre zhody 54%.



Obr. 5.1: Graf kvality snímok jednotlivých súborov pre atopický ekzém.

5.2.2 Dishydróza

Výsledky testovania snímok s dishydrózou v jednotlivých súboroch sú zobrazené v tabuľke 5.4. Tabuľka obsahuje nameranú strednú hodnotu súborov, minimálnu hodnotu, maximálnu hodnotu a výslednú kvalitu snímok. Grafické znázornenie výsledkov je zobrazené na obrázku 5.2.

Z dát v tabuľke 5.4 je jasné, že generované škvrnny pri dishydróze majú väčší vplyv na kvalitu odtlačku prsta než čiary. Z porovnania súborov *Dishydróza 1* a *Dishydróza 2* je viditeľné, že škvrnny generované do stredu odtlačku prstu viac poškodzujú jeho kvalitu. Rozdiel hodnôt je 5.92%. Porovnaním súborov *Dishydróza 1* a *Dishydróza 4*, kde sa škvrnny navzájom odlišujú počtom je dokázané, že čím väčší počet škvŕn je generovaných, tých je horšia kvalita. Hodnota pri väčšom počte klesla z 57.67% na 39.39% (rozdiel hodnôt je 14.33%). Rozdiel medzi súborom *Dishydróza 3* (43.34%), ktorý obsahuje menšie škvrnny a súborom *Dishydróza 4* (39.39%) s väčšími škvŕnami je 3.95%.

Pre testovanie čiar boli vytvorené len dva súbory, *Dishydróza 5* (60.94%) a *Dishydróza 6* (46.45%). Rozdiel jednotlivých hodnôt zhody je 14.49%. Potvrďilo sa, že generované

Súbor	Medián	Min. hodnota	Max. hodnota	Scóre [%]
Originál	673.00	100	100	100.00
Dishydróza 1	388.15	273	598	57.67
Dishydróza 2	348.30	251	501	51.75
Dishydróza 3	291.70	196	368	43.34
Dishydróza 4	265.14	175	360	39.39
Dishydróza 5	410.15	290	567	60.94
Dishydróza 6	312.60	200	494	46.45
Dishydróza 7	238.11	162	317	35.38
Dishydróza 8	351.05	262	554	52.16

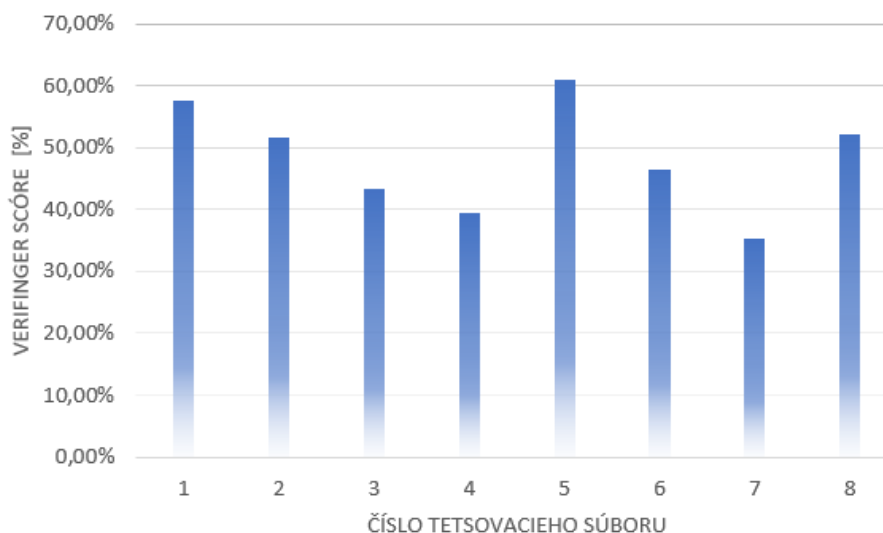
Tabuľka 5.4: Dishydróza - výsledky testovania.

čiar pri dishydróze majú rovnaký vplyv na kvalitu odtlačku prsta ako čiar pri atopickom ekzéme, kde namerané výsledné scóre súborov Ekzém 3 (61.6%) a Ekzém 4 (47.3%) s rovnakými podmienkami je takmer rovnaké.

Tak ako pri atopickom ekzéme, aj pri dishydróze vzniká najväčšie poškodenie kombináciou generovaných znakov. Potvrzuje to výsledné scóre súboru *Dishydróza 7*, kde percento scóre má hodnotu 35.38%.

Pri použití náhodného generovania parametrov, ktoré bolo použité pri súbore *Dishydróza 8*, bolo namerané scóre zhody 52.16%. Scóre je veľmi podobné výslednému scóre náhodného generovania pri atopickom ekzéme.

Výsledky atopického ekzému aj dishydrózy ukazujú, že originálne odtlačky prstov majú lepšiu kvalitu než vytvorené poškodené odtlačky prstov, čo bolo cieľom tejto práce.



Obr. 5.2: Graf kvality snímok jednotlivých súborov pre dishydrózu.

Kapitola 6

Záver

Táto práca sa zaoberá generovaním kožných ochorení do syntetických odtlačkov prstov. Hlavným cieľom práce bolo navrhnuť vhodný model a implementovať algoritmus pre generovanie dvoch druhov onemocnenia kože do syntetického odtlačku prstu, ktorý by bol podobný reálnemu ochoreniu. Tento cieľ bol splnený a bol vytvorený generátor pre dve kožné ochorenia: *atopický ekzém* a *dishydrózu*. Ochorenia boli vybrané z poskytnutej STRaDe databáze, ktorá obsahuje veľký počet odtlačkov prstov s rôznymi kožnými ochoreniami.

Pri vytváraní práce bolo potrebné rozšíriť znalosti z oblasti spracovania obrazu a biometrie. Taktiež bolo potrebné zoznámiť sa s knižnicami OpenCV a Qt, ktoré boli využité pri vytváraní aplikácie. Pred samotným návrhom a implementáciou bola nevyhnutná analýza vybraných ochorení kože. Na základe dostupných snímok z databáze boli získané špecifické vlastnosti oboch chorôb. Zo získaných poznatkov bol navrhnutý algoritmus pre generovanie oboch ochorení.

Program je implementovaný ako GUI aplikácia, ktorá umožňuje užívateľovi načítať obrázok, do ktorého chce ochorenie generovať, vybrať typ ochorenia, nastaviť potrebné parametre, načítať súbor s už definovanými parametrami, zobrazíť výsledok a následne ho uložiť. Aplikácia pracuje so snímkami odtlačkov prstov, ktoré sú vytvorené z generátora SFinGe. Program následne generuje grafické objekty, ktoré sú vkladané do načítaného obrázku a zobrazené užívateľovi na obrazovke.

Ďalšou dôležitou časťou práce sú experimenty. Poškodenie na odtlačkoch prstoch je viditeľné a dokazujú to aj výsledky z testovania, pre ktoré bolo vytvorených 9 súborov pre atopický ekzém a 8 súborov pre dishydrózu. Každý súbor obsahuje 20 snímok poškodených odtlačkov prstov, ktoré boli vytvorené použitím rôznych parametrov. K testovaniu bol použitý program VeriFinger od spoločnosti NEUROtechnology. Použitím náhodného generovania hlavných znakov bolo pre atopický ekzém namerané scóre zhody s originálnym odtlačkom prstov 54% a pre dishydrózu 52.16%. Najväčší vplyv na poškodenie kvality snímku mali veľké škvrny.

Generátor poškodenia odtlačkov prstov je v budúcnosti možné rozšíriť o ďalšie kožné ochorenia a ďalej ho rozvíjať a upravovať. Práca je schopná vytvoriť databázu odtlačkov prstov, ktoré trpia atopickým ekzémom či dishydrózou. Vytvorená databáza môže slúžiť ako základ vo výskumnej činnosti, ktorá sa zaoberá problémom rozpoznávania odtlačkov prstov, ktoré sú poškodené.

Literatúra

- [1] Štěpánka Barotová: *Detektor kožních onemocnění u technologie otisků prstů*. Bakalárska práca, Vysoké učenie technické v Brne, Fakulta informačných technológií, 2017.
URL <http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/BP.php?id=20057>
- [2] Benedetti, J.: *Structure and Function of the Skin*. [Online; navštívené 4.2.2019].
URL <https://www.merckmanuals.com/home/skin-disorders/biology-of-the-skin/structure-and-function-of-the-skin>
- [3] Biopedia.sk: *Krycia sústava*. [Online; navštívené 22.12.2018].
URL <https://biopedia.sk/clovek/krycia-sustava>
- [4] Cappeli, R.; Maio, D.; Maltoni, D.: *Synthetic fingerprint-database generation*. *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, ročník 16, 202: s. 744–747.
- [5] Cappelli, R.: *SFinGe: an Approach to Synthetic Fingerprint Generation*. International Workshop on Biometric Technologies, 2004, 147-154 s.
- [6] Chaloupka, R.: *Generátor otisků prstů*. Bakalárska práca, Vysoké učenie technické v Brne, Fakulta informačných technológií, 2007.
URL <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/14894>
- [7] DermacareDirect: *The skin structure and function*. [Online; navštívené 20.1.2019].
URL <https://www.dermacaredirect.co.uk/advice/the-skin-structure-function>
- [8] Dražanský, M.: *Biometrické systémy: študijná opora*. 2006, [Online; navštívené 22.1.2019].
URL https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/BIO/private/BIO_Studijni_opora.pdf
- [9] Dražanský, M.: *Biometric cryptography based on fingerprints: combination of biometrics and cryptography using information from fingerprints*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010, ISBN 978-3-8383-6361-5, 152 s.
- [10] Dražanský, M.: *Fingerprint recognition technology: related topics*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011, ISBN 978-3-844-33007-6, 172 s.
- [11] Dražanský, M.; Kanich, O.: *Influence of Skin Diseases on Fingerprints*. In *Biometrics under Biomedical Considerations*, Springer Nature Singapore, 2019, ISBN 978-981-1311-43-7, s. 1–39.

- [12] Dražanský, M.; Orság, F.: *Biometrie*. Brno: Computer Press, 2011, ISBN 978-80-254-8979-6, 294 s.
- [13] Dražanský, M.; Orság, F.; Březinová, E.: *Dermatologické faktory ovlivňující snímání otisků prstů*. 2010, [Online; navštívené 23.1.2019].
URL <http://www.mvcr.cz/mvcren/article/dermatologicke-faktory-ovlivnujici-snimani-otisku-prstu.aspx>
- [14] Dražanský, M.; Urbánek, J.; Doležel, M.; aj.: *Influence of Skin Diseases on Fingerprint Recognition*. New York: Hindawi Limited, 2012.
- [15] Frost, J.: *Normal Distribution in Statistics*. [Online; navštívené 8.1.2019].
URL <https://statisticsbyjim.com/basics/normal-distribution/>
- [16] Habif, T. P.: *Clinical dermatology: a colour guide to diagnosis and therapy*. Philadelphia: Mosby, Štvrté vydanie, 2004, ISBN 0-323-01319-8, 1004 s.
- [17] Hawthorne, M. R.: *Fingerprints: analysis and understanding*. Boca Raton: CRC Press, 2009, ISBN 978-1-4200-6864-1, 127 s.
- [18] Hong, L.; Wan, Y.; Jain, A.: *Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation*. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, ročník 20, 1998: s. 777–789.
- [19] Jain, A.; Flynn, P.; Ross, A. A.: *Handbook of Biometrics*. Springer US, 2008, ISBN 978-0-387-71040-2.
- [20] James, W. D.; Berger, T. G.; Elston, D. M.: *Andrew's Diseases of the Skin: Clinical Dermatology*. Elsevier Health Sciences, 11 vydanie, 2011, ISBN 978-1-4377-3619-9.
- [21] Kanich, O.: *Fingerprint damage simulation: a simulation of fingerprint distortion, damaged sensor, pressure and moisture*. Saarbrücken: Lambert academic publishing, 2014, ISBN 978-3-659-63942-5, 57 s.
- [22] Kizza; Migga, J.: *Biometrics*. In *Ethical and Social Issues in the Information Age*, Springer London, 2010, ISBN 978-1-849-96037-3, s. 277–289.
- [23] Maltoni, D.: *Handbook of fingerprint recognition*. New York: Springer Science, 2003, ISBN 0-387-95431-7, 348 s.
- [24] Musil, J.; Konrád, Z.; Suchánek, J.: *Kriminalistika*. C. H. Beck, druhé vydanie, 2004, ISBN 80-7179-878-9.
- [25] Protivinský, M.; Klvaňa, K.; Hlaváček, J.: *Základy kriminalistiky*. Praha: Armex, druhé vydanie, 2007, ISBN 978-80-86795-50-8, 159 s.
- [26] Rak, R.; Matyáš, V.; Ríha, Z.: *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008, ISBN 978-80-247-2365-5, 631 s.
- [27] Sciencing: *Classes of Fingerprints*. 2017, [Online; navštívené 23.1.2019].
URL <https://sciencing.com/classes-fingerprints-8698501.html>
- [28] TheQtCompany: *Qt 5.8*. [Online; navštívené 10.12.2018].
URL <https://doc.qt.io/archives/qt-5.8/qfiledialog.html#details>

- [29] Thomsen, S. F.: *Anguli: Synthetic Fingerprint Generator*. [Online; navštívené 1.2.2019].
URL <http://dsl.cds.iisc.ac.in/projects/Anguli/>
- [30] Thomsen, S. F.: *Atopic Dermatitis: Natural History, Diagnosis, and Treatment*. April 2014, [Online; navštívené 4.2.2019].
URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4004110/>
- [31] UniversityOfBologna: *Fingerprint Generation*. 2004, [Online; navštívené 22.12.2018].
URL <http://biolab.csr.unibo.it/research.asp?organize=Activities&select=&selObj=12&pathSubj=111%7C%7C12&>
- [32] Wolff, K.; Johnson, R. A.: *Fitzpatrick's color atlas and synopsis of clinical dermatology*. New York: McGraw-Hill Medical Publishing Division, piate vydanie, 2005, ISBN 0-07-144019-4, 1085 s.

Príloha A

Obsah priloženého DVD

Na priloženom pamäťovom médiu sa nachádza:

- Adresár `src` so zdrojovými súbormi vytvorenej aplikácie
- Adresár `image` s podadresármi `atopickyEkzem` a `dishydroza` s vygenerovanými poškodenými odtlačkami prstov
- Adresár `test` s podadresármi `atopickyEkzem` a `dishydroza` so snímkami, ktoré boli použité pri testovaní
- Adresár `doc` obsahujúci text tejto práce vo formáte PDF a v podadresári `tex` sa nachádzajú zdrojové texty pre vytvorenie písomnej práce v \LaTeX