

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

## GENEROVÁNÍ ONEMOCNĚNÍ KŮŽE DO SYNTETICKÝCH OTISKŮ PRSTŮ Z ANGULI

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MIROSLAVA MÍŠOVÁ

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

# GENEROVÁNÍ ONEMOCNĚNÍ KŮŽE DO SYNTETICKÝCH OTISKŮ PRSTŮ Z ANGULI

GENERATION OF SKIN DISEASES INTO THE SYNTHETIC FINGERPRINTS FROM ANGULI

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MIROSLAVA MÍŠOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

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

BRNO 2018

## Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá onemocněním kůže postihující bříška prstů a dlaně. Pro tuto práci jsou vybrány nemoci dyshidrotický a hyperkeratotický ekzém. Otisky s těmito nemocemi z databáze výzkumné skupiny STRaDe jsou analyzovány. Je navržen postup, jak generovat tyto nemoci do otisků prstů vytvořených pomocí generátoru syntetických otisků prstů Anguli. Tento postup je následně implementován a vyhodnocen otestováním pomocí algoritmů na porovnání otisků prstů.

## Abstract

This bachelor thesis deals with skin diseases affecting fingers and palms. For this thesis dyshidrotic eczema and hyperkeratosis has been chosen. Fingerprints with these diseases from database of research group STRaDe is analyzed. Procedure, how to generate this diseases into fingerprints with generator Anguli, is proposed. Procedure is implemented and evaluated by tests of algorithms for fingerprints comparison.

## Klíčová slova

Biometrie, otisky prstů, syntetické otisky prstů, kožní onemocnění, ekzém, dyshidrotický ekzém, hyperkeratotický ekzém, Anguli

## Keywords

Biometry, fingerprints, synthetic fingerprints, skin diseases, eczema, dyshidrotic eczema, hyperkeratotic eczema, Anguli

## Citace

Miroslava Míšová: Generování onemocnění kůže do syntetických otisků prstů z Anguli, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2018.

# Generování onemocnění kůže do syntetických otisků prstů z Anguli

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing., Dipl.-Ing. Martina Drahanského, Ph.D.

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

.....  
Miroslava Míšová  
16. 5. 2018

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing., Dipl.-Ing. Martinu Drahanskému, Ph.D., oponentu Ing. Ondru Kanichovi, dermatoložce MUDr. Evě Březinové, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat rodině, přátelům a svému příteli za morální podporu, díky které jsem tuto práci ve zdraví dokončila.

© Miroslava Míšová, 2018

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



# Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	3
2 Základní pojmy.....	4
2.1 Biometrie – historie a současnost.....	4
2.2 Otisky prstů.....	7
2.2.1 Daktyloskopické obrazce.....	7
2.2.2 Typy otisků prstů.....	8
2.3 Onemocnění kůže.....	10
2.3.1 Dyshidrotický ekzém.....	10
2.3.2 Hyperkeratotický ekzém.....	11
2.4 Generování otisků prstů.....	12
2.5 Anguli.....	12
2.5.1 Spuštění.....	13
2.5.2 Generování zdravého otisku prstu.....	14
2.5.3 Generování poškození.....	14
3 Analýza, návrhy a vývoj.....	16
3.1 Databáze otisků prstů STRaDe.....	16
3.2 Dyshidrotický ekzém.....	17
3.3 Hyperkeratotický ekzém.....	18
3.4 Vývoj programu.....	19
3.4.1 Verze 1.....	19
3.4.2 Verze 2.....	20
3.4.3 Verze 3.....	21
4 Implementace a výsledky.....	22
4.1 Nástroje.....	22
4.2 Argumenty, vstupy a výstupy.....	22
4.2.1 Vstupní soubor.....	23
4.2.2 Argumenty programu.....	23
4.2.3 Výstupní soubor.....	24
4.3 Použité postupy a algoritmy.....	24
4.3.1 Vzdálenosti.....	24
4.3.2 Ztmavení ploch.....	25
4.3.3 Výroba puchýře.....	26

4.4 Výsledky a verifikace.....	27
4.4.1 Verifikace.....	27
4.4.2 Dyshidrotický ekzém.....	28
4.4.3 Hyperkeratotický ekzém.....	30
5 Závěr.....	32
Literatura.....	33

# 1 Úvod

Každým rokem dochází ve výzkumu k množství objevů, které by mnoho lidí ještě před pár lety považovali za pouhý výplod fantazie. Pokud se podíváme na oblast rozpoznávání lidí, věda se posunula od snímání otisků prstů na daktyloskopické karty k využití různých senzorů, ať už formou přitisknutí prstu ke snímací ploše, nebo i samotnému nasnímání prstu kamerou. Mnohem častěji než dříve se můžeme setkat s přístroji, které jde odemknout pouhým dotykem, například přenosné počítače a mobilní telefony. Mezi další principy elektronické identifikace lidí můžeme uvést rozpoznávání tvaru obličeje, vzoru duhovky oka, tvar ucha a rtů, geometrie ruky nebo rozložení žil. Ovšem člověka jako takového lze charakterizovat i jeho gesty, řečí, chůzí nebo tzv. dynamikou podpisu.

Cílem těchto metod je jednoznačně identifikovat jedince. To však může být v mnoha případech složité, protože se člověk v průběhu času mění, stárne, což se může projevit na jeho chůzi, tvaru obličeje, gestech a dalších charakteristikách. V životě se může mnohokrát zranit (například se pořezat) nebo dostat nějakou kožní nemoc (například bradavice), pak jsou pozměněny i jeho otisky prstů. To vše může mít za následek, že přístroje a v nich naprogramované aplikace nedokáží úspěšně přiřadit dotyčnou osobu k její elektronické identitě.

V opačném případě se může stát, že jsou si někteří lidé podobní. Může jít o jednovaječná dvojčata, která mají přirozeně podobné rysy, nebo o zcela náhodné osoby, které mohou žít ve stejném státě a v životě se nepotkaly. Zde musejí být aplikace na identifikaci velmi pečlivé a neumožnit jim vydávat se za jinou osobu, než jsou ony samy.

Ve své práci jsem se zaměřila na kožní nemoci ovlivňující otisky prstů lidí, především na dyshidrotický ekzém a hyperkeratotický ekzém. To se nutně musí projevit i v generování syntetických otisků, tj. v otiscích vzniklých ve výpočetním zařízení, nikoliv v přírodě.

Druhá kapitola se zabývá vysvětlením základních pojmů a uvedením do tématu. Čtenář zde může objevit informace o biometrii, různých metodách identifikace, otiscích prstů, kožních nemocech a generátoru Anguli. V třetí kapitole se zabývám návrhem metody, jak do bezchybně vygenerovaného otisku prstu zakomponovat vybrané kožní nemoci. Ve čtvrté kapitole popisují její implementaci, popisují výsledky a věnují se testování získaných výsledků. V závěru se věnují k čemu jsme v průběhu práce došli a jak lze aplikaci dále rozvíjet.

## 2 Základní pojmy

Důležitým předpokladem dobrého porozumění následující práce je znalost základních informací souvisejících s problematikou. Jednotlivé pojmy procházím od nejobecnějších, jako je biometrie, až po ty konkrétní, například generátor Anguli.

### 2.1 Biometrie – historie a současnost

Výraz, jako takový, pochází z řečtiny a jedná se o spojení slov „bios“ (život) a „metron“ (měřítko). Používá se zejména v souvislosti s identifikací osob na základě měřitelných anatomických a behaviorálních případně chemických rysů. [1]

V historii často docházelo k omylům při vyšetřování nebo se dotyčný vydával za někoho jiného, a proto se začaly k seznamu zločinců přikládat i další informace upřesňující identifikaci dané osoby. Průkopníky se v této oblasti stali v 19. století Francis Galton a Alfons Bertillon, kteří zavedli sérii přesných měření různých lidských rozměrů, a byli zakladateli první vědecky podložené identifikační metody osob. Tento vědní obor se nazývá antropometrie a jeho principy se využívají dodnes například u rozpoznávání tváře nebo při porovnávání tvaru uší a dlaní. Bertillon zavedl také systém „portrait parlé“, díky kterému bylo možné osobu lépe technicky popsat slovně, a zabránilo se tak nejednoznačnému popisu lidských rysů. [1] [2]

Mezi další významné osobnosti patřil Jan Evangelista Purkyně, který se v jedné ze svých prací zabýval fyziologií prstů rukou a poprvé se mu podařilo popsat a rozlišit devět základních vzorů papilárních linií a klasifikovat je. Na jeho práci následně navázali William James Herschel a Henry Faulds, kteří nezávisle na sobě přišli na myšlenku, že papilární linie jsou po celý život neměnné. Oba se snažili prosadit nově vznikající obor daktyloskopie, Herschel v oblasti Indie, kde se mu tuto metodu podařilo prosadit při identifikaci penzionovaných indických vojáků a úředníků. Faulds jako první poukázal na skutečnost, že otisky prstů z místa trestního činu mohou pomoci při pátrání po totožnosti zločince. Francis Galton navázal na oba kriminalisty, vydal dílo „Fingerprints“ a podařilo se mu v Anglii prosadit zavedení identifikační metody založené na spojení antropometrie a daktyloskopie. [3]

Následně se daktyloskopie rozšířila i do jiných států a se stoupajícím množstvím záznamů otisků prstů byla manuální kartotéková evidence již neúnosná. Identifikační divize FBI se proto rozhodla přejít na počítačové zpracování otisků prstů a vznikl AFIS (Automated Fingerprint Identification System), od roku 1999 IAFIS (Integrated Automated Fingerprint Identification

System). K roku 2010 obsahoval tento systém přes 61 milionů souborů „desetic“ - otisků prstů složených ze všech otisků prstů rukou. [1] [3] [4]

Pojem biometrie s pohledu informatiky tedy znamená automatizované rozpoznávání lidských jedinců na základě jejich charakteristických anatomických (fyziologických) a behaviorálních rysů. Mezi anatomické rysy řadíme například otisk prstů, geometrii a termogram ruky, rozložení žil na zápěstí, dentální obraz, geometrii a termogram obličeje, duhovku a sítnici oka, tvar ucha a rtů, pach a DNA. Mezi behaviorální rysy řadíme informace, které charakterizují naše chování. Mezi takové patří hlas a s ním spojená řeč, gestikulace obličeje a pohyby rtů, dynamika pohybu myši, stisku kláves, podpisu a chůze. [1] [3]

Biometrie má dnes velké využití. Mnoho notebooků a mobilních telefonů využívá kromě klasického odemykání i možnost identifikace pomocí otisku prstu nebo rozpoznání obličeje. Při výrobě osobních dokladů jsou k informacím o majiteli přikládány i biometrické údaje. Banky využívají při podpisu smluv dynamiky podpisu a zavádějí hlasovou biometrii na klientských linkách a rozpoznání obličeje na výdejních automatech.

Když se společnost nebo firma rozhodne využít některý z biometrických systémů, měla by se rozhodovat především podle následujících kritérií: [1] [3]

- jedinečnost / unikátnost – Biometrická charakteristika by měla být dostatečně jedinečná, aby bylo možné odlišit jakékoliv dvě osoby.
- univerzalita – Každá osoba by měla mít tuto biometrickou vlastnost.
- neměnnost – Prvky, na kterých je založena daná biometrická identifikace, se nesmí v průběhu života u osoby měnit.
- měřitelnost / získatelnost – Vlastnost je kvantitativně měřitelná a je známa její teoretická i praktická chybovost.
- uchovatelnost – Charakteristiky musí být možné archivovat s přijatelnými náklady, aniž by došlo ke ztrátě jejich kvality.
- spolehlivost – Proces měření, zpracování, ukládání a vyhodnocování musí být dostatečně spolehlivý a zabezpečený, aby nemohlo dojít k jednoduchému vytváření falsifikátů. Daný proces musí být kdykoliv zopakovatelný se stejnými výsledky.
- přijatelnost / přívětivost – Veškeré měření a zpracovávání osobních charakteristik by mělo být přijatelné pro vysoké procento lidí. Nesmí nijak poškozovat lidský organismus ani nikoho

diskriminovat ani nijak urážet (např. nábožensky, společensky, eticky). Proces by měl být vhodný pro dané prostředí a neměl by nikoho rušit.

- cenová náročnost – Finanční náklady na pořízení, udržování a obsluhu musí být alespoň přijatelné, v lepším případě efektivní, pro nakupujícího i uživatele.

Dále bychom v rámci biometrie měli zmínit i další pojmy jako je identita, identifikace a verifikace. [1] [3]

Identitou rozumíme jednoznačnou charakteristiku každého z nás. Z pohledu informatiky rozlišujeme především identitu fyzickou a elektronickou, kde fyzická je naprosto jednoznačná (např. z pohledu DNA) a vlastní ji pouze jedna osoba, kdežto elektronickou může vlastnit i více osob (v případě sdílených účtů nebo nepovoleného falšování) a jedna osoba může vlastnit více elektronických identit (různé sociální účty, více bankovních účtů ...).

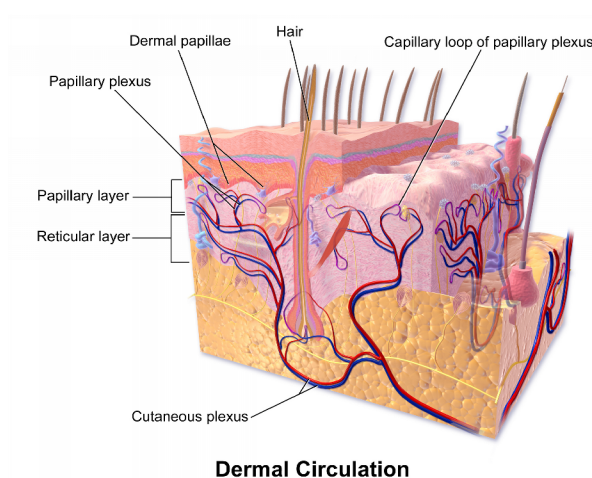
Identifikace je proces vyhodnocování, kdy se jednomu objektu snažíme přiřadit jeho identitu, kterou již máme uloženou v naší databázi, na základě shod a rozdílů všech vlastností. Identita se v čase nemění, její identifikační charakteristiky jsou vždy jednoznačné, avšak osoba je shodná sama se sebou pouze v jediném okamžiku. S postupem času se osoba mění, z pohledu biometrie především fyzickými charakteristikami, kdy dochází k procesu stárnutí, nemocem apod.

Pokud osoba sdělí systému na začátku svoji elektronickou identitu, přistupuje se k takzvané verifikaci, kdy je v databázi uživatelův záznam vyhledán (pokud není nalezen, je uživatel zamítnut) a dochází k ověření fyzické identity s uloženými daty majitele.

## 2.2 Otisky prstů

### 2.2.1 Daktyloskopické obrazce

Na povrchu dlaní a chodidel se nacházejí papilární linie, výstupky kůže. Ty se začínají tvořit již ve čtvrtém měsíci embryonálního vývoje dítěte a objevují se i u některých druhů lidoopů. [5] Jejich funkcí je zlepšovat hmatové a úchopové vlastnosti končetin. Na dlaních tvoří souvislé výstupky pokožky dosahující výšky 0,1-0,4 mm a šířky 0,2-0,7 mm. Společně tvoří tzv. daktyloskopické obrazce. [3]



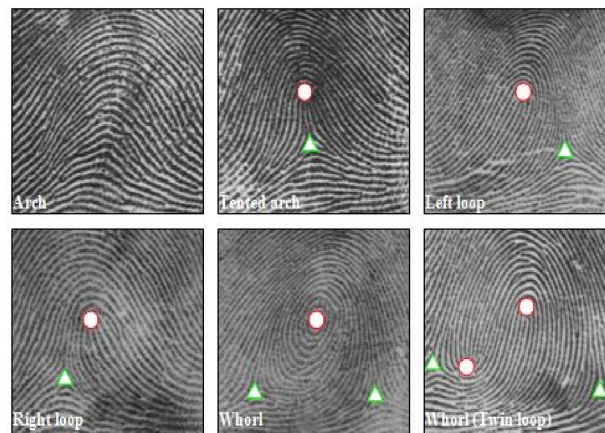
Obrázek 2.1: Průřez kůže. [6]

Z povrchu kůže se v průběhu života uvolňují šupinky svrchní části pokožky, buňky jsou následně nahrazovány novými, avšak papilární linie se nemění. Papilární linie jsou relativně neodstranitelné, pokud není poškozena zárodečná vrstva kůže. Dojde-li k poškození pouze vrchní vrstvy kůže (pokožky), nelze daktyloskopický obrazec přečíst jen dočasně, dokud se kůže opět nezahojí. Za zmínku stojí práce prof. Locarda a Witkovského, kteří na sobě prováděli experimenty s vařící vodou, rozpáleným olejem a rozžhaveným železem. [1] [3]

Další a nejdůležitější vlastností daktyloskopických obrazců je jejich jedinečnost. Pokud bychom počítali s existencí pouhých 20 charakteristických znaků, můžeme výpočtem dojít až k 64 miliardám různých obrazců. [3] Lze předpokládat, že na světě nechodí dva lidé, kteří by měli stejné papilární linie. Proto se metoda snímání otisků prstu jeví jako dostatečně účinná z pohledu unikátnosti.

## 2.2.2 Typy otisků prstů

Již z počátku archivace otisků prstů vyvstal problém, jak jednotlivé obrazce třídit. To vedlo k vytvoření několika klasifikačních systémů. Dnes nejčastěji používáme rozdělení do následujících tříd: oblouk (arch), klenutý oblouk (tented arch), levá smyčka (left loop), pravá smyčka (right loop), spirála/závit/vír (whorl), dvojitá smyčka (twin loop). Ve stejném pořadí je můžete vidět na obrázku 2.2. Již zmiňovaný systém AFIS používá rozdělení pouze do 3 základních tříd: oblouk, smyčka, vír. [1]

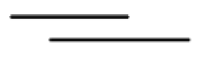
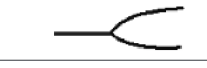

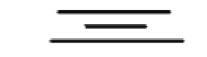

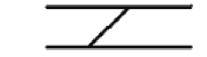
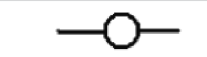
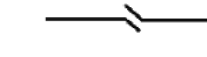


Obrázek 2.2: Rozdělení otisků prstů do tříd. [7]

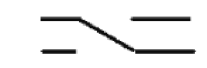
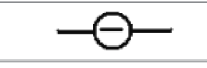
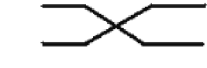
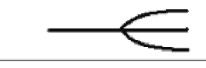
V otiscích prstů, se nacházejí specifické body, které nazýváme vrchol (jádro) a delta. Vrchol je na obrázku 2.2 vyjádřen jako kolečko a jedná se o pomyslný vrchol souřadného kartografického systému, pokud bychom se na otisk dívali jako na mapu s vrstevnicemi. Nachází se v nejspodnějším vyklenutí papilárních linií. Delta je bod, kde se setkávají papilární linie ze tří různých směrů. Na obrázku je můžete najít pod symbolem trojúhelníku.

Dále otisky rozlišujeme podle tzv. markantů, což jsou specifické útvary tvořené jednotlivými papilárními liniemi. Jedná se například o spojení papilárních linií do vidlice, nebo papilární linií spojující se do očka nebo ostrůvku. Na obrázcích 2.3 a 2.4 můžete vidět, jaké základní daktyloskopické markanty jsou rozlišovány na území ČR. [3]



Vzhled markantu	Název popis	Identifikační hod.	Popis
	začátek (konec)	1,0	Papilární linie má tvar polopřímky.
	dvojitá vidlice	1,3	PL se rozděluje ve dvě, které jsou delší jak 3mm.
	tečka	1,7	Samostatně stojící papilární linie ve tvaru tečky.
	krátká linie	2,0	Papilární linie ve tvaru úsečky leží uprostřed dvou rovnoběžných přímk p. linií.
	háček	2,1	Papilární linie se rozděluje, jedna není delší než 3mm.
	můstek	2,3	Dvě papilární linie jsou spojeny další, ne delší než 3mm.
	očko	2,4	PL se spojují do kruhu ne větším jak 3mm.
	posunutí	2,4	Jedna PL je přerušena a oba konce jsou vyhnuty směrem ven.

Obrázek 2.3: Daktyloskopické markanty užívané v ČR, část 1. [8]

	zdvojení	2,6	K zdvojení dochází u dvou paralelních PL. Jedna protilehlá dvojice je přerušena, u druhé dochází k propojení protilehlých PL.
	ostrůvek s čárkou	2,8	PL není delší jak 6mm a je uzavřená do kruhového prostoru.
	křížení	3,1	Dvě papilární linie se kříží.
	trojitá vidlice	3,7	Stejně jako dvojitá vidlice jen se PL rozděluje na tři.

Obrázek 2.4: Daktyloskopické markanty užívané v ČR, část 2. [8]

## 2.3 Onemocnění kůže

Onemocnění kůže mají významný vliv na identifikaci a verifikaci jednotlivce pomocí otisku prstu. Výrazně ale záleží na tom, o jakou nemoc se jedná.

Pokud nemoc nenapadá papilární linie, ale například snižuje prokrvenost končetin, případně mění barvu prstů, nemá daná nemoc vliv na sejmутý otisk. Měli bychom ale pomyslet na některé druhy senzorů, které mimo samotný sběr daktyloskopického obrazu kontrolují tzv. životnost prstu. Příkladem může být akrocyanóza, což je nebolestivá symetrická cyanóza, která způsobuje modrofialové zbarvení končetin. Prsty a ruce jsou trvale chladné a výrazně se potí. Nevznikají vředy ani další postižení kůže. [10]

Další skupina nemocí však daktyloskopický obraz mění. Projevují se různými výstupky kůže, slupováním vrstev pokožky nebo dokonce ztrátou části tkání. Úspěšnost verifikace bude závislá na faktoru, jak příliš je snímaná pokožka pozměněna (poškozena případně zdeformována). Pokud je nemoc relativně neměnná a otisk prstu lze sejmout, je na místě databázi, ve které může být otisk ještě zdravého prstu, aktualizovat. Totéž platí pro nemoci, které po úspěšném vyléčení mohou zanechávat jizvy. V jiném případě by algoritmy zpracovávající otisky měly alespoň označit oblast totožnou s porovnávaným otiskem (u verifikace). Pokud to není možné, je nutné použít ke snímání jiný anatomický rys osoby.

Jediná známá databáze zaměřující se na vliv kožního onemocnění na otisky prstů vznikla na Fakultě informačních technologií Vysokého učení technického v Brně. Zachycuje otisky 44 pacientů s 12 různými kožními nemocemi. [9] Pro svou práci jsem si vybrala 2 nemoci, konkrétně dyshidrotický ekzém a hyperkeratotický ekzém.

Ekzém rukou je nejčastější neinfekční zánětlivé kožní onemocnění v oblasti rukou. Může mít různou příčinu, klinický vzhled a průběh. Hlavním rizikovým faktorem pro vznik tohoto onemocnění je genetická predispozice. Je také nejčastějším kožním onemocněním vzniklým v souvislosti s výkonem povolání, například při opakovaném vystavení iritačním látkám, alergenům či vlhkému prostředí. [11]

### 2.3.1 Dyshidrotický ekzém

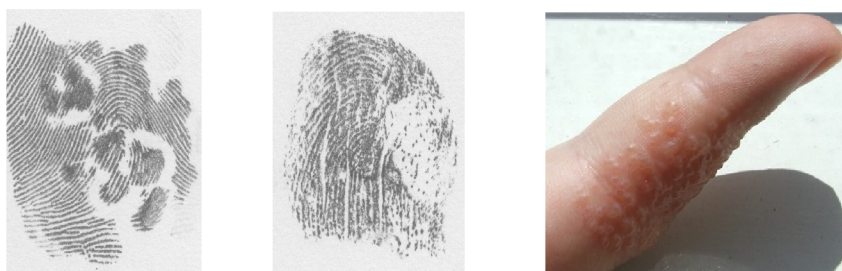
Dyshidrotický ekzém (*dyshidrotic eczema*) se projevuje tvorbou nezáneřtlivých drobných vezikul (puchýřků vyplněných čirou tekutinou) v dlaních a prstech. Při chronickém průběhu postupně dochází k odlupování horní vrstvy pokožky. Mezi možné příčiny patří autoimunitní reakce při mykotické či mikrobiální infekci nohou, kontaktní alergie, atopie či vegetativní dystonie. [11]

Otisk prstu obecně obsahuje bílé oblasti v místech vezikul, které mohou být navíc vyplněny stopami papilárních linií. Velikost a množství těchto puchýřků významně ovlivňuje úspěšnost případné verifikace s otiskem prstu před onemocněním. Otisky prstů bych proto rozdělila do dvou skupin, v závislosti na velikosti vezikul.

U menších puchýřků se na otiscích objevují malé bílé skvrny, kterých často bývá větší množství. Okolo jednotlivých skvrn obvykle vidíme náznaky papilárních linií. Ve středu těchto skvrnek ovšem k těmto objevům nedochází.

Druhou skupinou jsou vezikuly větší velikosti. Těch na otisku většinou bývá menší množství, ale jsou výjimečné právě oblastí papilárních linií. Ty jsou širší, vytvářejí celistvé tmavé oblasti, ve kterých ovšem v některých případech mohou být rozpoznány jednotlivé papilární linie. Dle mého názoru je to způsobeno tím, že kůže je tekutinou v puchýřku deformována roztahováním. Otázkou však zůstává, jak by takový otisk vypadal v závislosti na hloubce výskytu vezikul.

Nerozpoznatelná oblast otisku prstu tedy závisí více na množství puchýřků, než na jejich velikosti.



Obrázek 2.5: Dyshidrotický ekzém. – zdroj: databáze, [12]

### 2.3.2 Hyperkeratotický ekzém

Hyperkeratotický ekzém (*hyperkeratosis*) se projevuje nadměrným rohovatěním kůže někdy s přítomností ragád (štěrbínové poškození kůže, trhliny) na dlaních s možným rozšířením do oblasti prstů. Běžně se vyskytuje na místech, kde je pokožka nadměrně namáhána. Je způsoben ukládáním keratinu v povrchové vrstvě pokožky. Tato nemoc je často dědičná. Pokožka je obvykle velmi vysušená, papilární linie nižší a zbroušené. [13]

Otisky prstů jsou obvykle rozpoznatelné, v některých případech se papilární linie zdají zhuštěné, zřejmě kvůli zbroušení. Otisk ovšem často obsahuje oblasti, které nelze vůbec použít k identifikaci. V otiscích z databáze zabírá tato oblast kolem třetiny povrchu otisku, a jde o případy, kdy pokožka popraskala.



Obrázek 2.6: Hyperkeratotický ekzém. – zdroj: databáze

## 2.4 Generování otisků prstů

V současné době existuje spousta algoritmů na rozpoznávání otisků prstů, avšak jejich úspěšnost výrazně závisí na kvalitě otisku. Pokud jsou otisky bez nejmenšího kazu, obvykle by měly algoritmy bez problému rozpoznat identitu jedince. Pak jsou tu ovšem případy, kdy otisk prstu je ovlivněn trhlinami, způsobenými například pořezáním, nebo kožními nemocemi. V těchto případech je nutné stávající postupy rozpoznávání přizpůsobit. Firmy investují nemalé peníze do zlepšování svých senzorů pro snímání otisků a do vývoje algoritmů.

K tomuto vývoji je ovšem důležité mít k dispozici dostatečně velkou databázi, čti minimálně tisíce desetic otisků prstů, aby bylo možné nové postupy validovat. V tomto momentě však nastává výrazný problém. Získat databázi otisků od lidí trpících některou z vzácných kožních nemocí, je velmi pracná záležitost. Nejprve je nutné dotyčné osoby najít, což obvykle zabere mnoho času vzhledem k nutnému rozsahu databáze, a přesvědčit je, aby poskytly část své identity pro výzkum. Lidé jsou však obvykle dosti stydliví a v případech, kdy trpí nějakou nemocí, jsou ještě více uzavření. Z tohoto důvodu bývá otisků prstů v databázi málo a je nutné hledat jinou cestu, jak jich získat více.

Jednou z nich je vytvoření databáze ze syntetických otisků prstů na základě reálných, nemocemi pozměněných otisků. Jedná se o vygenerované obrázky otisků prstů. Ty mohou být firmám poskytnuty, jelikož se nejedná o elektronickou identitu žádné skutečné osoby. Možná podobnost s osobou mající danou nemoc je velice malá, takřka nulová.

## 2.5 Anguli

Ve své práci využívám generátoru Anguli. Jedná se o generátor syntetických otisků prstů vytvořený v programovacím jazyce C++ s využitím knihoven OpenCV, MinGw a Qt, a jedná se o práci Laboratoře databázových systémů v Indian Institute of Science pod vedením Jayant Haritsa. Použité algoritmy jsou založené na zveřejněných postupech generátoru SFinGe. [14]

Abychom získali otisk prstu, musí generátor projít několika kroky k jeho vzniku. Nejprve vytvoří specifické body, kterými jsou jádra a delty. Ty tvoří opěrné body pro generování vektorového pole (directional map), které nese informaci o směru budoucích papilárních linií. Následuje vykreslení mapy hustoty (density map) založené na reálných otiscích pomocí několika heuristických kritérií. Složením jednotlivých částí (jednotlivá pole) se vygeneruje čistý nepoškozený otisk prstu.

Tento otisk můžeme jakkoliv modifikovat. V našem případě ho budeme přetvářet do podoby, která připomíná poškození kožní nemocí. Jakmile bude poškození hotové, necháme Anguli přidat do otisku vady způsobené nedokonalým snímáním, jako je například nestejněměrný přítlak, znečištěný snímač, dále také rozmístění potních žláz a různých nerovností kůže.

Měli bychom mít ale na paměti, že vkládaný obrázek musí splňovat některé vlastnosti, jinak ho generátor nepřijme a my budeme nemile překvapeni, když program Anguli padne. Nejdůležitějšími vlastnostmi jsou zachování velikost obrázku a bílý rámeček okolo otisku. Dalším problémem může být nesprávný název souborů. Anguli očekává vstup s názvem skládajícím se z (kladného celého) čísla a koncovky JPG. Pokud bychom to nesplnili, program sice nepadne, ale označí složku se vstupy za prázdnou, ačkoliv není.

Ne všem by mohlo stačit Anguli používat, ale rádi by si přečetli zdrojové kódy generátoru. Sama jsem mezi ně patřila a proto bych ostatní, kdo čtou tuto práci, chtěla upozornit, že zdrojový text příliš nespěňuje zásady psaní hezkého (čistého) kódu. Pokoušela jsem se najít oficiální dokumentaci, avšak neúspěšně.

## 2.5.1 Spuštění

Dle oficiálních stránek lze ke spuštění aplikace dojít několika cestami. První možností, kterou nám autoři generátoru nabízejí, je stažení již zkompileované verze programu pro váš operační systém. Předem je nutné zkontrolovat, zda máte všechny potřebné prerekvizity, a následně můžete spustit program. Pro Linux je zapotřebí mít připravený překladač g++, knihovnu OpenCV a vývojové



Obrázek 2.7: Otevírací okno po spuštění.



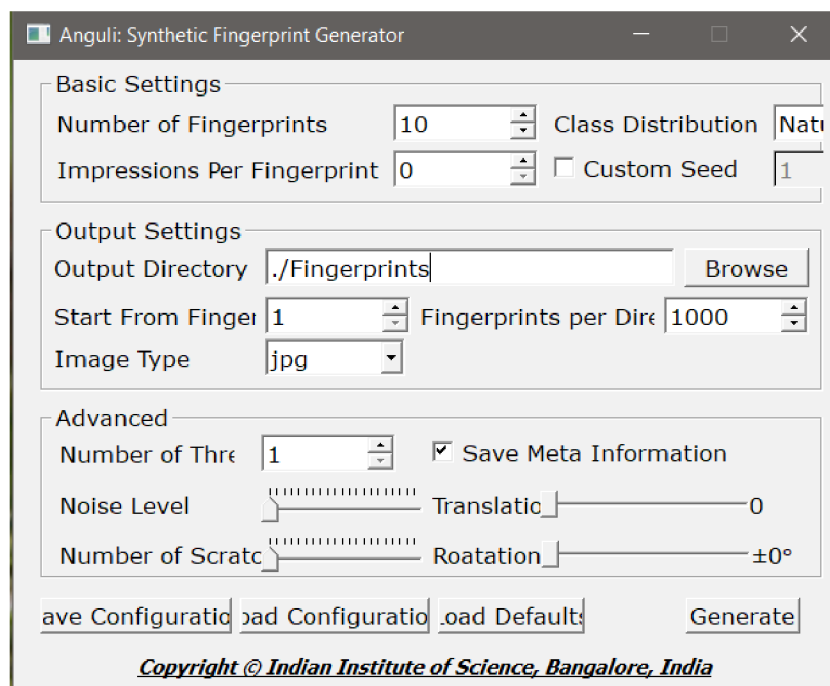
Obrázek 2.8: Úvodní menu

prostředí Qt framework. V prostředí operačního systému Windows je to poněkud jednodušší, postačí vlastnit funkční knihovnu MinGW, případně MSVC a .Net Framework. Druhou možností je, stáhnout si zdrojový kód Anguli a pokusit se jej přeložit.

Po úspěšném spuštění aplikace se objeví uvítací okno, které můžete vidět na obrázku 2.7, a jakmile bude program kompletně načten, nahradí ho úvodní menu. Zde si můžete vybrat, zda chcete generovat otisky prstů, zdravé nebo s poškozením, nebo jen generovat poškození.

## 2.5.2 Generování zdravého otisku prstu

Tato sekce Anguli je schopná vygenerovat otisk zdravého jedince ale i otisk poškozený pořezáním nebo špatným sejmutím. Pro tuto práci je zapotřebí nechat generovat nepoškozené, nedeformované otisky prstů, které budou následně v rámci této práce upraveny. Z tohoto důvodu jsem nastavila Impression Per Fingerprint a všechny položky v Advanced na minimální (nulovou) hodnotu.

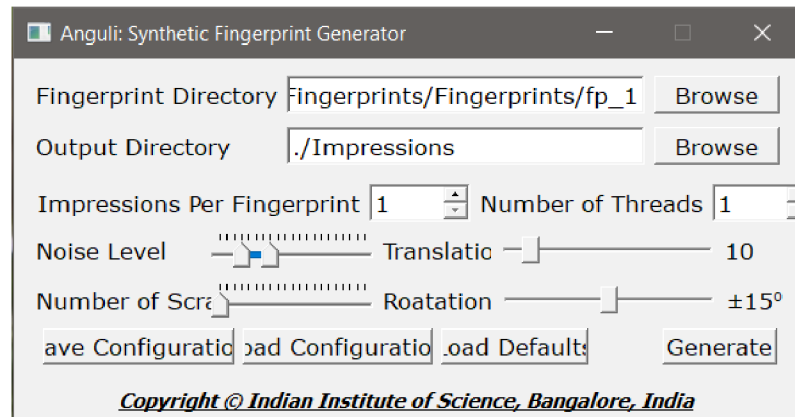


Obrázek 2.9: Generování otisku.

Výsledné obrázky můžete nalézt v podsložce fp\_NUMBER zadané výstupní složky.

### 2.5.3 Generování poškození

Tato část je určena pro generování mechanického poškození do nepoškozeného otisku prstu vygenerovaného pomocí předešlé sekce Anguli. My ovšem toho můžeme využít, upravit obrázky a vložit syntetické otisky poškozené kožní nemocí. Pro jistotu upozorním, že se očekávají obrázky stejného formátu, jaký získáte z předešlé sekce, proto je vhodné především zkontrolovat název souboru, výšku a šířku.



Obrázek 2.10: Generování poškození.

## 3 Analýza, návrhy a vývoj

Tato kapitola se věnuje analýze otisků prstů získaných od reálných lidí postižených kožní nemocí. Jsou zde hledány hlavní rysy vybraných nemocí a jsou vytvořeny návrhy, jakým způsobem byly tyto rysy implementovány. Ty byly použity v různých verzích mého programu, které bych také ráda zmínila.

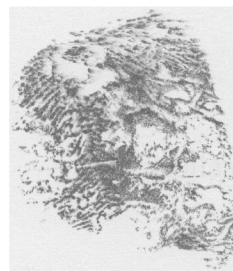
### 3.1 Databáze otisků prstů STRaDe

Jedná se o jedinou známou databázi otisků prstů zaměřující se na poškozené otisky. Vznikla v rámci dlouhodobé práce výzkumné skupiny STRaDe na škole Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s dermatology z České republiky a Německa. Obsahuje řádově tisíce otisků prstů od pacientů ve věku 19 až 84 let a obě pohlaví jsou zde zastoupena stejnou měrou.

Na počátku práce jsem dostala k dispozici menší podmnožinu této databáze, která čítala 1064 snímků pořízených za pomoci různých metod a senzorů. Většina otisků prstů pocházela z daktyloskopických karet, kde se jednalo o prostý otisk prstu pořízený zřejmě inkoustovou metodou. Zbylá část byla pořízena senzory Dinolite Pro, TBS 3D Enroll, Sagem MSO 300, UPEK Eikon II a UPEK EikonTouch 500. Nejčastější nemocí byl atopický ekzém (na obrázku 3.1) s 521 snímkem a lupénka (na obrázku 3.2) s 157 snímkem. Dále následoval dyshidrotický a hyperkeratotický ekzém, bradavice, zdravé otisky a neznámé onemocnění, sklerodermie, akrodermatitida a další.



Obrázek 3.1: Atopický ekzém.



Obrázek 3.2: Lupénka.

Zaměřila jsem se na snímky s ekzematickým kožním onemocněním spadajícím do skupiny dyshidrotického a hyperkeratotického ekzému. Dyshidróza zde byla zastoupena 116 fotografiemi, což odpovídá přibližně 10,9 % databáze, od 4 různých pacientů. Hyperkeratotický ekzém na tom byl



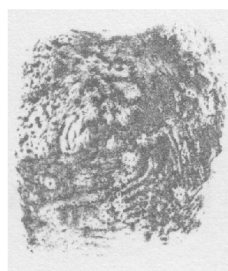
poněkud hůře, jelikož zde bylo jen 58 fotografií, což odpovídalo přibližně 5,5 % databáze, a jednalo se o 2 pacienty.

## 3.2 Dyshidrotický ekzém

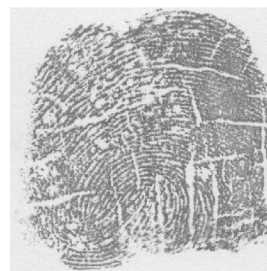
Ačkoliv snímků s tímto kožním onemocněním není v databázi mnoho, poměrně výrazně se od sebe liší. V kapitole 2.3.1 jsem se zjednodušeně snažila vysvětlit, jak tento ekzém vzniká a jak vypadá. Nyní bych ráda rozšířila tento popis vzhledu především z pohledu, jak bych ho ráda následně generovala do syntetických otisků.



*Obrázek 3.3: Malé vezikuly tvořící celistvou plochu.*



*Obrázek 3.4: Malé vezikuly rozmístěné po celém otisku.*



*Obrázek 3.5: Popraskání velmi připomínající atopický ekzém.*

První skupina otisků se vyznačuje malými bílými skvrnami. Tyto skvrny se mohou vyskytovat v menším množství po celém povrchu otisku, přičemž otisk bývá obvykle relativně dobře čitelný, někdy však bývá doprovázen zhuštěním papilárních čar až do jednolité tmavé skvrny (To můžeme vidět na obrázku 3.4). V jiných případech se skvrnky seskupují do větších ploch a otisk v těchto místech je zcela nerozpoznatelný, avšak na ostatních místech čitelný.

Papilární linie této skupiny otisků bývají často přerušeny a v obrazcích připomínají pořežání. Jedná se o popraskání kůže, které vzniklo vlivem častého natahování při vytváření vezikul. Ve své práci jsem jich do otisku nevrátila mnoho, protože výsledný otisk pak velmi připomínal atopický ekzém, nikoliv však dyshidrotický.

Jednotlivé skvrny jsem vytvářela jako drobné elipsy nebo kruhy, které byly obvykle zcela bílé. Jen pár skvrnám jsem ponechala pozůstatky otisků, které jsem ovšem deformovala.



*Obrázek 3.6:  
Skupina větších  
puchýřů.*



*Obrázek 3.7: Větší  
puchýře s výraznou  
okrajovou částí.*



*Obrázek 3.8: Větší  
puchýře téměř bez  
okrajů.*

Druhá skupina otisků obsahovala velké, výrazné vezikuly. Na jejich povrchu zůstávaly papilární linie, které přibližně v polovině případů byly navzájem rozpoznatelné. V ostatních případech splynuly do sebe a vytvářely tak tmavé skvrny. Okolo těchto vezikul se nacházel poměrně velký bílý okraj, ten však nebyl stejně široký ve všech směrech. To jsem ve své práci řešila různými metodami. Původně jsem okraj měla stejný, ale kvůli nerealističnosti jsem se rozhodla využít různé rotace elips a případného posunu výřezu otisku vůči bílému podkladu.

Některé puchýře kolem sebe nemají žádný okraj a papilární linie jsou na nich zhuštěné. Dle mého názoru to mohou být staré vezikuly, které již obsahují jen malé množství tekutiny, nebo v nich již žádná tekutina obsažena není a kůže v daném místě ztvrdla. Též se může jednat o puchýř nacházející se pod větší vrstvou kůže, která proto není schopna se napnout do takové míry, aby vytvořila výrazně vypouklý puchýř a tím i bílý okraj okolo.

### **3.3 Hyperkeratotický ekzém**

Poškození otisku prstu se dle mého názoru vyskytuje především v okrajových částech a svým vzhledem, na otiscích získaných z daktyloskopických karet, připomíná drobné bílé kruhy, tak jak tomu bylo u dyshidrotického ekzému. Zřídka kdy se bílé skvrny objevují i ve středu otisku, avšak i nadále jsou propojeny se skupinkou skvrnek při okrajích.

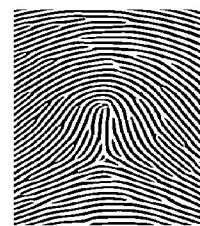
Dle mého názoru je charakteristickým znakem této nemoci právě tato bílá oblast doplněná drobnými pozůstatky otisku prstu. Ve své práci jsem se rozhodla generovat tuto oblast jako velké množství drobných bílých kruhů, které by se nepřekrývaly, avšak byly by od sebe vzdálené maximálně na vzdálenost dvojnásobku poloměru a okraje kruhu. Na některých otiscích je možno vidět oblasti přitlaku, kde se jednotlivé papilární linie dotýkají.



*Obrázek 3.9:  
Světlejší oblast při  
okraji.*



*Obrázek 3.10: Bílé  
kroužky objevující se  
i ve středu otisku.*



*Obrázek 3.11:  
Pokusný otisk.*

## 3.4 Vývoj programu

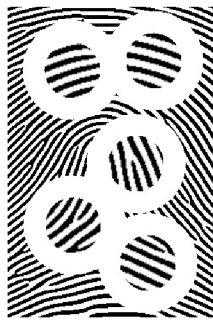
Na počátku byla sada otisků prstů zdravých jedinců. Tuto sadu jsem si vytvořila pomocí generátoru Anguli a rozhodla se ji využít pro moje pokusy. Příkladem může být otisk na obrázku 3.11. Pomocí něj bych vám ráda demonstrovala různá stádia mého programu a poukázala na to, které části jsem v daný moment považovala za klíčové. Tyto stádia jsem seskupila do několika málo verzí.

### 3.4.1 Verze 1

Nejprve jsem se učila základy práce s knihovnou OpenCV, kterou jsem se rozhodla v této práci využít. Zjistila jsem, jakým způsobem knihovna pracuje s pamětí a jakým způsobem bych mohla dělat výřezy.

V mém případě jsem využila vytvoření černého obdélníku, do kterého jsem kreslila bílý kruh, který měl představovat puchýř. Tento obrázek jsem následně mohla využít jako masku pro kruhový výřez části obrázku. Následně jsem výřez zvětšila, a tím i rovnoměrně roztáhla pomyslnou kůži. Výřez jsem opět ořízla na původní velikost, do původního obrázku nakreslila bílý kruh a do něj posadila můj výřez. Tím byl můj první puchýř hotov.

Mým dalším cílem bylo generovat více těchto puchýřů a to náhodně, avšak nesměly se překrývat. Při každém vygenerování náhodného bodu v obrázku jsem překontrolovala pozice předešlých bodů, které jsem si ukládala do pomocného vektoru. Pokud se nacházel blíže než dvojnásobek poloměru kružnice, generovala jsem bod znovu. Pro puchýře, které měly být blízko sebe, jsem dotaz na kontrolu vzdálenosti jen upravila.



Obrázek 3.12:

Verze 1

dyshidróza.



Obrázek 3.13:

Verze 1

hyperkeratóza.

### 3.4.2 Verze 2

V rámci druhé etapy jsem se zaměřila na zesílení papilárních čar ve vymezené oblasti. Prostudovala jsem si různé postupy, které využívali ostatní, avšak ve většině situací pracovali již od počátku s vektorovým vyjádřením čar.

Rozhodla jsem se vymyslet si vlastní způsob ztmavení plochy a první mi na mysl přišel celulární automat typu *Game of Life*. Sečtu počet černých bodů v poli o rozměru 3x3, tuto hodnotu pak mohu využít pro rozhodnutí, zda označit tento bod za černý. Po pár pokusech mi jako nejideálnější hodnota vyšlo číslo 3, jelikož tím docílím zesílení naprosto rovné čáry. Menší hraniční hodnota způsobovala výrazné zesílení, přičemž se jednotlivé papilární linie ihned spojovaly. Toto ztmavení jsem omezila na plochy tvaru kruhu a to uvnitř a vně.

Dále jsem chtěla přidat do obrázku čáry. Započala jsem rovnými úsečkami, které nesměly protínat žádný z již vygenerovaných puchýřů. Vygenerovala jsem si tedy 2 body a porovnávala vzdálenost přímky dané těmito body a jednotlivě všech středů puchýřů.



Obrázek 3.14:

Verze 2

dyshidróza.



Obrázek 3.15:

Verze 2

dyshidróza.



Obrázek 3.16:

Verze 2

hyperkeratóza.

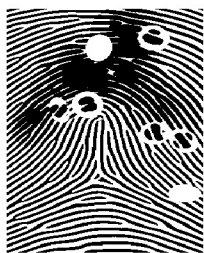
Některé kruhy u hyperkeratotického ekzému bylo nutné ponechat bílé, aby oblast poškození nebyla příliš tmavá a byla více realistická.

### 3.4.3 Verze 3

Nová verze měla využít objektů, které jsem vytvořila v předešlých verzích a pozměnit je, aby se co nejvíce podobala možným otiskům reálných pacientů.

Jako hlavní jsem považovala změnu kruhů na cokoliv méně pravidelného. Nejvhodnější mi přišlo využití náhodnosti při tvoření elips a jejich rotací. Délku hlavní poloosy jsem ponechala na velikosti poloměru původního kruhu, avšak vedlejší poloose jsem určila rozsah, v rámci kterého se může jakkoliv zúžovat či rozšiřovat.

Totéž jsem provedla u oblastí zesílení, kde jsem umožnila, aby se přítlaky mohly navzájem prolínat. To vyústilo v zajímavý efekt, kdy vznikají zcela nepravidelné tmavé obrazce o různých stupních zesílení.



Obrázek 3.17:  
Verze 3 Otisk bez  
přidaného šumu.



Obrázek 3.18:  
Verze 3 Otisk se  
šumem.

## 4 Implementace a výsledky

V této kapitole budou představeny nástroje, které byly použity v rámci této práce. Dále zde budou popsány funkce, které byly vytvořeny pro účely generování poškození do otisků prstů. Na závěr této kapitoly budou uvedeny výsledky, kterých bylo dosaženo za použití těchto nástrojů a funkcí.

### 4.1 Nástroje

Podstatnou roli v tomto projektu hraje knihovna OpenCV (Open Source Computer Vision Library). Je to svobodná knihovna, určená pro manipulaci s obrazem. Zaměřuje se především na efektivitu výpočtů a často se využívá pro zpracování obrazu v reálném čase. Napsána je v jazyce C/C++ a lze ji použít při programování v jazycích C++, Python a Java, a to v operačních systémech Windows, Linux, Mac OS, iOS a Android. Je publikována pod BSD licencí, což umožňuje akademické i komerční využití včetně modifikace zdrojového kódu.

Skládá se z více než 2500 optimalizovaných algoritmů, mezi kterými můžete najít algoritmy klasické i algoritmy strojového učení. Mezi nejčastější využití knihovny se řadí detekce a rozpoznávání obličeje, sledování očních pohybů, identifikace a extrahování 3D modelů z videí. Má širokou uživatelskou komunitu čítající více než 47 tisíc lidí a počet stažených archivů z oficiálních stránek s touto knihovnou přesáhl 17 milionů. [15]

Ve své práci jsem se rozhodla využít této knihovny proto, že často je často používaná, má kvalitní dokumentaci, mnoho návodů ať už oficiálních nebo i uživatelských. Konkrétně bylo použito verze 3.2.0 a program byl vyvíjen v programovacím jazyce C++, na počítači s operačním systémem Ubuntu 16.04.

### 4.2 Argumenty, vstupy a výstupy

Pro správný chod většiny programů je nutné vědět, co mají za úkol a co k tomu mohou využít. Tato konzolová aplikace není výjimkou, a proto, pokud uživatel očekává nějaké výsledky, je nutné nastavit správně argumenty a mít předem nachystané vstupní soubory.

## 4.2.1 Vstupní soubor

Očekávaným vstupním souborem je bitmapový obrázek nepoškozeného otisku prstu vygenerovaný pomocí aplikace Anguli. Jak jej získat bylo popsáno v kapitole 2.5 a zde jen zmíním, jaké jsou jeho charakteristické vlastnosti.

Otisk prstu je uložen v odstínech šedi, ačkoliv by se mohlo na první pohled zdát, že je pouze černobílý. Jeho specifické body (jádra a delty) jsou umístěny přibližně ve středu obrázku tak, jak by tomu bylo u ideálního daktyloskopického otisku prstu. Kolem obrázku se nachází bílý rámeček o šířce 15 px. Celý obrázek otisku prstu včetně rámečku má rozměry 400 px na výšku a 275 px na šířku. Název souboru je složen pouze z celého kladného čísla a koncovky typu JPEG.



Obrázek 4.1: Příklad vstupního souboru.

Tento program dokáže pracovat i s obrázky o jiných vlastnostech, například jiný název, chybějící rámeček, jiné rozměry otisku, avšak neprovádí změny, které by zapříčinily, že výsledek od neplatného vstupu bude schopnen přečíst pomocí generátoru Anguli bez případných změn.

## 4.2.2 Argumenty programu

Při spuštění programu lze, a je to také doporučeno, nastavit parametry programu. Pokud by se tak nestalo, program by nevěděl, s jakým souborem a jak má pracovat.

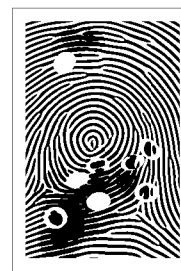
Jsou podporovány tyto parametry:

- `-h` Vytiskne nápovědu.
- `-input PATH` Nastaví cestu k vstupnímu souboru.
- `-output PATH` Nastaví cestu k výstupnímu souboru.
- `-dyshidro` Na otisk bude generován dyshidrotický ekzém.
- `-hyper` Na otisk bude generován hyperkeratotický ekzém.
- `-me NUMBER` Na otisk bude generováno maximálně tolik ekzemů (včetně přitlaků), kolik určuje číslo NUMBER.

Povinné parametry jsou určení dyshidrotického nebo hyperkeratotického ekzému a cesta ke vstupnímu souboru. Ostatní parametry mají své defaultní hodnoty a není nutné je nastavovat.

### 4.2.3 Výstupní soubor

Výstupní soubor bude ve formátu podobném vstupnímu souboru. Výsledek vytvořený z platného vstupu obsahuje bílý rámeček, má stejné rozměry. Název souboru se odvíjí od nastaveného parametru při spuštění. Je doporučeno, pokud chcete dále přidat poškození a šum pomocí generátoru Anguli, přejmenovat soubor do formátu popsaného v podkapitole 4.2.1.



Obrázek 4.2: Příklad výstupního obrázku.

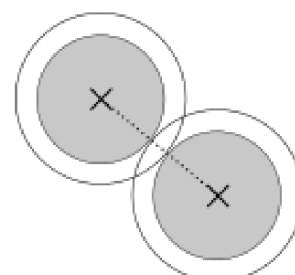
## 4.3 Použité postupy a algoritmy

Zde budou uvedeny vybrané především matematické postupy, které byly v této práci využity a jak byly v některých případech upraveny, aby lépe odpovídaly daným situacím.

### 4.3.1 Vzdálenosti

Protože se zde pracuje s bitmapovými obrázky, bylo by vhodné vysvětlit, jakým způsobem se měří vzdálenosti. Obrázek je složen z jednotlivých pixelů (bodů), kde každý z nich má svoji přesnou polohu. Ta je dána souřadnicemi v 2-dimenzionálním Eukleidovském prostoru.

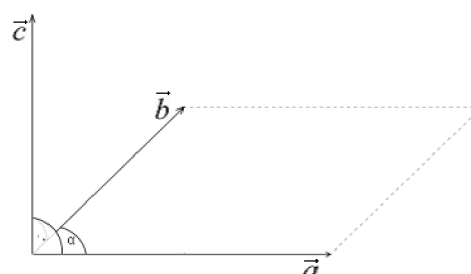
Vzdálenost 2 bodů můžeme spočítat jako velikost vektoru rozdílu pozic bodů. Vzdálenost 2 kružnic následně jako vzdálenosti jejich středů. V úvahu při porovnání ale obvykle беру i skutečnost, že v práci nepoužívám prostých kružnic, nýbrž kruhů s obrysem o určité šířce. V případě, kdy zjišťují, zda se kruhy překrývají, dovoluji, aby bílé okraje splývaly, avšak ne vnitřek kruhů.



Obrázek 4.3:

Vzdálenost kruhů

Dále bylo potřeba zjišťovat vzdálenost bodu od přímky. Zkontrolujeme, zda přímka je dána 2 různými body. Odečteme pozici jednoho z bodu přímky od zbývajícího bodu přímky a dotazovaného bodu. Tím jsme posunuli trojici bodu k počátku souřadné soustavy a můžeme spočítat jejich vzdálenost jako obsah kosodélníku daného 2 vektory začínajícími v počátku podělený velikostí vektoru daného vzdáleností posunutého bodu přímky od počátku (viz obrázek 4.4). Ten získáme jako výsledek vektorového součinu těchto



Obrázek 4.4: Aplikace vektorového součinu.



vektorů (normála). Jelikož se jedná o výpočet v 2-dimenzionálním prostoru, v rovnici 4.1 nás bude zajímat jen velikost 3. složky, která se bude rovnat obsahu hledaného kosodélníku.

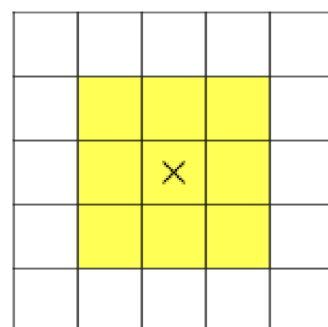
$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = [a_2b_3 - a_3b_2, a_3b_1 - a_1b_3, a_1b_2 - a_2b_1]$$

Rovnice 4.1: Vektorový součin.

### 4.3.2 Ztmavení ploch

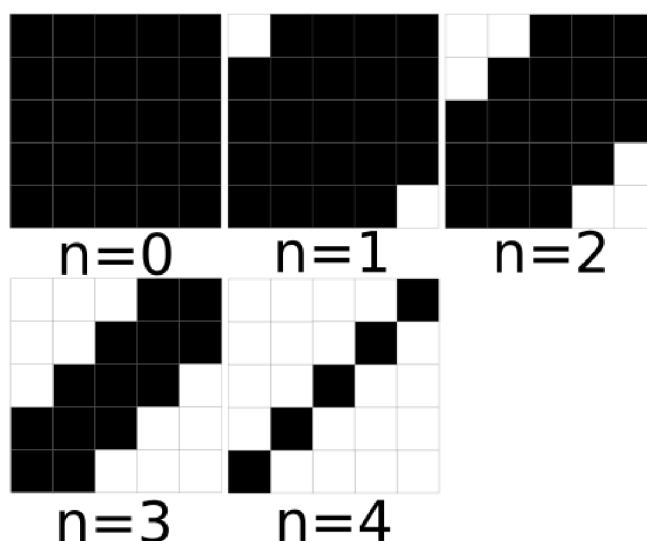
Na otiscích prstů se objevují tmavá místa. Tato tmavá místa jsou v případě dyshidrotického ekzému způsobeny napnutou kůží nebo se může jednat o staré vezikuly obsahující jen malé množství tekutiny, v případě onemocnění hyperkeratotického ekzému jsou způsobeny obroušenými papilárními liniemi. Protože tato místa mohou mít vliv na rozpoznávání osob podle otisku prstů, je třeba tato místa také generovat.

Při implementaci by bylo zbytečně pracné zjišťovat směry papilárních linií, proto jsem se rozhodla využít výpočtů pracujících s okolím bodu. Podobně jako tomu je u celulárního automatu *Game of Life*, budeme se zajímat o pole o rozměrech 3x3, kde tázaný bod je uprostřed tohoto pole.



Obrázek 4.5: Výběrové pole pro sumu černých bodů

Když známe souřadnice bodu, potřebovali bychom znát i barvu dotyčného bodu. Obvykle bychom použili metodu *at* třídy *Mat*, avšak je vhodné upozornit, že dotyčná metoda má kontrolu



Obrázek 4.6: Vliv výběru rozhodovací hranice

indexu pouze v debugovacím režimu. Nás by ovšem v některých případech zajímal i bod ležící mimo náš obrázek v situaci, kdy jsme u hrany obrázku. Vytvoříme si tedy vlastní funkci, která bude vracet bílou barvu v případě, že jsme mimo obrázek. V opačném případě bude vrácena barva stupně šedi.

Dalším krokem bude výpočet sumy černých bodů ve zmíněném poli. Na základě výsledku sumy se rozhodne, zda bude bod ve středu pole ztmaven nebo ponechán se stejnou barvou. Bod je ztmaven za podmínky, že v poli bylo 3 a více černých bodů. Dále se bere v potaz, že tázaný bod se nachází v oblasti, která má být ztmavena. Touto oblastí může být výřez tvaru elipsy nebo kruhu. V případě zobecnění lze využít jakéhokoliv tvaru výřezu. Hodnota rozhodovací hranice byla určena na hodnotu  $n=3$ , aby bylo možné ztmavit plochu obrázku opakovaně. Význam různých hodnot rozhodovací hranice můžete porovnat na obrázku 4.6, kde je znázorněna rovná úhlopříčná čára o šířce jednoho bodu.



Obrázek 4.7:  
Vícenásobné  
zesílení ve středu  
otisku



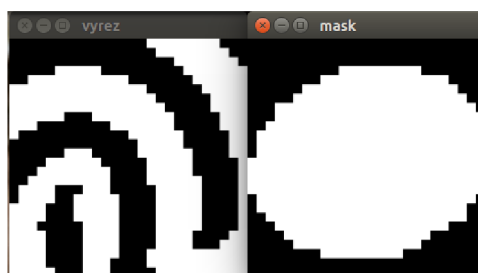
Obrázek 4.8: Různé  
tvary zesílených  
oblastí

### 4.3.3 Výroba puchýře

U obou vybraných ekzémů se nacházejí útvary připomínající bílé elipsy, které v některých případech obsahují pozůstatky papilárních linií. Tyto útvary se u dyshidrotického ekzému objevují napříč celým otiskem ledabyle a v menším množství tvoří skupinky jen výjimečně. U dyshidrotického ekzému jsou útvary menší a tvoří skupinky při okrajích otisku.

Jeden tento puchýř získáme v několika následujících krocích. Zvolíme si oblast obdélníkového výřezu v obrázku otisku. Vytvoříme si její kopii, kterou následně roztáhneme, abychom napodobili roztážení pokožky. Ořízneme ho na původní rozměry, a vytvoříme pomocný černý obdélník

o stejných rozměrech. Je vhodné výřez převést do barev černé a bílé, protože zvětšení výřezu vytváří odstíny šedé. Do černého obdélníku nakreslíme bílou barvou tvar požadovaného výřezu. V našem případě bychom chtěli elipsu o různých délkách poloos a rotaci. Tím získáme bitovou masku pro budoucí přenos výřezu do původního obrázku. Do původního obrázku nakreslíme bílou elipsu, která bude tvořit náš bílý okraj okolo puchýře. Vložíme náš výřez do původního obrázku za použití pomocné bitové masky. Nakonec zesílíme papilární linie v místě nově vytvořeného puchýře, abychom zvýraznili kresbu.



Obrázek 4.9: Příklad výřezu a použité masky

## 4.4 Výsledky a verifikace

V průběhu všech etap vytváření programu jsem získala mnoho výsledků, které se jsem zaslala vedoucímu práce. Tyto výsledky jsme konzultovali a postupně jsem vylepšovala věrohodnost poškozených otisků. Jednotlivé výsledky můžete vidět v kapitole 3.4. Ke zlepšení mi také pomohla odborná diskuze s dermatoložkou MUDr. Evou Březinovou, Ph.D., díky které jsem dostala další zajímavé podněty ke zpřesnění výsledného tvaru poškození v otiscích.

V následujících kapitolách bude věnovaná pozornost porovnání reálných otisků prstů získaných z databáze STRaDe s otisky syntetickými, které byly poškozeny kožními nemocemi, kterými se zabývám v této závěrečné práci.

### 4.4.1 Verifikace

Pro verifikaci získaných výsledků byl vybrán nástroj VeriFinger, který vytvořila firma NEUROtechnology. [17] Ten umožňuje uživateli nahrát do aplikace databázi snímků otisků prstů a následně spustit vyhodnocování identifikace či verifikace otisků prstů vůči vybranému otisku. Aplikace následně vypíše vyhodnocení tzn. skóre, které je nutné normalizovat a porovnat s výsledkem určeným pro originál.

## 4.4.2 Dyshidrotický ekzém



Obrázek 4.10: Příklady reálných otisků. – zdroj: databáze



Obrázek 4.11: Příklady syntetických otisků.



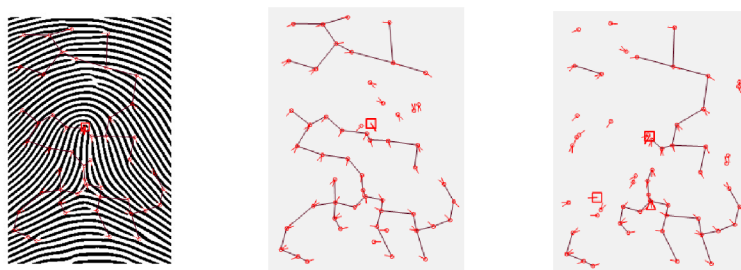
Obrázek 4.12: Syntetické otisky s přidaným šumem.

Výše uvedené obrázky znázorňují různá stádia nemoci. V počátcích je množství puchýřů menší a otisk prstu relativně rozpoznatelný, tak jak to můžete pozorovat na prvních dvou fotografiích 4.10. Při vytváření podobného efektu u syntetického otisku je vhodné nastavit relativně malé množství puchýřů a ztmavených ploch. V našem případě byly použity koeficienty 15 a 20. Výsledky můžete pozorovat na fotografiích 4.11 (první dvě zleva).

V případě většího množství puchýřů nelze s určitostí přesně označit majitele otisku, jelikož pokožka původně obsahující rozpoznávací znaky je již příliš poškozená. To můžete spatřit u posledních fotografií obrázků 4.10 a 4.11, které byly vytvořeny s koeficientem 150.

původní	1316	100.00 %
dyshidro 1	1051	79.86 %
dyshidro 5	942	71.58 %
dyshidro 10	922	70.06 %
dyshidro 15	420	31.91 %
dyshidro 20	641	48.71 %
dyshidro 25	722	54.86 %

Tabulka 4.1: Skóre získané z aplikace VeriFinger.



Obrázek 4.13: Vyhledané specifické znaky v původním a poškozených otiscích.  
(zleva: nepoškozený, dyshidro 10, dyshidro 25)

V tabulce 4.1 můžete pozorovat skóre při vyhodnocování podobnosti poškozeného otisku prstu s původním, ze kterého se při generování nemoci vycházelo. Už při nahrávání některých otisků do databáze aplikace VeriFinger, docházelo k situaci, kdy by příliš poškozené otisky aplikace neuložila, jelikož nedokázala najít potřebné specifické znaky. Obvykle k tomu docházelo při vkládání otisků vytvořených s koeficientem 30 a více. Pro lepší představu hledání specifických znaků, jsem přiložila obrázek 4.12, kde u poškozených otisků byly ponechány pouze tyto znaky kvůli lepší čitelnosti.

Jednoznačně nemohu říci, že skóre závisí lineárně na množství puchýřů a ztmavených míst. Ačkoliv to má významný vliv, dalším rozhodujícím faktorem je i pozice těchto míst. Toho si můžete všimnout u testovací sady pro koeficient 15, kdy kvalita této sady byla ovlivněna pozicí většiny poškození v oblasti středu a specifických znaků. Pro upozornění na tento jev, jsem však testovací sadu nezměnila, a ponechávám čtenáři prostor na vytvoření si vlastní sady.

### 4.4.3 Hyperkeratotický ekzém



Obrázek 4.14: Příklady reálných otisků. – zdroj: databáze



Obrázek 4.15: Příklady syntetických otisků.



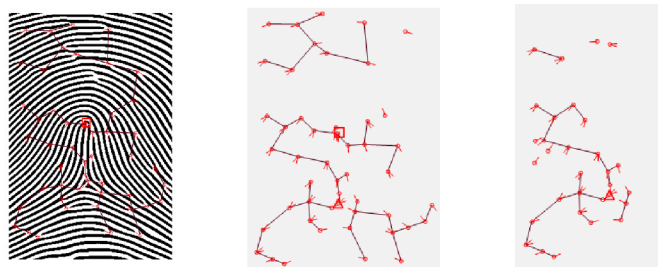
Obrázek 4.16: Syntetické otisky s přidaným šumem.

K hyperkeratotickému ekzému se v databázi STRaDe nenachází mnoho unikátních otisků prstů. K těmto otiskům byla vytvořena metoda generování napodobující toto poškození. Pokud by se databáze zvětšila, mohlo by se stát, že zvolené postupy nebudou vyhovovat novým fotografiím. Podle těch fotografií, které jsem měla k dispozici, viz např. obrázek 4.14, jsem vytvořila metodu, která napodobuje tuto nemoc. Výsledky můžete porovnat u obrázků 4.15 a 4.16, je byly použity koeficienty 10, 50 a 150.

Vyhodnocené skóre aplikace VeriFinger se nachází v tabulce 4.2. Otisky bylo možné nahrát jen přibližně do koeficientu 25. Dále byly již otisky nerozpoznatelné. Přikládám i obrázky specifických bodů, aby si čtenáři mohli porovnat, jak ovlivní počet a poloha rozpoznatelnost. Oblast s těmito útvary je dle mého názoru nečitelná.

původní	1316	100.00 %
hyper 5	585	44.45 %
hyper 10	562	42.71 %
hyper 15	572	43.47%
hyper 20	403	30.62%
hyper 25	417	31.69%

Tabulka 4.2: Skóre získané z aplikace VeriFinger



Obrázek 4.17: Vyhledané specifické znaky v původním a poškozených otiscích.

(zleva: nepoškozený, dyshidro 10, dyshidro 25)

## 5 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit a implementovat model, kterým by bylo možné generovat kožní onemocnění prstů, jmenovitě dyshidrotický ekzém a hyperkeratotický ekzém, do syntetických otisků prstů vytvořených pomocí generátoru Anguli. Byla prostudována literatura týkající se kožních onemocnění a proběhlo několik konzultací s vedoucím a oponentem práce, dermatoložkou MUDr. Evou Březinovou, Ph.D., ale i s některými dalšími členy výzkumné skupiny STRaDe. Následně byla navržena metoda, která byla v průběhu práce zlepšována a její výsledky byly prodiskutovávány.

Program byl implementován jako konzolová aplikace v jazyce C++ za použití knihovny OpenCV, určené pro manipulaci s obrazem.

Mimo výzkumnou skupinu STRaDe se tematikou generování onemocnění do otisků prstů nikdo oficiálně nezabýval a proto přikládám této práci význam. Věřím, že bude prospěšná pro osoby, které se touto tematikou budou v budoucnu chtít věnovat a posouvat tak výzkum dopředu.

Jako možné další rozšíření považuji přidání dalších pomocných funkcí, které by napomohly docílit větší reálnosti výsledků, případně rozšíření databáze skupiny STRaDe o nové snímky od dosud neznámých lidí. Mezi rozšiřující funkce pro tuto práci, které být vyvinuty, považuji možné zesvětlení částí otisků, které by mohlo být využito k zahlazení relativně ostrých hran podél každého puchýře. Dalo by se vycházet z již implementované metody pro ztmavení případně vytvořit obecnější metodu, která by umožňovala využít plný potenciál stupně šedi, nebo alespoň několika málo přechodů barev z bílé do černé.



# Literatura

- [1] DRAHANSKÝ Martin, ORSÁG Filip a DOLEŽEL Michal: Biometrie. Brno: Computer Press, s.r.o, 2011. ISBN 978-80-254-8979-6.
- [2] Policie ČR: Okénko do dějin kriminalistiky, Historie identifikace zločinců, [online]. [cit. 13. 1. 2018]. Dostupné z WWW: <<http://www.policie.cz/clanek/okenko-do-dejin-kriminalistiky.aspx?q=Y2hudW09NA%3D%3D>>
- [3] RAK, Roman, Vašek MATYÁŠ a Zdeněk ŘÍHA: *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [4] The Federal Bureau of Investigation: IAFIS. [online]. 21.9.2012 [cit. 14. 1. 2018]. Dostupné z WWW: <[https://web.archive.org/web/20120921125141/http://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints\\_biometrics/iafis/iafis/](https://web.archive.org/web/20120921125141/http://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/iafis/iafis/)>
- [5] Straus, J., Porada, V. a kol.: Kriminalistická daktyloskopie. Praha, PA ČR 2005.
- [6] BruceBlas: Dermal Circulation. [online]. Dostupné z WWW: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen\\_0802\\_Skin\\_DermalCirculation.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0802_Skin_DermalCirculation.png)
- [7] Université Libre de Bruxelles: Fingerprint recognition. [online]. [cit. 14. 1. 2018]. Dostupné z WWW: [http://lisa.ulb.ac.be/image/index.php/Fingerprint\\_recognition](http://lisa.ulb.ac.be/image/index.php/Fingerprint_recognition)
- [8] Filla, D.: Biometrie otisku prstu: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. Vedoucí práce Ing. Petr Fedra.
- [9] Barotová S., Drahaný M., Pernický R.: Detection of Ridge Damages in Fingerprint Recognition Caused by Skin Diseases. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol.9, No.11, 2016.
- [10] Vazoneurózy. [online]. [cit. 15. 1. 2018]. Dostupné z WWW: <http://www.anamneza.cz/nemoc/Vazoneurozy-327>
- [11] MUDr. Jaroslav Urbánek: Ekzém rukou. [online]. [cit. 15. 1. 2018]. Dostupné z WWW: <https://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2013/01/03.pdf>
- [12] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Finger\\_Pompholyx\\_1.tif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Finger_Pompholyx_1.tif)
- [13] Česká onkologická společnost České lékařské společnosti J. E. Purkyně. [online]. [cit. 15.1.2018]. Dostupné z WWW: <https://www.linkos.cz/slovnicek/dyskeratosa/>
- [14] Anguli: Synthetic Fingerprint Generator. [online]. [cit. 16. 1. 2018]. Dostupné z WWW: <http://dsl.cds.iisc.ac.in/projects/Anguli/>
- [15] OpenCV: oficiální stránky knihovny. [online]. [cit. 4. 5. 2018]. Dostupné z WWW: <https://www.opencv.org/>
- [16] Biomechanika – studijní materiály: Vektorový součin. Západočeská univerzita v Plzni. [online]. [cit. 7. 5. 2018]. Dostupné z WWW: <https://www.kme.zcu.cz/kmet/bio/matvektor.php>

[17] NEUROtechnology: VeriFinger. [online]. [cit. 11. 5. 2018]. Dostupné z WWW: <http://www.neurotechnology.com/verifinger.html>