



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

**DETEKCE ŽIVOSTI PRSTU S POUŽITÍM RŮZNÝCH ZDROJŮ
SVĚTELNÉHO ZÁŘENÍ**

LIVENESS DETECTION ON FINGER USING VARIOUS LIGHT SOURCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR VANČO

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

SUPERVISOR

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Řešitel: **Vančo Petr**

Obor: Informační technologie

Téma: **Detekce živosti prstu s použitím různých zdrojů světelného záření**
Liveness Detection on Finger Using Various Light Sources

Kategorie: Umělá inteligence

Pokyny:

1. Prostudujte problematiku snímání otisků prstů, výroby falzifikátů a způsobů jejich detekce. Zaměřte se i na optické vlastnosti kůže ve vztahu k různým vlnovým délkám. Seznamte se se zařízením na pracovišti FIT VUT v Brně, které slouží k multispektrálnímu snímání vlastností lidské kůže.
2. Vytvořte databázi multispektrálních záznamů pro množinu alespoň 50 osob, přičemž se pokuste mít různorodé jedince (věk, pohlaví, pracovní náplň, etnikum apod.).
3. Navrhněte vhodný algoritmus pro stanovení živosti prstu na základě multispektrální odezvy kůže.
4. Navržený algoritmus z předchozího bodu implementujte.
5. Proveďte důkladné otestování Vašeho řešení a dosažené výsledky shrňte a diskutujte.

Literatura:

- Dražanský M., Orság F. et al. *Biometrie*. Brno: Computer Press, s.r.o, 2011. ISBN 978-80-254-8979-6.
- Dražanský M., Doležel M., Váňa J., Březinová E., Yim J., Shim K. *New Optical Methods for Liveness Detection on Fingers. BioMed Research International*. New York: Hindawi Publishing Corporation, 2013, roč. 2013, č. 9, s. 1-11. ISSN 2314-6133.
- Dražanský M. *Liveness Detection in Biometrics. Advanced Biometric Technologies*. Rijeka: InTech - Open Access Publisher, 2011, s. 179-198. ISBN 978-953-307-487-0.

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- Body 1 a 2.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování bakalářské práce naleznete na adrese <http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Technická zpráva bakalářské práce musí obsahovat formulaci cíle, charakteristiku současného stavu, teoretická a odborná východiska řešených problémů a specifikaci etap (20 až 30% celkového rozsahu technické zprávy).

Student odevzdá v jednom výtisku technickou zprávu a v elektronické podobě zdrojový text technické zprávy, úplnou programovou dokumentaci a zdrojové texty programů. Informace v elektronické podobě budou uloženy na standardním nepřepisovatelném paměťovém médiu (CD-R, DVD-R, apod.), které bude vloženo do písemné zprávy tak, aby nemohlo dojít k jeho ztrátě při běžné manipulaci.

Vedoucí: **Dražanský Martin, doc. Ing., Dipl.-Ing., Ph.D., UITS FIT VUT**

Datum zadání: 1. listopadu 2016

Datum odevzdání: 17. května 2017

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta informačních technologií
Ústav inteligentních systémů
602 00 Brno, Žitná 2

doc. Dr. Ing. Petr Hanáček
vedoucí ústavu

Abstrakt

Tato práce byla vytvořena za účelem zvýšení kvality, bezpečnosti a spolehlivosti biometrických zařízení. Práce se zabývá elektrickými a optickými vlastnostmi prstu. V první části najdete teorii o biometrických systémech, kůži a světle. Další část se věnuje elektrickým vlastnostem kůže. Třetí část popisuje návrh, implementaci a výsledky testování optických vlastností. Na závěr se můžete dočíst o možných vylepšeních do budoucna.

Abstract

The purpose of this work was to increase quality, security and reliability in biometric systems. This work presents electric and optical characteristics of a human finger. In the first part of this work you can find a theoretical basis about biometric systems, a skin and light. The next part is devoted to electric characteristics of a human finger. The third part of this work describes design, implementation and results of testing optical characteristics of a finger. In the end you can find information about some of the improvements for the future.

Klíčová slova

detekce živosti, optika, kůže, otisky prstů, vlnová délka

Keywords

liveness detection, optics, skin, fingerprint, wavelength

Citace

VANČO, Petr. *Detekce živosti prstu s použitím různých zdrojů světelného záření*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce doc. Ing. Dipl.-Ing. Martin Drahanský, Ph.D.

Detekce živosti prstu s použitím různých zdrojů světelného záření

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Ing., Dipl.-Ing. Martin Drahanského, Ph.D. Další informace mi poskytl Ing. Tomáš Goldmann. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Petr Vančo
17. května 2017

Poděkování

Zde bych rád poděkoval mému vedoucímu práce panu Ing., Dipl.-Ing. Martin Drahanskému, Ph.D. za vedení a cenné rady. Dále bych také rád poděkoval Ing. Tomášovi Golmannovi a Ing. Michalovi Dvořákovi za pomoc se zprovozněním snímacího přístroje.

Obsah

1	Úvod	3
2	Kůže	4
2.1	Barva kůže	5
3	Biometrický systém	6
3.1	Biometrie	6
3.2	Biometrie otisků prstů	7
3.3	Detekce živosti	8
3.4	Biometrická identifikace a verifikace	9
3.4.1	Identita	9
3.4.2	Identifikace	10
3.4.3	Verifikace	10
3.5	Biometrický systém	11
4	Světlo	12
4.1	Optické vlastnosti kůže	13
4.2	Oxidace krve	14
5	Elektrické vlastnosti kůže a falzifikátů	15
5.1	Úvod	15
5.2	Elektrický odpor	15
5.3	Elektrická kapacita	15
5.4	Měření	16
5.5	Elektrický odpor kůže a falzifikátů	16
5.6	Druhy a podmínky měření	17
5.7	Popis zařízení	18
5.8	Popis falzifikátů	18
5.9	Výsledky měření	18
6	Návrh	20
6.1	Cíle a motivace	20
6.2	Příprava	20
6.3	Popis zařízení	21
6.4	Použití zařízení	21
6.5	Vzorky lidí	22
6.6	Falzifikáty	22
6.7	Testování zařízení	23

7	Analýza naměřených hodnot a jejich zpracování	25
7.1	IR940	25
7.2	IR740	27
7.3	UV	27
7.4	Algoritmus a zpracování dat	27
8	Popis programu	28
8.1	Implementace	28
9	Výsledky a testování programu	30
9.1	Výsledky	30
9.2	Identifikace	30
9.3	Možnosti zlepšení	31
10	Závěr	32
	Literatura	33
	Přílohy	35
A	Obsah CD	36

Kapitola 1

Úvod

Bezpečnost počítačových systémů je sice dnes na vysoké úrovni, avšak tyto systémy nejsou stále nepřekonatelné, proto se vývojáři musí stále snažit vytvářet takové věci, které budou těžší a těžší pro překonání útočníkem. S identifikací osob se dnes potkáme na mnoha místech jak v kriminalistice, tak ve firemní sféře. V dnešní době, můžeme mít zabezpečit pomocí otisků prstů telefony, počítače nebo dokonce celé budovy, bohužel zcizení identity, je v dnešní době velmi jednoduché. Uživatel systému zanechává otisky naprosto všude a není v jeho silách, ohlídat aby jeho otisky útočník nezískal.

Útočník je schopen zcela bez problémů vytvořit falzifikát v domácích podmínkách. Z tohoto důvodu musíme do systému také přidat detekci živosti prstu. V dnešních systémech se můžeme potkat s různými druhy, některé jsou účinné více, některé méně. Zvýšit odolnost systému můžeme pomocí více faktorového ověření, tím se však v této práci nebudeme zabývat.

Detekci živosti prstu můžeme provádět na základě potu, teploty, změny tlaku, elektrický vlastností kůže, srdeční aktivity, oxidací krve, můžeme také využít ultrazvukové technologie případně spektroskopické vlastnosti. Tato práce se zabývá detekcí živosti prstů pomocí různých zdrojů světelného záření.

Cílem této práce tedy bude porovnat jednotlivé zdroje záření, které budou zářit přímo na prst, dále tuto odraženou energii budeme přijímat. Díky tomu, že budeme vědět, kolik energie jsme vyzářili a kolik se jí vrátilo zpět, zjistíme, kolik energie se vstřebala do prstu. Dalším cílem této práce je tyto data zpracovat a pomocí těchto dat vytvořit počítačový program. Po zadání dat ze snímacího zařízení do programu, by se program měl pokusit oznámit, zda objekt, který je nasnímán, je živý prst, případně neživý objekt, například falzifikát z různé gumy, případně mrtvý prst.

Pro spolehlivý systém si nejprve musíme zjistit některé informace, jako například, které světelné záření využít, jaký zdroj a intenzitu světla budou pro tuto detekci vhodné. Nejlevnější varianta bude nejspíše využití LED diod, které budou mít různou vlnovou délku. Dále musíme zajistit příjem odraženého světla, to nám zajistí fotosenzor. Další informace, kterou můžeme získat, je barevné složka prstu, tu získáme pomocí RGBW senzoru. Je tedy potřeba si sestavit zařízení, kterým budeme moci provádět měření a získat tak cennou databázi, která bude využitelná i v budoucím výzkumu.

Kapitola 2

Kůže

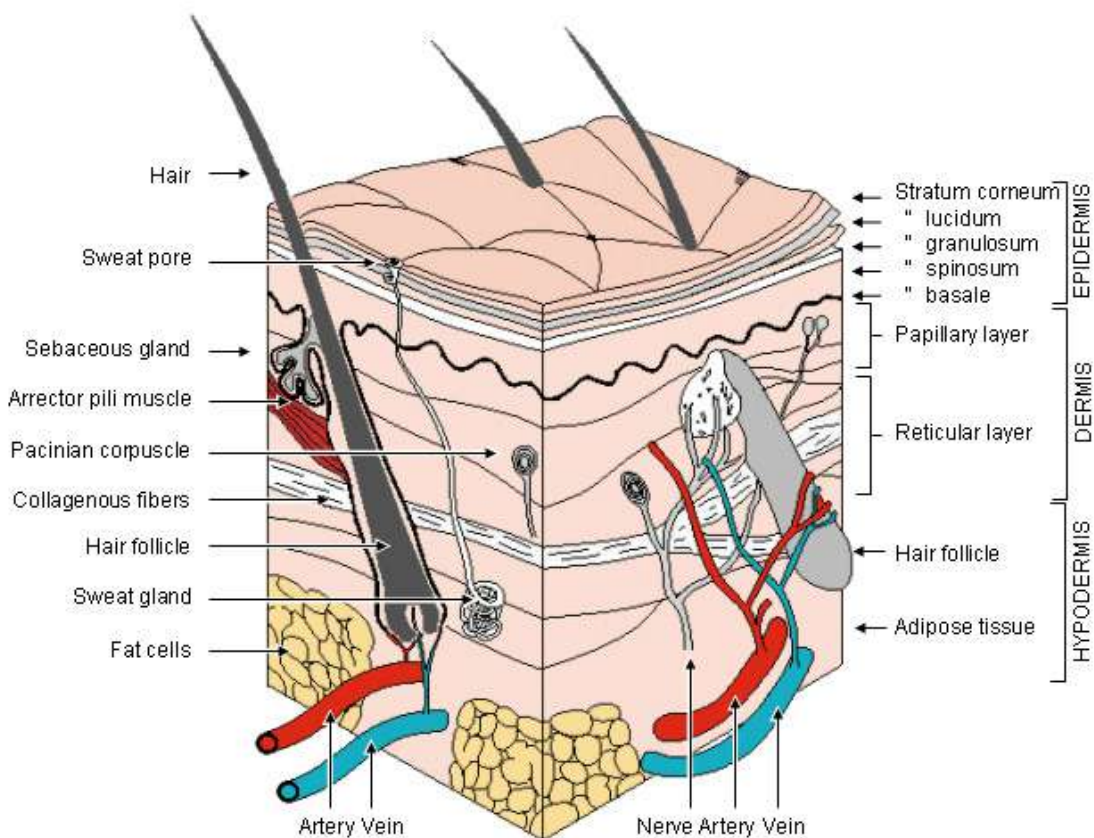
Všechny biometrické snímače otisků prstů a jejich detekce živosti pracuje s kůží a celkově celým prstem, nejdříve si jej tedy popíšeme. Kůže se skládá ze tří vrstev: epidermis, dermis a hypodermis. Kůže obsahuje i části jako jsou například potní žlázy, mazové žlázy, nehty případně vlasové folikuly. [12] Části kůže jsou znázorněny na obrázku 2.1

Kůže je jeden z nejdůležitějších orgánů našeho těla, i když si to mnozí z nás neuvědomují. Je to blána asi 1-4 mm silná, která tvoří zevní obal a tím uzavírá a chrání vnitřní prostředí organismu před jeho okolím. Hlavními úkoly kůže je ochrana před mechanickým poškozením, termoregulace, je sídlem kožních smyslů, dále také přispívá k látkové výměně a ukládá tukové zásoby. Další funkcí je také vstřebávání paprsků ze slunce a vylučování látek. [20]

Nejvíce na povrchu je epidermis, povrch prstu se skládá z mrtvých buněk, které sídlí na zdravých, živých buňkách. Mezi těmito dvěma místy jsou přechodné buňky. Díky silné vrstvě mrtvých buněk má kůže velice vysoký elektrický odpor. Toto však není překvapující, protože cílem kůže je poskytovat ochranu proti otěru a mechanickému poškození. [15]

Cévy se nacházejí v části zvaná dermis. V této části také můžeme najít potní žlázy, ty mají vyvedené kanálky, které jsou složeny z buněk, které stoupají až na povrch, kde jsou vyvedeny. Tyto kanálky jsou relativně dobrým vodičem, protože pot může být považován za ekvivalent 0,3% roztoku NaCl, což je slabý elektrolyt. Díky tomu se velikost elektrického odporu může značně lišit u jednotlivých jedinců. [15]

Na kůži prstu nalezneme také papilární linie. Pokud provedeme otisk našeho prstu, tak vznikne vzor tvořený strukturou papilárních linií. Výška těchto linií se pohybuje v rozmezí 0,1-0,4mm a šířka se nachází v rozmezí 0,2-0,5mm. [6]



Obrázek 2.1: Struktura kůže. [15]

2.1 Barva kůže

Barva kůže je podmíněná pigmentem - melaninem. Ten mění barvu nejen kůže, ale i vlasů. Jeho hlavním úkolem je chránit hlubší vrstvy kůže před UV zářením. Při větším UV záření nám melaninu přibývá. Věkem pigmentu v kůži přibývá, u novorozenců je kůže růžová. Díky tomu můžeme vidět na novorozencích prosvítající cévy. Nejmenší pigmentace je na dlaních a na nohách. V těhotenství se zvyšuje pigmentace především v obličeji a na břichu. Genetická porucha tvorby melaninu se nazývá albinismus. [18].

Barvu kůže na prstech tedy můžeme změřit a kontrolovat, víme, že se barva prstu mění při přitlačení. Pokud použijeme barevnou složku pro detekci živosti, ztížíme tím útočnickovi práci.

Kapitola 3

Biometrický systém

Abychom se mohli začít důkladněji zabývat biometrií a biometrickými systémy, je zapotřebí si prvně ujasnit určitou terminologii v těchto oblastech. V této části práce je Vám krátce představím.

3.1 Biometrie

Biometrie jako slovo pochází z řečtiny a to kontrtálně ze slov "bios" a "metron". První ze slov znamená život, "metron" pak znamená měřítko. V doslovném překladu se tedy může jednat o "měření života". V informatice můžeme označit slovem biometrie například systém nebo postupy ke zjišťování vzorů lidských vlastností. Můžete si zde představit měřitelné biometrické charakteristiky živého organismu, jako například obrazce, data a podobně. Avšak v biomedicínské oblasti má slovo o dost jiný význam. Biometrie zde označuje statistické výpočty v medicíně nebo biologii. Mezi typické biometrické rysy můžeme zařadit otisk prstu, duhovku oka, žíly ruky, hlas chůze, mimiku obličeje, geometrii ruky nebo například styl psaní na počítači. [6] [19]

Biometrie je velmi výhodná a to hlavně z důvodu, že může odrazit útočníky od podvodů a vniknutí do různých systémů a budov. Zároveň snižuje pokusy o popření identity člověk, díky tomu, že využívá biometrické vlastnosti, které nemůžou být lehce přenositelné z člověka na člověka (otisk prstu, duhovka a další). Kvůli předchozím výhodám také zvyšuje bezpečnost, dochází zde také ke zvýšení pohodlí a to z důvodu nemožnosti zapomenutí identifikačních karet nebo hesel. Nemůžeme však biometrii pouze chválit, má i své úskalí jako například, že při porovnávání vzorků nemusí být náš systém plnohodnotný. Pokud je prozrazena slabina našeho přístroje, tím se anuluje jeho celková funkčnost. Nesmíme však zapomenout také na naše soukromí, které nám tyto systémy narušují. Zároveň s nástupem biometrických systémů musíme mít strach o svoji identitu, s tím přichází nutnost mít detekci živosti v našem systému.[6] Naše identita může být lehce zkopírována a ukradena. Pokud tedy používáme například otisk prstu jako klíč, a někdo nám tento klíč zcizil, nemůžeme si nechat vyrobit nový. Ukrást však biometrické informace je o poznání těžší než ukrást například čipovou kartu.

Využívání biometrie k identifikaci se využívá z toho důvodu, že některé vlastnosti jeho těla jsou pro člověka jedinečné, a proto jej lze díky nim jednoznačně identifikovat. Identifikace člověka na základně biometrických vlastností patří k velmi starým praktikám, protože každý z nás poznává svoje okolí denně podle obličeje, chůze nebo hlasu případně siluety

Biometrický identifikátor	Univerzálnost	Jedinečnost	Stálost	Přijatelnost	Přesnost	Dostupnost
DNA	V	V	V	N	V	N
Obličej	V	S	S	V	S	V
Otisk prstu	V	V	V	S	V	S
Geometrie ruky	S	S	S	S	S	V
Žíly na ruce	S	S	S	S	S	S
Duhovka	V	H	V	N	V	S
Sítnice	V	H	S	N	V	N
Hlas	S	N	N	V	N	S
Podpis	N	N	N	V	N	V
Psaní na klávesnici	N	N	N	S	N	S

Tabulka 3.1: Porovnání jednotlivých biometrických metod [11]

postavy. Některé zvířata také využívají biometrii k identifikaci, zvířata však mají o hodně vyvinutější čich než lidé, a proto je mohou používat k rozlišení jednotlivých jedinců.[7]

V následující tabulce můžete vidět shrnutí a porovnání jednotlivých biometrických metod, se kterými se dnes můžeme setkat. (Vysvětlivky: V->Vysoká, S-> Střední, N->Nízká)

3.2 Biometrie otisků prstů

Zřejmě nejstarší doklad znalostí o existenci papilárních linií nalezneme u indiánských kmenů, kteří se nacházeli u dnešního amerického státu Indiana. Zde byly nalezeny kameny, na kterých byly vyryty obrazy ruky tzv."petroglyfy". Avšak účel těchto obrazců nebyl doposud zjištěn. [19]

Na evropském kontinentu se první zmínka o papilárních liniích datuje k roku 1686, kdy profesor anatomie na Boloňské universitě pan Marcello Malpighi, si při své práci všiml spirál, smyček a prohlubní na své kůži na konečcích prstů. Později po něm byla pojmenována tato 1,8mm silná kožní vrstva. [19]

Vědní obor zabývající se otisky prstů a jejich rozpoznáváním (kriminalistické účely) se nazývá daktyloskopie. Platí zde daktyloskopické zákony, které hovoří o tom, že na světě není možné najít dvě osoby, které mají stejnou strukturu papilárních linií. Zároveň se spoléhá na to, že vzor papilárních linií zůstává po celý život relativně neměnný. S tím souvisí také to, že papilární linie se neustále obnovují. Proto papilární linie nemohou být pozměněny nebo odstraněny, dokud není poškozena epidermální vrstva kůže. Při poškození části epidermis, se již linie neobnovují. Poslední ze zákonů říká, že konfigurační typy se individuálně mění, avšak změny jsou tak malé, že stále umožňují systémovou klasifikaci. [6]

Dlouho se používal inkoust jako hlavní nástroj pro snímání otisků prstů. To se s přibývajícím počtem otisků a následným zpracováním od inkoustu upustilo. Díky vývoji ve vědě se ve většině případů využívá elektronické zpracování a porovnávání. Dnes se papírová databáze v podstatě nepoužívá, pouze pokud potřebujeme zdigitalizovat některé otisky. Můžeme se setkat se třemi druhy otisků a to konkrétně otisk válený, píchaný a latentní (obrázek 3.1). Tyto otisky se liší jak vzhledem, tak způsobem snímáním, anebo také jejich umístěním. [3][6]



Obrázek 3.1: Otisky prstů: válený (a, b), píchaný (d, e), latentní (c) [3].

Můžeme zde narazit na otisky, které jsou naprosto nevhodné pro automatizované zpracování založené na biometrických rysech a to platí konkrétně pro otisky s různými kožními onemocněními. [6]

3.3 Detekce živosti

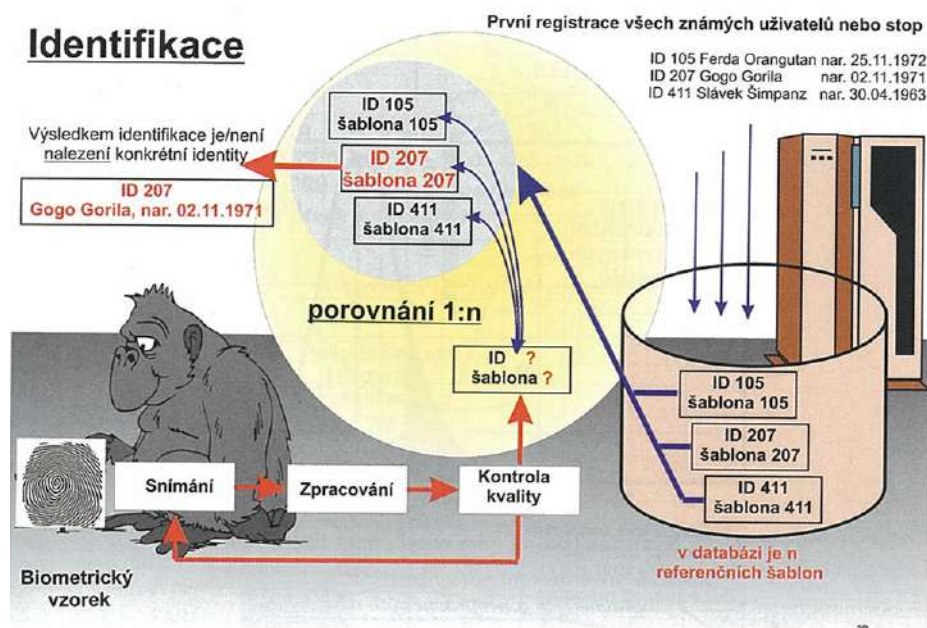
Díky tomu, že je velmi snadné získat otisk prstu, musíme do systému zabudovat detekci živosti prstu. Otisky našich prstů zanecháváme téměř všude, čeho se dotkneme a téměř ze všech materiálů tyto otisky můžeme získat, ať už použitím daktyloskopických prášků nebo speciálními napařovacími technikami, které zviditelní otisk prstu na mnoha, někdy až nečekaných, materiálech. Díky tomu je nutné, abychom kontrolovali živost prstu při snímání otisků prstů. Výroba falzifikátu je velice snadná a každý je schopen ji provést v domácích podmínkách. [6]

Detekce živosti je funkce, která určuje, zda předkládaný biometrický vzorek jako například prst, pochází z živého těla. Tato funkce je považována, za jednu z klíčových vlastností, které zlepšují ochranu biometrického systému. Díky detekci živosti dokáže navržený systém odmítnout vzorky, které jsou zapsány v databázi, avšak nejsou z živého těla. I přesto, že biometrické systémy mají vysoký výkon a dokáží zlepšit bezpečnost, je možné se do nich dostat pomocí falešných prstů. Detekci živosti tedy musíme považovat jako součást celého biometrického systému, který s sebou přináší potřebu výkonu, snadnost použití a univerzálnost. [14]

Existuje mnoho způsobů jak zjistit živost prstu, některé jsou však nepoužitelné pro elektronické systémy nebo jsou příliš lehce zlomitelné. Mezi jednoduché metody můžeme zařadit například měření teploty, odporu, vodivosti nebo bioimpedance. Složitější metody se však ukázaly v praxi mnohem použitelnější, avšak jsou náročnější na implementaci. Do složitějších metod můžeme zařadit například měření srdečního pulsu nebo snímání odrazu vln od prstu[2].

Princip měření srdeční aktivity je založen na měření srdeční aktivity. V našem těle se nachází krev okysličená a neokysličená. Okysličenou krev srdce pumpuje do těla a neokysličená se vrací. Samotným pumpováním, se nám mění objem žil, díky změnám tlaku v žilách. Tyto objemové změny jsou však pro samotné oko nepostřehnutelné. Přístroje však tyto změny dokáží zachytit. K zachycení se používá metoda laserová a optická[6]

Další důležitá metoda detekování živosti prstu je založena na multispektrálních vlastnostech lidské kůže. Při osvětlení povrchu snímaného prstu světelnými zdroji s různými vlnovými délkami, dojde k částečnému pohlcení a odražení. Každý uživatel může mít svůj vlastní profil, protože kůže každého člověka reaguje mírně odlišně, rozdíly jsou však natolik



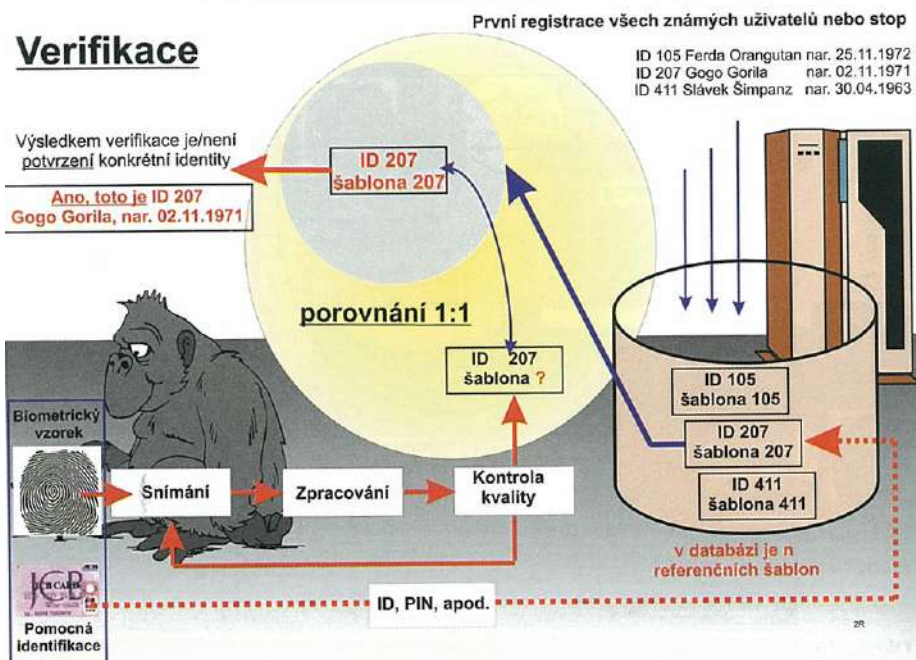
Obrázek 3.2: Schéma filosofie identifikace. [19]

malé, že tato charakteristika nelze použít jako biometrickou vlastnost, nemůžeme ji použít k jednoznačné identifikaci. Můžeme ji však použít jako doplněk pro detekci živosti. [6]

3.4 Biometrická identifikace a verifikace

3.4.1 Identita

Rozpoznávání osob je založené na jednoznačné identitě jedince. Identita je tedy jednoznačná charakteristika každého z nás. Musíme však rozlišovat mezi identitou elektronickou a fyzickou. Elektronických identit můžeme mít kolik chceme, jedná se různé účty na internetu na různých portálech. Pokud o tuto identitu přijdeme, můžeme si založit novou. To však neplatí pro identitu fyzickou, ta je definována naším vzhledem, chováním a našimi fyzickými vlastnostmi. Na světě neexistují dva lidé, kteří mají naprosto stejnou fyzickou identitu, dokonce i DNA u jednovaječných dvojčat je odlišná. [6] [24]



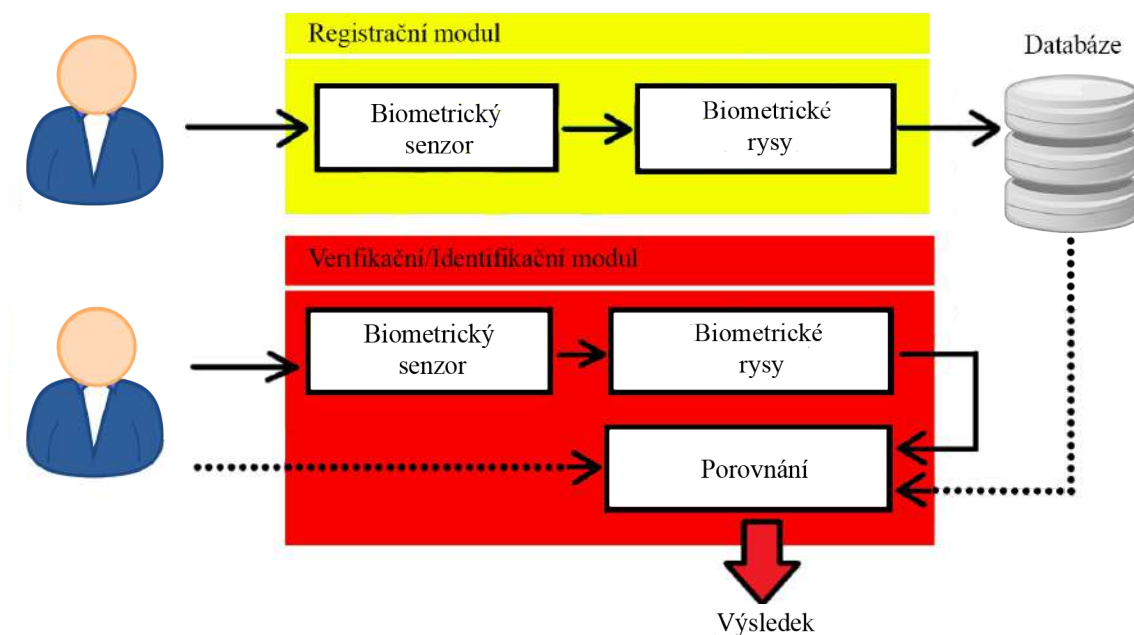
Obrázek 3.3: Schéma filosofie verifikace. [19]

3.4.2 Identifikace

K identifikačním účelům se používají anatomické nebo fyziologické charakteristiky. Podmínkou je, aby tyto charakteristiky byly unikátní a časově neměnné. Identifikace je proces porovnávání. Dochází ke ztotožnění nasnímaného biometrického vzorku se všemi referenčními šablonami, které jsou uloženy v databázi. V této databázi hledám referenční šablonu, která odpovídá šabloně aktuálně nasnímaného vzorku. Aplikace pak rozpozná totožnost prověřované osoby. Porovnávání je tedy 1:N, to však může být velmi časově náročné. Pro snížení časové náročnosti, se využívají databáze se stromovou strukturou. Při vkládání nového záznamu do databáze, je nejprve nutné ověřit, jestli se objekt již nenachází v databázi. Při identifikaci se ptáme otázkou "Kdo to je?". Identifikace je charakteristická pro policejní-soudní aplikace. [19] [6]

3.4.3 Verifikace

Verifikace je proces porovnávání, ve kterém porovnáváme 1:1, někdy také přezdívaná jako autentizace. Jedná se tedy o porovnání dvou vzorků a to konkrétně vzorku aktuálně nasnímaného se vzorkem referenčním, který by měl patřit dané osobě. Hlavním cílem je tedy zjistit, jestli je osoba opravou tou osobou, za kterou se vydává nebo jeví. Aplikace tedy vyvrací a případně potvrzuje identitu prověřované osoby. Tyto systémy jsou mnohem rychlejší, než systémy pro identifikaci a to z důvodu počtu porovnávaných vzorků. Verifikace je charakteristická pro aplikace bezpečnostně komerční.



Obrázek 3.4: Biometrický systém. [6]

3.5 Biometrický systém

Biometrický systém se skládá ze dvou modulů a to konkrétně modul registrační a modul verifikační/identifikační. U těchto modulů vždy najdeme nějaký biometrický senzor, který nám poslouží k získání biometrického vzorku, který převede do digitální podoby. Nachází se zde také část, kterou nazýváme "biometrický rys", to jsou extrahované rysy z biometrického vzorku na vstupu. V registrační části jsou tyto rysy po nasnímání následně uloženy do databáze. Tato registrace probíhá pouze jednou. Verifikační/identifikační modul provede v podstatě to stejné co registrační, pouze s tím, že se rysy neukládají do databáze, ale načítá se již vytvořená databáze, která je porovnávána s aktuálním vzorkem. Po této části bychom měli získat výsledek ve formě shoda nebo neshoda. Záleží také, jestli jsme v módu verifikace nebo identifikace. Ve všech částech také musí docházet ke kontrole kvality dodaných vzorků[6]

Kapitola 4

Světlo

Optika je nauka, která studuje podstatu, vznik, detekci, šíření a vzájemné působení optických záření. Taktéž se zabývá energií optického záření, a jak se tyto energie přeměňují při průchodu určitým prostředím. Součástí tohoto vědního oboru je také interakce zářivé energie s nějakou látkou. Foto-terapie je založena na interakci světla a optického záření s tkáněmi. [17]

Světelný paprsek je postupná vlna tvořená elektrickým a magnetickým polem, proto se nazývá elektromagnetická vlna. Vlnové délky dělíme do určitých kategorií, viditelné spektrum je pro nás však jen pouze od $400nm$ do $760nm$. Toto světlo proniká epidermis a celé korium k podkoží. Infračervené záření (IR) zasahuje do rozsahu $760 - 15000nm$. IR záření sice není viditelné, avšak můžeme jej cítit jako teplo. [16]

Časová změna elektrického pole vyvolává časově proměnné magnetické pole, které v následujícím čase vede ke vzniku časově proměnného elektrického pole, tento proces se tedy neustále opakuje, s tím, že postupně ztrácí svoji energii. Díky tomuto principu postupuje elektromagnetické vlnění prostorem. Tyto elektromagnetické vlny se šíří ve vakuu rychlostí $c = 299792498m.s^{-1}$. Poměr rychlosti světla ve vakuu c a rychlosti v jiném prostředí v se nazývá index lomu prostředí 4.1, který je závislý na vlnové délce světelného vlnění λ . [17]

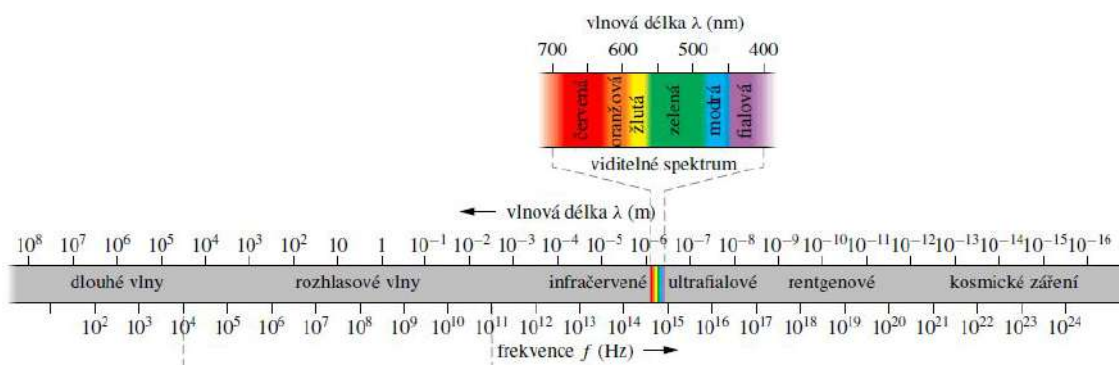
$$n_{\lambda} = \frac{c}{v_{\lambda}} \quad (4.1)$$

K zjištění vlnové délky ve vakuu určitého světelného zdroje použijeme vzorec 4.2, kde $f(\text{Hz})$ je frekvence světelného vlnění.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4.2)$$

Ačkoliv se světelná vlna rozptyluje, když se vzdaluje od zdroje, můžeme často aproximovat její dráhu jako přímku. Průchod světla skrz povrch, který rozděluje dvě prostředí, nazýváme lom, o světle poté říkáme, že se lomí. Pokud směr dopadajícího svazku není k povrchu kolmý, vede lom ke změně směru šíření světla. Světlo, které se neodrazí, prochází dále povrchem přímočaře. Úhel odrazu je roven úhlu dopadu, za předpokladu, že se všechny paprsky odrazí. Světlo se šíří prostorem ve vlnoplochách stejně jako kruhy na vodní hladině. Zdrojem elementárního vlnění je pak každý bod této vlnoplochy. Přímka kolmá na vlnoplochu udává směr, kterým se světlo šíří a nazývá se světelný paprsek. [8][17]

Jednou z významných složek z elektromagnetického záření je viditelná oblast, která se nachází v intervalu od $390nm$ do $790nm$ je světlo viditelné. Toto elektromagnetické záření



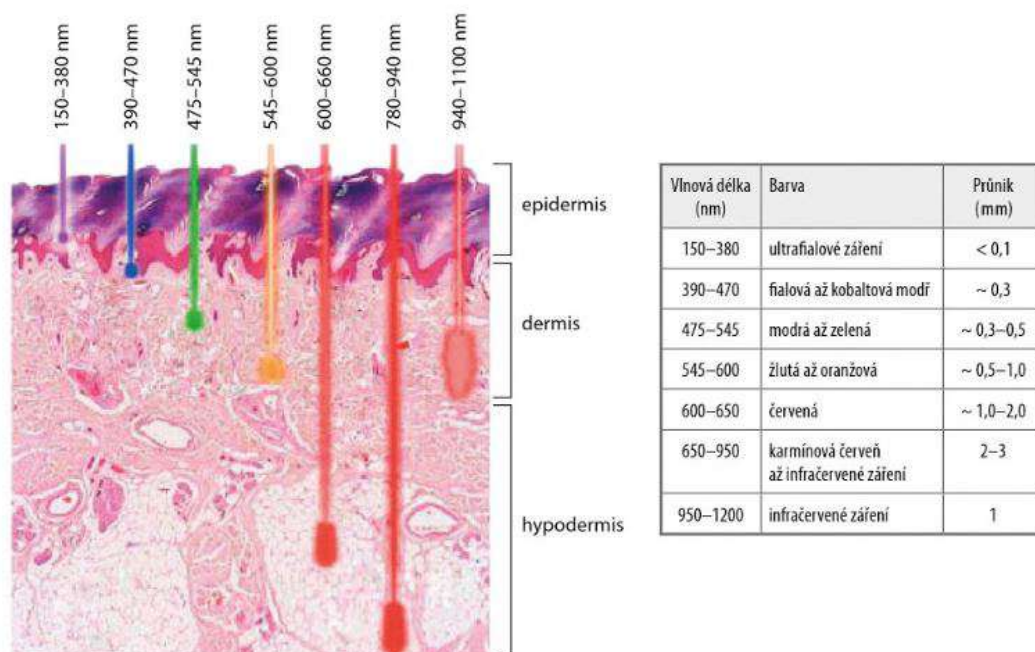
Obrázek 4.1: Spektrum elektromagnetických vln. [8]

je citlivé na lidské oko, proto jej dokážeme zaregistrovat. Různé vlnové délky vytváří různé zrakové vjemy, tzv. barvu světla. Nejkratší vlnová délka z viditelného spektra odpovídá fialové barvě a nejdelší pak červené barvě, po smíchání vznikne barva bílá. Světlu s určitou konstantní vlnovou délkou (frekvencí) říkáme monofrekvenční nebo také monochromatické. [17]

4.1 Optické vlastnosti kůže

Vliv prostředí kůže, v němž se šíří světelné záření se uplatňuje v dvojím smyslu. Záření bez ztráty jeho celkové energie zpomaluje a vyvolává tím řadu reaktivních pochodů v jednotlivých kožních vrstvách a na jejich rozhraních a jednak může být absorbováno. Při osvětlování prstu dochází jak k jeho odrazu, a lomu. [18] Světlo které projde bude absorbováno a rozptýleno po prstu. To kolik světla projde kůží, záleží na vlnové délce světla a jeho intenzitě.

Jak můžeme vidět na obrázku 4.2, různé vlnové délky se dostávají různě hluboko, tím pádem i odraz světla bude různý. Odraz bude různý u různých jedinců, bude záležet na tvrdosti pokožky, jestli je jedinec muž nebo žena, případně jestli používá nějaké chemické prostředky například krémy na ruce. Infračervené světlo by mělo proniknout až pod pokožku, tudíž neočekáváme, že se jej tolik bude vracet do fotodiody. Světlo ze světelného zdroje jako je LED, laser nebo jiné zdroje, zasáhnou kůží a částečně se rozptýlí na kůži a částečně vstoupí přes tkáň, kde je světlo absorbováno, rozptýleno nebo znovu vyzářeno. Světelný detektor získává světelné spektrum, které bylo odraženo. Toto světlo změnilo svoji intenzitu díky absorpci a částečně fluorescenci proteinů na kůži. [5]



Obrázek 4.2: Hloubka průniku jednotlivých vlnových délek světla do pokožky. [13]

4.2 Oxidace krve

V našem těle koluje okysličená a neokysličená krev, tím pádem se nám rozšiřují a zužují naše žíly a tepny tj. snižuje se a zvyšuje se náš objem. Tato změna však není postřehnutelná pro lidské oko, avšak pro přístroje již postřehnutelná je. Oba druhy krve lze detekovat pomocí infračerveného osvětlení. Pokud použijeme dvě určité vlnové délky například 660nm a 940nm tak v případě živého prstu musí dojít k reakci na oba typy osvětlení, tj. světlo se bude různě odrážet na základě proudění krve. Tato technologie mimo jiné výborně detekuje amputované prsty, protože tyto prsty neobsahují okysličenou krev a žádná krev zde neproudí.

Kapitola 5

Elektrické vlastnosti kůže a falzifikátů

5.1 Úvod

Tato část bakalářské práce je dodatková, jejím cílem je ukázat další možnosti detekce živosti prstů. Mým úkolem tedy bylo změřit elektrický odpor a kapacitu prstů a dodaných falzifikátů a poté jej porovnat s optickými vlastnostmi.

5.2 Elektrický odpor

Elektrický odpor je fyzikální veličina, která charakterizuje vlastnost prostředí bránit průchodu elektrického proudu. Dnešní chápání elektrického odporu je založené na pracích G. S. Ohma, který formuloval základní zákon pro elektrický odpor při stejnosměrném proudu. Tento zákon se nazývá Ohmův zákon. Základem je elektrický odpor R , který je koeficientem mezi elektrickým napětím U a proudem I v obvodu stejnosměrného proudu. Hlavní jednotkou elektrického odporu je $[R] = 1\Omega$. Platí tedy vztah [9]

$$R = \frac{U}{I} \quad (5.1)$$

Výsledný odpor také záleží na materiálu, délce a průřezu vodiče. [9] Odpor neboli rezistanci mezi libovolnými dvěma body vodiče určíme tak, že přiložíme napětí U mezi tyto body a změříme proud, který vodičem prochází. Ohmův zákon tvrdí, že odpor R je vlastností součástky a nezávisí ani na polaritě přiloženého napětí. [8]

5.3 Elektrická kapacita

Pojem elektrické kapacity má v elektrotechnice mimořádný význam nejen jako jeden z hlavních prvků v elektrických obvodech, ale i při vyšetřování prostorového rozložení elektrického pole, rázových jevů apod.

Všeobecně je elektrická kapacita charakteristická veličina vodičů v elektrickém poli, kterou se udává poměr elektrického náboje vázaného na vodičích a napětí mezi nimi. Matematicky je daná vztahem[9]

$$C = \frac{Q}{U} \quad (5.2)$$

Závisí od geometrického tvaru a vzájemné vzdálenosti vodičů (elektrod) a od vlastností izolačního materiálu mezi nimi (dielektrikum). [9] Z 5.2 vyplývá, že jednotkou kapacity v mezinárodní soustavě jednotek (SI) je $C \cdot V^{-1}$. Díky tomu, že se tato jednotka vyskytuje velmi často, dostala vlastní pojmenování a to farad (značka F). [8]

5.4 Měření

V elektrickém poli se živá tkáň chová jako zvláštní druh vodiče. Oproti elektrolytům a kovovým vodičům se tkáň odlišuje svojí mikroskopickou a makroskopickou nehomogenitou. Elektrický proud prochází při průchodu tkáněmi prostředím různého chemického složení, viskozity a struktury jako je mezibuněčné prostředí, buněčné membrány, základní cytoplasma nebo buněčné organely. Každé z těchto prostředí je charakterizováno určitou měrnou vodivostí. [10]

Význam měření stejnosměrným napětím je pro biologii omezený, hlavně pro nekontrolovatelnou polarizaci. Při těchto měřeních je rozdíl mezi hodnotami naměřenými v okamžiku zapnutí a v ustáleném stavu. O hodnotě skutečné impedance tkáně bývá těžké rozhodnout. Smysl měření stejnosměrnými metodami je jen v tom, že jimi lze zjistit ohmický odpor různých tkání.

Tkáň nemá pouze statickou složku impedance R , která je dána při stejnosměrných metodách a to především vodivostí mezibuněčné tekutiny, tkáň má také dynamickou složku, která souvisí s polarizací. Pokud prochází proud, vznikají na biologických rozhraních protipotenciály, podobně jako při nabíjení kondenzátorů. Díky tomu, že polarizační potenciály působí proti primárnímu přiloženému napětí, projevují se stejně jako přírůstek impedance.

Vliv polarizace lze u stejnosměrných měření omezit jen omezením velikostí protékajících proudů. Velký význam pro nás má použití malých proudů a napětí, protože vztah mezi proudem tekoucím tkání a přiloženým napětím je lineární jen do určité hodnoty proudové hustoty, za kterou je udávána hodnota $10^{-5} A/cm^2$. Při vyšších hustotách přestává platit linearita napětí a proudu, tedy mění se impedance, a to především v důsledku uplatnění polarizačních prvků [22]

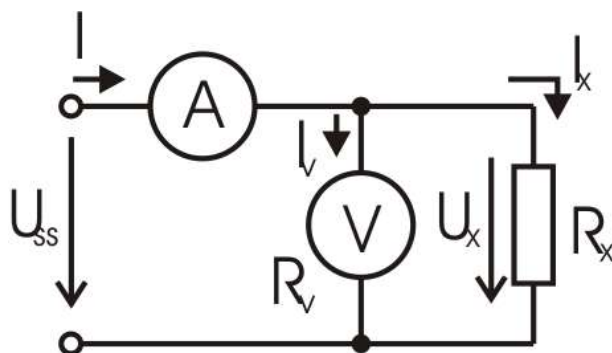
Elektrický odpor můžeme měřit četnými metodami a to například Ohmovou metodou, srovnávací metodou, voltmetrem, ohmetrem nebo odporovým můstkem. [21]. Měření multimetrem (ohmetrem) se provádí bez proudu, tedy jsem připojil multimetr k přípravku, stejně tak pro měření kapacity prstu.

Pro toto měření jsem využil ohmovou metodu s napětím 6V a 25V a metodu měření ohmetrem bez proudu. Zapojení s napětím můžete vidět na obrázku 5.1.

5.5 Elektrický odpor kůže a falzifikátů

Elektrický proud se dostává do organismu přes kůži cestou nejmenšího odporu, tj. přes vlasové folikuly nebo vývody potních žláz. Průchodu stejnosměrného proudu tkání kladou odpor zejména buněčné membrány. Stejnosměrný proud prakticky nepropouštějí vazivové blány a tuková tkáň. Na straně druhé, nejlepšími vodiči stejnosměrného proudu jsou krev, mozkomíšní mok a svaly. Zástava životních pochodů má za následek pokles odporu a konečná hodnota odporu mrtvé tkáně odpovídá řádově elektrickému odporu cytoplazmy, což svědčí o rozpadu buněčných membrán. [17]

Kůže je považována za látku, která má velmi vysoký odpor, avšak odpor je velmi proměnlivý. Velmi záleží, jestli měřený člověk je žena nebo muž. Také záleží na aktuálním



Obrázek 5.1: Ohmova metoda. [1]



Obrázek 5.2: Přípravek pro měření odporu a kapacity prstu

fyzickém a psychickém stavu. Pokud je člověk ve stresu tak se potí, tím se snižuje jeho odpor a dochází ke zvyšování vodivosti. [20]

V průběhu dne a také roku se mění velikost odporu, na podzim a zimu je odpor kůže 2x větší, než v létě a na jaře (stejná teplota měření). Úroveň kožního odporu se za normálních okolností pohybuje řádově mezi jednotkami až stovkami kiloohmů, v závislosti na hustotě proudu, typu elektrod apod. Další aspekt na velikost odporu mají léky a spánek, díky tomu může odpor vzrůst až na jednotky megaohmů. [20]

Mokrá nebo nějak poškozená kůže může snížit odpor těla až na 1000Ohm. Pokud člověkem prochází proud, velikost proudu závisí na cestě, kterou proud prochází. Na různých částech těla máme tedy různý odpor. [23]

5.6 Druhy a podmínky měření

Měření jsem prováděl sám na sobě a to konkrétně na pravém ukazováčku a poté jsem měřil falzifikáty. Experiment probíhal v místnosti se stálou pokojovou teplotou a vlhkostí.



Obrázek 5.3: Ukázka falzifikátů pro měření s elektrickým proudem

5.7 Popis zařízení

Měření bylo prováděno na mnou sestaveném přípravku viz. obrázek 5.2. Kontaktní plochy přípravku jsou ze zinku, který se vyznačuje vysokou elektrickou vodivostí. Plochy jsou od sebe vzdáleny pouze 4mm, plochy jsou ve tvaru kruhu s poloměrem 5mm. Na zařízení je instalována zarážka, která zajišťuje, aby při měření se prst dotýkal na stejně vzdáleném místě od konečku prstu a to 4mm od konce prstu. Toto zařízení bylo poté připojeno pomocí měděných vodičů k multimetru UNIT-T UT58C, případně ještě ke zdroji stejnosměrného napětí (Manson NP-9515) podle typu měření. Připojený multimetr umí měřit odpor s přesností $\pm 0.8\%$, což je dostatečně přesné. Kapacitu s přesností $\pm 4\%$, to již tak přesné není. Při měření bylo postupováno podle manuálu multimetru.

5.8 Popis falzifikátů

Falzifikáty jsou většinou vyrobeny z nějaké gumy, papíru. Většina z nich je tedy nevodivá, proto pro podvržení systému, který funguje na principu měření elektrického odporu, se musí falzifikát nějak navlhčit, aby se stal vodičem. Poté je možné na daný systém bez problému zaútočit, pokud budeme například papír postupně zvlhčovat, bude se pomalu stávat vodičem s určitým odporem, který můžeme regulovat. Fotografie falzifikátů můžeme vidět na obrázku 5.3

5.9 Výsledky měření

Hodnoty elektrického odporu jsou dosti proměnlivé a záleží na mnoha faktorech. Všechny falzifikáty až na jeden nevedou elektrický proud tj. mají nekonečný odpor. Jeden, který vedl je vyroben z tropicalginu, který můžete vidět na obrázku 5.4 . Tento falzifikát byl na dotek vlhký a odpor tohoto vzorku byl 810Ω při měření odporu bez napětí, pod napětím 6V bylo naměřeno 1.153Ω a pod napětím 25V se odpor vyšplhal na 2155Ω . Odpor mého živého prstu byl velmi kolísavý při více měřeních. Při měření bez napětí odpor dosahoval na 235.000Ω , pod napětím 6V 146.341Ω a pod napětím jsem si naměřil 88.105Ω . Důvodem proč jsou tyto hodnoty tak různé, byly popsány výše, v tomto případě to byl nejspíše důvod



Obrázek 5.4: Detailnější ukázka falzifikátu z materiálu tropicalgin

pocení prstu. Myslím si, že pokud by živý prst byl silně propocený, případně by se namočil mohl by klesnout odpor na stejné hodnoty jako na falzifikát z tropicalginu.

Co se týče elektrické kapacity u živého prstu bylo naměřeno $0,116nF$. Plastelína měla extrémně malý elektrický náboj a to $0,05nF$ a elektrická kapacita materiálu tropicalgin je $0,037nF$. Všechny ostatní materiály se pohybovaly okolo hodnoty $0,045nF$. Naměřené hodnoty elektrické kapacity nejsou dostatečně přesné a použitelné jako detekce živosti prstů. Jako zlepšení navrhuji použít přesnější měření s více lidmi, to však není předmětem této práce.

Na daný systém bych tedy označil za dost nespolehlivý a to z toho důvodu, že odpor našeho těla se mění v dost krátkém časovém rozmezí, proto by bylo nutné, aby tento systém počítal jak s propocenými rukami tak i kompletně vysušenými. Tím pádem by bylo zapotřebí, aby mechanismus pustil do systému velkou škálu lidí s širokým rozsahem odporu. To by však poté pro útočníka bylo velmi jednoduché. Myslím si, že namočená guma by byla dostatečná na prolomení daného systému.

Kapitola 6

Návrh

V této kapitole se dočtete vše o návrhu celého systému. Dále se zde dozvíte jakým měřícím přístrojem, se snímání provádělo a jak bylo testováno. Zjistíte také něco o skupině lidí společně s tím jaké druhy falzifikátů byly použity pro tuto práci.

6.1 Cíle a motivace

Cílem této práce je vytvořit systém detekce živosti na základně optických vlastností prstů. Tento systém bude obsahovat trénovací databázi vzorků, se kterou budeme porovnávat s aktuálním vzorkem na zařízení. Výsledný program by měl odmítnout nebo přijmout daný vzorek do systému.

V této části práce bude popsáno zařízení. Poté se tato část zaměřuje na to jak probíhalo snímání vzorků a následný jejich popis. Také budou rozebrány závěry jednotlivých experimentů, které byly provedeny.

Tuto práci bych rozdělil do několika částí, které na sebe budou navazovat. První částí je příprava snímacího zařízení, poté je potřeba nasnímat vzorky falzifikátů a živých lidí a vytvořit databázi, kterou je pak potřeba analyzovat. Po analýze navrhnout vhodný algoritmus, který následně implementovat. Výsledný systém důkladně otestovat případně jej opravit nebo navrhnout jinak. Vše bude v této kapitole popsáno.

6.2 Příprava

Příprava snímacího zařízení je potřeba zvolit vhodný typ měřícího zařízení, společně s tím jaké komponenty budeme využívat. Pro tuto práci jsme zvolili využití tří různých LED diod, který vyzařují světla o různých světelných délkách. A to konkrétně diodu UV a dvě IR diody vlnovými délkami 740-745nm a 940nm. Prvotním návrh bylo také využití RGB modulu. Ten však po konzultaci s optiky nebyl využit. Dozvěděl jsem se, že RGB modul nemění vlnové délky, ale pouze vyzařuje více energie z jednotlivých modulů, tak aby se pro naše oko světlo jevílo jako světlo určité barvy. Vlnová délka je však stále stejná.

Další důležitou částí zařízení je fotosenzory, které musí odražené světlo přijímat. V zařízení bylo použity tři druhy fotodiod. První má široký záběr, tj. přijímá světelnou energii z velkého rozsahu. Do této fotodiody se dostane mnohem více energie než do fotodiody, která je takzvaná pinová. Druhá fotodiody přijímá světlo pouze z určitého bodu. Další fotosenzor je RGBW modul. Tento modul umí posoudit barevnou složku, využívá světelného modelu RGBW, kde R (red) nám charakterizuje červenou světelnou složku, G (green) ze-

lenou složku a B (blue) modrou složku. W nám označuje takzvaný bílý (WHITE) kanál, který dovoluje fotodiodě reagovat na všechny barvy světla. Tento modul by měl být využit hlavně u viditelného světla, je velký předpoklad, že u světla, které není pro naše oko viditelné, tento modul bude nepoužitelný. Daným fotodiodám je také nutné nastavit určitou citlivost, pro určité světla a vlnové délky.

6.3 Popis zařízení

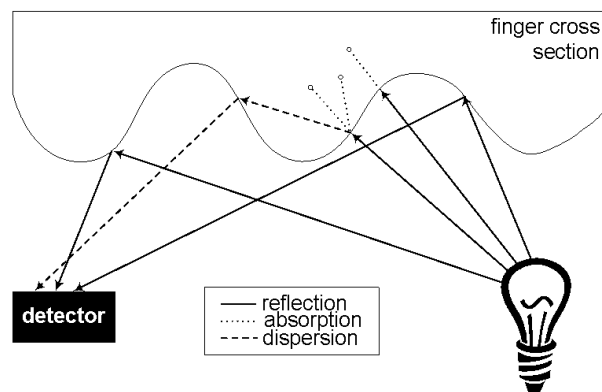
Zařízení, které mi bylo vypůjčeno od fakulty, je tedy konstruováno, tak aby prst byl osvětlován na druhém článku prstu, a světlo je přijímáno na dvou místech a to ve stejné vzdálenosti od vyzařující diody. Jedna je směrem k dlani a druhá směrem ke konečku prstu. Třetí fotodioda je tzv. referenční, která přijímá světlo z okolí. Ta však nebude využívána v této části práci.

Tyto fotodiody jsou vloženy do vyfrézovaného hliníkového zařízení, do kterého se poté vkládá prst. Fotodiody s diodou jsou připojeny na základní desku s přepínači, na které se nastavuje citlivost fotodiod. Na této desce se také nachází mnoho DA/AD převodníků, které převádějí přijatý proud z fotodiod do vývojové desky NUCLEO-F411RE, která je následně připojena k PC, který komunikuje s celým systémem. Z počítače vysíláme informace o velikosti vstupního proudu k LED diodám. Intenzitu světla tedy ovládáme pomocí počítače. Deska je schopna vyslat maximální proud o velikosti 460mA, což je dostatečně pro daný systém. Musíme také zvážit to, aby se LED diody nepřehřívaly a nedocházelo k popálení tkáně nebo poškození očí. UV dioda je schopna pracovat s maximálním proudem pouze 350mA, IR diody pak zvládnou až 700mA. Vývojová deska NUCLEO je napájena z počítače USB portem. Základní deska, která je pod vývojovou deskou je však napájena zvlášť a to z důvodu dostatečného napětí u LED diod, deska je pod napětím 5V a proudem 500mA. Na této desce se také nacházejí přepínače, se kterými lze přepínat citlivost fotodiod.

Citlivost diod musí být nastavena pro každé světlo zvlášť a to z toho důvodu, že některé světlo přijmeme a některé odrazíme. Např. UV záření přijímáme zcela běžně ze slunečního záření, proto tedy UV světlo nám projde kůží a nedorazí se. Odraženého světla charakteristického pro UV je pak minimum, oproti infra-červenému světlu. Pokud bychom nechali citlivost stejnou pro obě diody, nic bychom nezjistili a to z toho důvodu, že fotodioda má určitý rozsah. Tento rozsah nastavujeme vložním určitého odporu do obvodu. Čím větší odpor použijeme, tím citlivěji se bude fotodioda chovat. Využívá se zde Ohmova zákona. Napětí, které odečítáme z fotodiody je od 0V do 2V. Za předpokladu, že použijeme špatný odpor, bude napětí minimální nebo maximální, což by pro nás byla nulová informace. Velikost odporů byla zvolena podle experimentů před nasnímáním databáze.

6.4 Použití zařízení

Po nastavení zařízení a zapojení správné LED diody se prst může vložit na snímací plochu. Každý snímající byl poučen, o tom, že prst má být lehce přitlačen po celé délce. Osoba byla také poučena o tom, že po celou dobu měl udržovat stejný tlak, tak aby přitlačená kůže, neovlivňovala výsledky. I přestože zařízení disponuje referenční fotodiodou, tak pro měření bylo zařízení vloženo do papírové krabice, do které byl vyřezán otvor pro ruku. Vložení do krabice je z důvodu, aby výsledky měření nebyly ovlivňovány okolním světlem, protože měření může být prováděno v různých místnostech v různou denní dobu a s různým osvětlením. Po uzavření prostoru je možné začít provádět měření. Po měření bylo nutné



Obrázek 6.1: Schéma zachycující průběh světelných paprsků při použití zařízení. [4]

kontrolovat výsledky, protože zařízení občas odeslalo špatnou hodnotu. Po každém měření je potřeba přenastavit zařízení na jiné světelné záření.

Obsluha zařízení se stává z těchto kroků:

1. Nastavení zařízení pro určité světlo
2. Přiložení prstu
3. Uzavření prostoru a následné snímání
4. Kontrola výsledků
5. Změna nastavení zařízení pro jiné světla

6.5 Vzorky lidí

Nasnímáno bylo 50 vzorků. Lidé byli různého pohlaví a věku, které je rovnoměrně rozloženo. V databázi se nachází lidé, kteří pracují manuálně i kteří jsou celý život v kanceláři. Dva vzorky jsou také děti mladší 15 let, nejstaršímu vzorku je přes 60. Jedna čtvrtina lidí jsou studenti. Bohužel jsou všechny vzorky europoidní rasy a to z důvodu, pro mne těžko sehnatelné negroidní nebo asijské rasy. Někteří lidé používají různé krémy pro zvlhčení pokožky, které by mohlo více odrážet osvětlení, někteří však nikoliv. Nachází se zde dvacet pět žen a dvacet pět mužů. Několik vzorků však muselo být vyřazeno a to například z důvodu špatného snímání nebo případných onemocnění. Někteří lidé měli prsty silnější, někteří měli hubenější. Žádný prst však nebyl tak úzký, aby snímání bylo ovlivňováno okolním světlem.

6.6 Falzifikáty

V této části byly nasnímané rozdílné falzifikáty, než v části s elektrickým proudem. Tyto falzifikáty byly dodány fakultou. Bylo nasnímano sedm falzifikátů. Každý z nich je jiné barvy a zároveň z různých materiálů. Každý falzifikát byl nasnímán jednou. Snímání probíhalo u některých materiálů pouze na první fotodiodě a to z důvodu délky pár falzifikátů. Útok pak probíhá tak, že se u druhého měřicího bodu použijí hodnoty z prvního měřicího bodu. Při snímání vzorky byly přitlačeny průhlednou tyčinkou, jak můžete vidět na fotce 6.3. Tato



Obrázek 6.2: Použité falzifikáty pro optickou metodu

tyčinky by neměla ovlivňovat světelné záření. Vzorky byly přitlačeny z toho důvodu, aby dosedaly dobře na snímací plošku tak jako prsty.

Falzifikát pod číslem jedna je guma pro výrobu skákajících míčků. Tato guma je proti světlu transparentní, pevná ale lze lehce ohnout, barva je oranžová. Vzorek číslo dvě guma, také transparentní proti světlu, žluté barvy. Třetí vzorek je velmi ohebný, po ohnutí se však vrací do své původní podoby. Tento vzorek není po celé ploše stejně silný, proto po krajích je transparentní, avšak uprostřed, kde je silnější již transparentní není, barvu bych charakterizoval jako tmavě oranžová. Vzorky čísel čtyři a pět jsou plastelíny první z nich je červená, druhá růžová. Netransparentní, tvárné. Šestý falzifikát je drobná hmota, která není transparentní a je bílé barvy. Poslední falzifikát je vosk červené barvy, který je velmi slabý, je transparentní. Po zahřátí tvárný.

6.7 Testování zařízení

Před samotným snímáním bylo potřeba celé zařízení otestovat a vyzkoušet jak se chová v různých situacích a určit si, které prsty jsou vhodné a nevhodné. Už při testování jsem narazil na problém, že některé ženy menšího vzrůstu nemají prsty dostatečně silné a dostatečně dlouhé, tak aby pokrývali celou plochu zařízení. Tento problém však nebylo možné vyřešit, protože plocha již byla vyfrézovaná. Zařízení obsahuje tři výřezy pro 3 LED diody, byla však využívána pouze jedna a to ta prostřední. Jako zlepšení do příště by tedy bylo dobré oddělat dvě díry a fotodiody dát blíže k sobě, anebo předělat základní desku, tak aby bylo možné připojit tři LED diody naráz. Další věc, kterou by bylo dobré více promyslet pinové fotodiody, které bylo velmi těžké naladit na jednotlivá světla tak aby bylo možné



Obrázek 6.3: Ukázka vložení falzifikátu na přístroji

přijímat světlo z různých materiálů v celém spektru fotodiody. Pro následné skenování se využívalo pouze větších fotodiód a RGBW modulu. Celé zařízení občas zanechává chybu v měření. Tato chyba však není tak častá, aby ovlivňovala výsledky. Dále jsem také při testování implementoval ukládání do souboru. Využil jsem pro to formát souboru CSV. Jsou to hodnoty, které jsou oddělené čárkou. Každé měření vytváří dva nové soubory, jeden pro fotodiody a druhý pro RGBW modul. V prvním sloupci můžeme vidět výstupní hodnotu proudu (proud pocházející LED diodou), která je následně přepočítána do reálné hodnoty. V ostatních sloupcích se dále nachází jednotlivé hodnoty z fotodiód a z jednotlivých kanálů RGBW modulu.

Kapitola 7

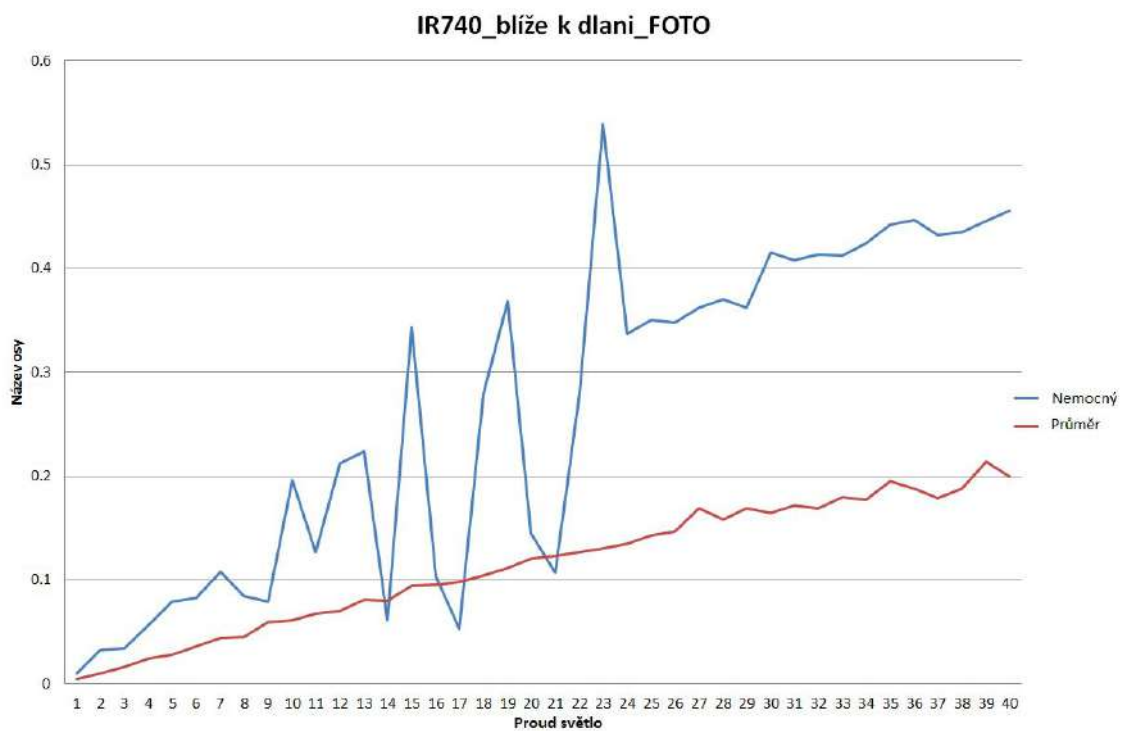
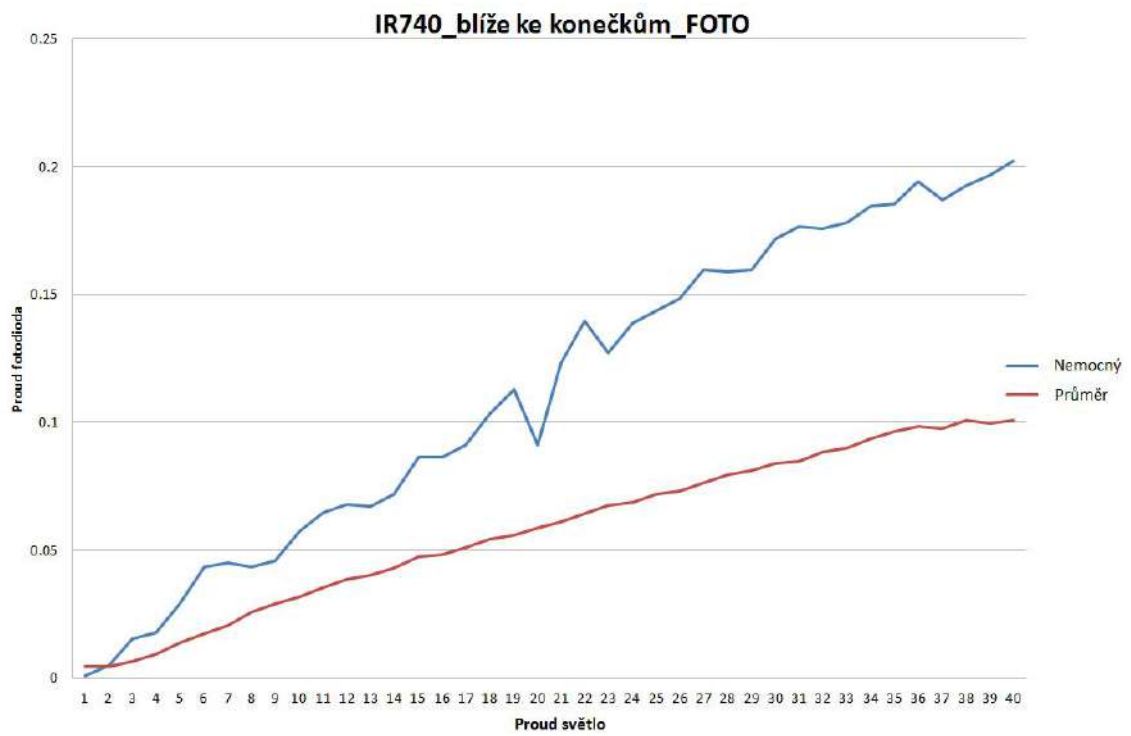
Analýza naměřených hodnot a jejich zpracování

Bylo nasbíráno poměrně velké množství dat, z jednoho měření bylo nasbíráno 896 hodnot. Analýza probíhala tím stylem, že jsem si vykreslil všechny grafy pro každou fotodiodu a pro každý kanál RGBW modul zvlášť a to tak že na ose X se nachází vstupní proud do LED diody a na ose Y se nachází proud, který je přijímán z jednotlivých kanálů. Následná analýza probíhala tak, že jsem to stejné udělal pro falzifikáty a postupně analyzoval jednotlivé grafy tak aby tyto hodnoty bylo možné použít pro detekci živosti.

Po zhlédnutí určitých grafů, jsem zjistil, že určití uživatelé jsou úplně mimo křivku všech ostatních, většinou byli tak dva až tři pod a nad hlavním proudem všech ostatních uživatelů. Toto může indikovat různé věci. Buď měření neproběhlo správně a to například tak, že nebyla zapojené napájení LED diody, nebo že LED dioda byla špatně umístěna. Další možností je, že uživatel neměl zcela korektně celou plochu prstu na snímacím zařízení, to by zapříčinilo, že by se do fotodiody dostalo více světla, ale stále by křivka byla stoupající. Pokusil jsem se tedy o zkontaktování některých takto špatně vyhlížejících vzorků s tím, jestli by byli ochotni podstoupit znovu měření. Bohužel, se mi nepodařilo kontaktovat všechny. Některé lidi jsem tedy znovu naměřil a dostali se do rozsahu ostatních uživatelů. Jeden mi však prozradil, že má problémy s karpálními tunely a pokud necvičí, jeho prsty ho brní a špatně do nich proudí krev. Bohužel, jsem nebyl schopen tento vzorek znovu změřit. Věřím však, že by tento vzorek měl stejné výsledky jako minulé měření. Hlavním důvodem mého úsudku je, že pokud se v prstech nachází méně okysličené krve, než u ostatních, světlo se odráží zcela rozdílně. Tato výchylka se projevila u světla IR740 na fotodiodách viz graf 7.1. Jeho prsty byly na pohled dosti rozdílné od normálních prstů, byla zjevná nemoc na první pohled. Tohoto uživatele jsem tedy následně vyřadil z databáze. Ostatní lidé, kteří nebyli k dosti, jsem ponechal v databázi pro reálnější výsledky. Pokud by se měl systém, využívat v reálných podmínkách, měl by počítat i s lidmi, kteří mají různé onemocnění jako například chudokrevnost.

7.1 IR940

Po analýze jsem tedy zjistil, že využití RGBW modulu při použití infračerveného světla o vlnové délce $940nm$, které nevidí lidské oko je nevhodné a zcela nepoužitelné. Vyřadil jsem proto tyto hodnoty z výzkumu. Tyto hodnoty se pohybovaly na velmi nízké hodnotě, tj. zobrazovali černou barvu. White kanál jsem ponechal, ten totiž sbírá aktuální bílou složku



Obrázek 7.1: Srovnání člověka se syndromem karpálního tunelu se zdravým člověkem

světla a je tedy použitelný. Fotodiody pro IR940 jsou použitelné a to z toho důvodu, že dokáží zachytávat světlo pro nás neviditelné. Tento princip je využíván například u televizních ovladačů, proto světlo není nebezpečné pro naše oči a tělo.

7.2 IR740

Toto světlo o vlnové délce 740nm se jeví dle grafů velmi použitelné pro detekci živosti. Mnoho vzorků se nachází v určitém spektru, a proto spolehlivost případného systému může být velmi dobrá. Z grafů je zřejmé, že hodnoty se pohybují mimo hodnot falzifikátů. RGBW modul se zdá bude moci být využit velmi dobře. Hodnoty z modulu nejsou nulové a dají se využít pro náš účel.

7.3 UV

UV světlo se jeví podle grafů dost nepoužitelné, protože hodnoty se pohybovali dost různě, i přesto jsem toto měření nějak pokusil využít dále. To, že je toto světlo různé je způsobeno hlavně tím, že pro kůži je přirozené přijímat UV světlo od přírody a to ze sluníčka, každé tělo však toto světlo odráží dosti různě. Záleží na obsahu pigmentu v naší kůži a dalších biologických aspektech. Hodnoty z RGBW modulu se pohybovaly také dost široce, avšak si myslím, že by toto světlo mohlo být použitelné pro detekci živosti.

7.4 Algoritmus a zpracování dat

Cílem této sekce je popsat algoritmus a výpočty, které jsou prováděny nad daty.

Prvním krokem je tedy nějak zpracovat databázi tak abychom podle ní mohli porovnávat. To jsem vymyslel díky aritmetickému průměru daných hodnot, kdy jsem pro každou hodnotu z určitého kanálu s určitým proudem sečetl a podělil počtem osob v databázi. Toto jsem udělal pro každý kanál. Tímto mi vznikla jedna křivka. To však pro náš experiment nestačí. Zapotřebí je vytvořit určitý práh, kdy si tuto křivku rozšíříme. Tímto máme obsaženou určitou oblast v grafu. Pokud tedy začneme porovnávat přiložený vzorek s databází, musíme porovnat každou hodnotu vzorku s touto oblastí. To docílíme tím, že odečteme aktuální hodnotu křivky databáze s hodnotou vzorku, z této hodnoty vypočítáme absolutní hodnotu a porovnáme s naším zvoleným prahem. Aby kanál vzorku byl propuštěn do systému je zapotřebí aby se nacházel aspoň polovinou svých bodů v oblasti kolem křivky. Aby se vzorek dostal do celého systému, musí projít alespoň polovinou všech testů.

Prahy jednotlivých kanálů byly vytvořeny experimentálně a to tím způsobem, že jsem zkoušel útočit pomocí falzifikátů a nastavit je tak, aby jich bylo odmítnuto co nejvíce. Poté jsem začal přistupovat pomocí živých prstů a měnil tyto prahy tak aby jich prošlo co nejvíce. Tento algoritmus jsem opakoval, dokud jsem nebyl dostatečně spokojen s výsledky. Tato část by měla být spíš automatická, to by mohlo jít vytvořit například pomocí teorie grafů. Pak by dosažené výsledky mohly být mnohem lepší. Nejlepší řešení by pak bylo zjistit určitý práh pro každou hodnotu proudu. A to z toho důvodu, že při menším proudu bude práh mnohem menší. Takovýto systém by pak dosahoval nejlepších možných výsledků.

Kapitola 8

Popis programu

V této kapitole bude popsán kompletně celý program, který zpracovává hodnoty z přístroje pro měření optických vlastností. Tento program je schopen data načítat, kontrolovat, ukládat do určitého formátu. Aplikace také zvládá zpracování dat, a to tím způsobem, že na vstup jí pošlete data z přístroje, aplikace pak sama nahlídne do své aktuální databáze, kterou zpracuje a podle toho vyhodnotí, jestli dané data pochází z falzifikátu případně, jestli je vzorek živý.

8.1 Implementace

Aplikace je konzolová a napsaná v programovacím jazyce C#. Byla vyvíjena a testována ve vývojovém prostředí Visual Studio 2015 a operačním systémem Windows 10. Pro ovládání této aplikace, je zapotřebí do ní poslat správný vstup v podobě argumentů. Přesné popisy ovládání budou popsány v této kapitole. Program začíná vytvořením objektu, který v sobě uchovává data a informace o souboru. Objekt poté invokes metodu, která provede načtení souboru, který se nachází ve složce `database`, zde se musí nacházet minimálně šest souborů a to pro každé světlo dva. Jeden je soubor s daty pro fotodiodu a druhý je pro RGBW modul, takto pro každé světlo zvlášť. Takto vytvoříme šest objektů, pro každý soubor jeden. Metoda pro načtení se nazývá `Load()`, její vstupní argumenty jsou název souboru. Následně se načte stejnou metodou data vzorku, který přišel na vstup. Na vstupu očekáváme tedy jméno dvou souborů a informaci o jaký ty světla se jedná. Tyto dva soubory musí být ve složce `utokSoubory`. Obecné spuštění aplikace je tedy `BP soubor_fotodiody soubor_rgb typ_svetla`. Možnosti pro volbu světla jsou `UV`, `IR740`, `IR940`. Další postup, který je potřeba udělat nad objektem je zavolat metodu `PripravData()`, která má za úkol propočítat data, které jsou uloženy v objektu z databáze a připravit tak databázi pro následný útok. Posledním krokem je pak zapotřebí, aby objekt s načtenou databází zavolal metodu `provedUtok()`. Tato metoda očekává na vstupu objekt s připravenými daty o útočícím vzorku. Aplikace sama vybere práh, který má použít, podle zadaného světla a provede útok. Následně program vypíše, ze kterých kanálů by se vzorek do systémů dostal a ze kterých ne. Poté vypíše definitivní výsledek, vypočten ze všech kanálů, jestli je vpuštěn nebo ne, vzorový výstup je zde [8.1](#)


```
FOTODIODA - blíže k dlani = VPUŠTĚN DO SYSTÉMU
FOTODIODA - konečky prstu = ODMÍTNUT!

RED - blíže k dlani = VPUŠTĚN DO SYSTÉMU
GREEN - blíže k dlani = VPUŠTĚN DO SYSTÉMU
BLUE - blíže k dlani = VPUŠTĚN DO SYSTÉMU
WHITE - blíže k dlani = VPUŠTĚN DO SYSTÉMU
RED - konečky prstu = ODMÍTNUT!
GREEN - konečky prstu = VPUŠTĚN DO SYSTÉMU
BLUE - konečky prstu = ODMÍTNUT!
WHITE - konečky prstu = ODMÍTNUT!

VPUŠTĚN CELKOVĚ DO SYSTÉMU
```

Obrázek 8.1: Vzorový výstup programu

Kapitola 9

Výsledky a testování programu

Tato kapitola je věnována testování navržených a naimplementovaných částí a jejich výsledky. Testy byly také prováděny průběžně při implementaci, protože zvolený práh se volil podle aktuální úspěšnosti.

9.1 Výsledky

Program byl testován se sedmi falzifikáty a se 45 různých živých prstů. Experimenty ukázaly, že je možné tuto detekci živosti využít v budoucnu. Je však zapotřebí se ještě zapracovat na celkové implementaci a otestování většího počtu falzifikátů. Dále je potřeba vložit více vzorků s různými nemocemi, aby výsledky byly reálnější. Celkové výsledky můžete vidět v jednotlivých tabulkách. Výsledky jsou velice slušné, avšak nejsou stoprocentní. Při UV záření, jsem dosáhl správného přijetí přibližně 98%, bohužel nesprávně přijaty byly však dva falzifikáty. U infračervených záření jsem se dostal na úspěšné výsledky, co se týče správného odmítnutí, přijetí však dosahuje pouze k 88%. Myslím, si že pokud by se zvýšil počet falzifikátů, počet nesprávných přijetí by se ještě zvětšil.

9.2 Identifikace

Se zpracováním dat také přišla idea, jestli by nebylo možné, podle optické charakteristiky prstu jednoznačně určit člověka. Touto myšlenkou, jsem se tedy začal zabývat. Nasnímal jsem se sebe a ještě jeden vzorek desetkrát, pokaždé s jiným světlem. Každé snímání probíhalo v rozmezí pár sekund, avšak mezi každým snímáním, byl prst oddělán a poté zase přiložen. Tyto hodnoty jsem pak dal do grafu a zjišťoval, jestli jsou takové hodnoty vůbec použitelné. Porovnával jsem tyto dva vzorky mezi sebou a zároveň jsem je porovnával s databází 50 lidí. Toto zpracování neprobíhalo automaticky. Z těchto dat, jsem tedy usoudil, že tato metoda pro jednoznačnou identifikaci uživatele není vhodná a to z toho důvodu, že všech 50 lidí se pohybuje v určitém spektru. Zároveň je také problém v tom, že pokud

UV	Celkem	Správně přijato	Chybně odmítnuto	Správně odmítnuto	Nesprávně přijato
Živé prsty	45	44	1	-	-
Falzifikáty	7	-	-	5	2

Tabulka 9.1: Tabulka zobrazující výsledky s UV zářením

IR740	Celkem	Správně přijato	Chybně odmítnuto	Správně odmítnuto	Nesprávně přijato
Živé prsty	45	40	5	-	-
Falzifikáty	7	-	-	7	0

Tabulka 9.2: Tabulka zobrazující výsledky s infračerveným zářením s vlnovou délkou 740nm

IR940	Celkem	Správně přijato	Chybně odmítnuto	Správně odmítnuto	Nesprávně přijato
Živé prsty	45	40	5	-	-
Falzifikáty	7	-	-	7	0

Tabulka 9.3: Tabulka zobrazující výsledky s infračerveným zářením s vlnovou délkou 940nm

se 10x nasnímá stejný prst, tak se charakteristika nepohybuje na stejné úrovni, jsou tu různé odchylky. Zároveň jednotlivé křivky mají podobný průběh, avšak jiné hodnoty, nelze tedy najít dostatečné specifikum, které by charakterizovalo jednotlivý prst. Toto všechno nám pak znemožňuje jednoznačně identifikovat, určitého člověka. Teoreticky by bylo možné použití jako verifikace a jako dodatečné ověření společně s otisky prstů. To by však mohlo být více na škodu z důvodu chybného odmítnutí, zde by velmi záleželo na implementaci.

9.3 Možnosti zlepšení

Na tomto typu detekce je ještě co zlepšovat a zkoumat, avšak myslím si, že potenciál tam je. Určitě zajímavé řešení by bylo využití různého světelného záření a to porovnávat společně. Tím pádem bych dokázali odhalit více falzifikátů, protože útočník bude velmi těžko hledat falzifikát, který bude odrážet všechny vlnové délky stejně. Jako další zlepšení bych navrhoval automatické najetí zvolené prahu pro určité světla, to by zcela jistě zlepšilo dosavadní výsledky.

Kapitola 10

Závěr

V rámci této práce jsem se seznámil s problematikou biometrie, detekcí živosti prstů a zároveň také s jejich otisky. Cílem této bakalářské práce bylo nasnímat databázi multispektrálních charakteristik prstů, dále pak vytvořit aplikaci, která bude rozhodovat, zda daný vzorek je živý nebo neživý. Snažil jsem se svoji práci dělat tak, aby materiály, které jsem vytvořil, mohli být použity v budoucnu pro další výzkum, anebo pro řešení komerčně použitelného systému.

Krátkou částí této práce bylo také zpracování elektrických vlastností prstů a použití odporu a kapacity prstu pro detekci živosti. To jsem však vyhodnotil jako nepoužitelné z důvodu rychle měnících se hodnot v průběhu dne a roku.

Konkrétní implementace byla přizpůsobena sadě testovacích vzorků, tak abych nastavil správný práh pro určitá světla a tím dosáhl co nejlepších možných výsledků. Možné zlepšení bych navrhoval určit automaticky práh pro každý bod dané křivky. Dále bych předělal vývojovou desku, do té podoby aby vstupní proud do LED diody mohl být mnohem větší, ale ne tak velký, aby byl zdraví škodlivý. Bylo by také výhodné, aby na desku bylo možné připojit více než jedna LED dioda. Dále by bylo zcela jistě zapotřebí toto zařízení otestovat při různých okolních osvětlení a ne pouze v tmavé komoře.

Jak ukázalo testování, aplikace dobře pracuje a správně přijímá a odmítá vzorky, ne však natolik dobře, aby ji bylo zatím možné použít v komerční sféře. Výsledek je tedy pro mne uspokojující, neměl jsem však možnost využít většího počtu falzifikátů. Jako nejlepší zlepšení navrhuji využít kombinaci světel pro vyhodnocení.

Kladem této metody je fakt, že je rychlé a jednoduché jak na výpočet, tak na snímání. Nevýhodou může být odmítnutí živých vzorků, kteří mají různé onemocnění jako je například chudokrevnost.

Literatura

- [1] Albert, F.: *Měření odporu*. Březen 2016, [Online; navštíveno 27.02.2017].
URL http://www.wikiskripta.eu/index.php/M%C4%9B%C5%99en%C3%AD_odporu
- [2] Doleželová, L.: *Návrh a konstrukce zařízení pro optické snímání vzorků kůže*. Diplomová práce, Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně, 2014.
- [3] Drahansky, M.: *Fingerprint Recognition Technology - Related Topics: Skin Diseases, Image Quality and Liveness Detection*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, ISBN 3844330070.
URL <https://www.amazon.com/Fingerprint-Recognition-Technology-Diseases-Detection/dp/3844330070?SubscriptionId=0JYN1NVW651KCA56C102&tag=techkie-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=3844330070>
- [4] Drahansky, M.: *Liveness Detection on Fingers. Advanced Biometric Technologies*. Intech - Open Access Publisher, 2011, ISBN 978-953-307-487-0.
URL <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- [5] DRAHANSKY, M.; DOLEZEL, M.; VANA, J.; aj.: *New Optical Methods for Liveness Detection on Fingers. BioMed Research International*, č. 9, 2013, ISSN 2314-6133, [Online; navštíveno 29.01.2017].
URL <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/197925/>
- [6] Drahanský, M.; Orság, F.; Doležel, M.: *Biometrie*. Computer Press, s.r.o, první vydání, 2011, ISBN 978-80-254-8979-6, 294 s.
- [7] Drozd, R.: *Aplikace pro rozpoznávání sítnice lidského oka*. Diplomová práce, Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně, 2012.
- [8] Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J.: *Fyzika. Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. VUTIUM a Prometheus, 2000.
- [9] Harich, L.; Progner, V.: *Elektrický odpor, kapacita a indukčnost*. Bratislava:Alfa, 1980.
- [10] Hrazdira, I.; Mornstein, V.: *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Brno:Neptun, 2001, ISBN 80-902896-1-4.
- [11] Jain, A. K.; Ross, A.; Prabhakar, S.: An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, ročník 14, č. 1, Jan 2004: s. 4–20, ISSN 1051-8215, doi:10.1109/TCSVT.2003.818349.

- [12] Javorský, D.: *Biometrické testování živosti - optické vlastnosti*. Diplomová práce, Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně, 2014.
- [13] Leoš, N.: *Nové pohledy na neinvazivní laser*. Grada Publishing, 2015, ISBN 978-80-247-1651-0.
- [14] Li, S. Z.: *Encyclopedia of biometrics*. New York:Springer, 2009, ISBN 978-0-387-73002-8.
- [15] Malmivuo, J.; Plonsey, R.: *Bioelectromagnetism : principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields*. New York: Oxford University Press, 1995, ISBN 0-19-505823-2.
URL <http://www.bem.fi/book/>
- [16] doc. MUDr. Karel Ettler, C.: *Fototerapie v dermatologii* . Listopad 2014, [Online; navštíveno 29.01.2017].
URL <http://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2014/04/05.pdf>
- [17] Navrátil, L.; Rosina, J.: *Lékařská biofyzika*. Praha:Manus, 2000, ISBN 80-902318-5-3.
- [18] Pavlíková, L.: *Kůže a její ochrana před vlivem slunečního záření*. Diplomová práce, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, 2009.
- [19] Rak, R.; M.V.Ř.Z.: *Biometrie a identita člověka*. Grada, 2008, ISBN 9788024723655.
URL <https://books.google.cz/books?id=zZovjKh4szkC>
- [20] Trávníčková, H.: *Kožní odpor a psychogalvanický reflex*. Diplomová práce, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně, 2012.
- [21] Vonka, L.: *Elektrická měření - skripta*. Bratislava:Alfa, 2005.
URL <http://ebooks.skola-agc.cz/HW/Elektrick%C3%A1%20m%C4%9B%C5%99en%C3%AD%20-%20skripta.pdf>
- [22] Vratislav, V.: *Elektrické vlastnosti organismů*. SNTL, 1974.
- [23] Wallis, D.; A, T.; aj.: *Worker Deaths by Electrocution. 1998*.
- [24] Šesták, M.: *Rozpoznání onemocnění kůže na prstech lidské ruky*. Diplomová práce, Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně, 2016.

Přílohy

Příloha A

Obsah CD

- Text práce ve formátu PDF, společně se zdrojovými soubory \LaTeX
- Návod ke spuštění aplikace
- Zdrojové kódy výsledné aplikace
- Spustitelná verze programu
- Nasnímaná databáze