

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Identifikace uživatele v závislosti na světelné intenzitě

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Veronika Hartová Ph.D.

Autor: Bc. Helena Filipová

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Helena Filipová

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Identifikace uživatele v závislosti na světelné intenzitě

Název anglicky

User identification depending on light intensity

Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na identifikaci uživatele v závislosti na světelné intenzitě. Hlavním cílem je provést testování určených technologií a jejich následné zhodnocení.

Dílní cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- kvalitně zpracovat rešeršní část
- provést rozbor současných systémů pro rozpoznání osob na základě obličejových rysů
- provést sadu testování na spolehlivost systémů pro rozpoznání tváře v závislosti na světelné intenzitě.
- provést finanční zhodnocení systémů pro identifikaci člověka

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce – popis postupu měření/testování
4. Přehled řešené problematiky – studium a analýza odborných informačních zdrojů
5. Vlastní zpracování – testování spolehlivosti systémů pro rozpoznání tváře v závislosti na světelné intenzitě
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran včetně grafů, obrázků a tabulek

Klíčová slova

tvář, rys, spolehlivost, biometrie, testování, intenzita světla

Doporučené zdroje informací

HAYWARD, W.G. , FAVELLE, S.K., OXNER, M., CHU, M.H., LAM, S.M. The other-race effect in face learning: Using naturalistic images to investigate face ethnicity effects in a learning paradigm. Quarterly Journal of Experimental Psychology. ISSN: 17470218

HUANG, K.-K. , DAI, D.-Q. , REN, C.-X. , YU, Y.-F. , LAI, Z.-R. Fusing landmark-based features at kernel level for face recognition. Pattern Recognition. ISSN: 00313203

JEŽEK, V. Systémy automatické identifikace : [aplikace a praktické zkušenosti]. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-282-4.

MATYÁŠ, V. – RAK, R. – ŘÍHA, Z. Biometrie a identita člověka ve forezních a komerčních aplikacích. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.

ZACH, J. – DRÁPELA, K. Biometrie, biostatistika : vybrané části. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996. ISBN 80-7157-234-9.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2018

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2019

Prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Identifikace uživatele v závislosti na světelné intenzitě vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědoma, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědoma že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 29.3.2019

.....

Bc. Helena Filipová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce paní Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za věnovaný čas, odborné vedení a cenné rady při zpracování této diplomové práce.

Děkuji také studentům České zemědělské univerzity, kteří se dobrovolně zúčastnili měření a dali mi tak možnost vypracovat tuto diplomovou práci.

Velké poděkování patří také mé rodině a příteli, kteří mě podporovali nejen při psaní této diplomové práce, ale při celém studiu na vysoké škole.

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá identifikací uživatele v závislosti na světelné intenzitě a spolehlivostí těchto biometrických systémů, konkrétně pro rozpoznávání obličejových rysů. V první části práce je přehled řešené problematiky, s krátkou historií biometrických systémů a používané termíny u těchto technologií. Jsou zde popsány jednotlivé biometrické charakteristiky, dle kterých lze identifikovat uživatele, hodnocení spolehlivosti a klasifikace biometrických chyb. Nalezneme zde rozdílné přístupy pro rozpoznávání obličeje jako je 2D a 3D přístup.

V praktické části práce je uveden popis zařízení, která byla využita při hlavním měření této práce, a to luxmetr a biometrické čtečky. Nachází se zde podrobný popis, jak postupovalo samotné měření. Jakým způsobem byly nasimulovány potřebné světelné podmínky pro naměření různých hladin intenzit světla a zajištění ostatních zařízení pro měření. Na konci této práce je uvedeno zhodnocení a stanovení spolehlivosti těchto biometrických systémů. Součástí práce je také finanční zhodnocení jednotlivých biometrických čteček na rozpoznávání obličejových rysů.

Klíčová slova: tvář; rys; spolehlivost; biometrie; testování; intenzita světla

User identification depending on light intensity

Summary: The diploma thesis deals with users identification in dependance on light intensity and realibility of biometric systems. Specifically for facial features recognition. In the first part of the thesis we will find an overview of solved problems a short history of biometric systems the terms used in these technologies. There are described individual biometric characteristics according to which they can identify users. Reliability evaluation and classification of biometric errors. We can also find different approaches for face recognition such as 2D and 3D aproach.

Specification of the equipment used for the main measurement is presented in the practical part of the thesis, namely luxmeter and the biometric reader. There is a detailed description of how the measurement proceeded. How the necessary light conditions were simulated to measure different light intensity levels and how other measuring devices were provided. At the end of this work there is an assessment and determination of reliability of these biometric systems. The work also includes financial evaluation of individual biometric readers for facial recognition.

Key words: face; features; reliability; biometrics; testing; light intensity.

OBSAH

1.	Úvod	1
2.	Cíle práce	2
3.	Metodika	3
4.	Přehled řešené problematiky	4
4.1.	Biometrie a její historie	4
4.2.	Využívané termíny v biometrii	6
4.2.1.	Biometrie	6
4.2.2.	Identita	7
4.2.3.	Identifikace	7
4.2.4.	Verifikace	8
4.3.	Způsoby identifikace	8
4.3.1.	Otisk prstu	9
4.3.2.	Geometrie ruky	10
4.3.3.	Lidské oko	11
4.3.4.	Hlas	12
4.3.5.	Krevní řečiště	13
4.4.	Biometrické systémy	14
4.5.	Hodnocení spolehlivosti	15
4.5.1.	Pravděpodobnost chybného odmítnutí	16
4.5.2.	Pravděpodobnost chybného přijetí	17
4.5.3.	Vztah mezi FRR a FAR	17
4.6.	Obličej	18
4.6.1.	Rozpoznávání obličeje	20
4.7.	Přístupy pro rozpoznávání	26
4.7.1.	2D rozpoznávání	26
4.7.2.	3D rozpoznávání	26

5.	Praktická část práce	28
5.1.	Použitá zařízení.....	28
5.1.1.	Luxmetr - Lutron LX 1128SD	28
5.1.2.	Čtečka 1 - MultiBio 700	29
5.1.3.	Čtečka 2 - iFace 302	31
5.1.4.	Reflektor a stmívač	32
5.2.	Postup měření	33
5.2.1.	Laboratoř.....	33
5.2.2.	Čtečky	34
5.2.3.	Světelné podmínky	35
5.2.4.	Uživatelé	36
5.2.5.	Postup měření	36
5.2.6.	Vyhodnocení.....	41
5.2.7.	Shrnutí výsledků	45
5.3.	Finanční zhodnocení	46
6.	Diskuze	48
7.	Závěr.....	50
8.	Citovaná literatura	52
9.	Seznam obrázků.....	55
10.	Seznam tabulek.....	56
11.	Seznam zkratk a symbolů	57
12.	Přílohy	I

1. ÚVOD

Obsahem této diplomové práce je identifikace uživatele v závislosti na světelné intenzitě. Identifikace na základě rozpoznávání obličejových rysů.

Slovo identifikace se obzvlášť v poslední době stalo často používaným a moderním termínem. Nejen biometrie, ale také biometrická identifikace a verifikace však byly předmětem zájmu a také intenzivního výzkumu již na počátku 80. let minulého století. (1; 2)

Pojem identifikace byl dříve spojován s vojenskými a bezpečnostními aplikacemi. Především byla sdružována s kriminalistickými a soudně-znaleckými disciplínami. Začátkem těchto systémů bylo automatizované zpracování otisků prstů nebo dlaní, které byly nalezeny na místě trestného činu. (2; 3)

V dnešní době je využívána nejen u policie pro řešení kriminálních zločinů, ale také pro rozvoj moderních technologií, například u telekomunikací, informatiky a také pro rozvoj počítačových a komunikačních technologií. Je využívána v mnoha oborech a oblastech technického vývoje.

Existuje mnoho různých systémů a způsobů, jak provést identifikaci osoby a v průběhu dob se tyto systémy vyvíjely a rozšiřovaly. Co se týká dnešní doby, je schopnost automaticky rozeznat jednu osobu od druhé velice uznávaná jako krok vpřed u několika aplikačních odvětví. Mezi některé systémy identifikace a také identifikace založených na biometrickém měření, kde bylo využito různých biologických signálů, patří například otisk prstu, skenování sítnice, obličejové rysy a tváře, vzory duhovky, stopy DNA, geometrie rukou nebo například samotná chůze člověka. (1; 4)

Obličej se řadí mezi nejvýznamnější biometrické rysy. Je používán každodenně, ačkoliv si vůbec neuvědomujeme, že by docházelo k biometrické identifikaci. Je to jedna z prvních neuvědomělých schopností člověka už od narození. Jedná se o nejpřirozenější a nejvíce používaný způsob identifikace na vysoké úrovni spolehlivosti. (2; 3)

Díky neustálému vývoji a rozvoji technologií těchto systémů dochází ke snižování cen zařízení, a tak se stávají biometrické systémy více dostupnější. Již dnes jsou tyto technologie využívány i v běžných zařízeních denní potřeby jako jsou počítače nebo mobilní telefony. Díky spolehlivosti jsou systémy vhodné jak pro malé i velké firmy jako docházkové systémy nebo jako zabezpečovací systém.

2. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem je provést testování určených technologií a jejich následné zhodnocení. Práce je zaměřena na současné systémy pro rozpoznávání uživatele na základě obličejových rysů. Dílčím cílem je provést testování pro vyhodnocení spolehlivosti systémů za různých světelných intenzit. V závěru práce je uvedeno finanční zhodnocení těchto biometrických systémů.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- kvalitně zpracovat rešeršní část
- provést rozbor současných systémů pro rozpoznání osob na základě obličejových rysů
- provést sadu testování na spolehlivost systémů pro rozpoznání tváře v závislosti na světelné intenzitě
- provést finanční zhodnocení systémů pro identifikaci člověka

3. METODIKA

Pro kvalitní zpracování a analýzu diplomové práce bude čerpáno z informačních zdrojů a odborné literatury. Diplomová práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část práce využije poznatky a podklady z opatřených internetových a knižních zdrojů. Bude rozdělena do několika kapitol, z nichž první uvede do problematiky biometrie obecně, spolu s vysvětlením různých pojmů včetně krátké historie o biometrii.

Další kapitolou v praktické části budou metody rozpoznávání uživatele. Zde budou uvedeny metody jako otisk prstu, geometrie ruky a další používané metody.

Velký podíl teoretické části práce bude pojednávat o spolehlivosti biometrických systémů a vyhodnocení míry chybnosti těchto systémů. V návaznosti zde bude uvedena metodika rozpoznávání obličejových rysů, včetně detekce a lokalizace tváře, které zde budou podrobně rozebrány a popsány dle jednotlivých metod.

V praktické části bude provedeno hlavní měření této práce. Měření bude probíhat v laboratoři, kde budou připraveny potřebné podmínky a zařízení pro samotné měření. Pro měření bude zapotřebí také dobrovolníků, aby mohla být daná zařízení řádně otestována. Dále bude potřeba dvou biometrických čteček, konkrétně MultiBio 700 a iFace 302. Ke stanovení potřebných hladin světla, která jsou stěžejní pro tuto práci, bude využit reflektor se stmívačem. Pomocí těchto zařízení bude nastavena přesná intenzita světla, která bude ověřena luxmetrem.

Hlavní měření začne nahráním referenčního snímku neboli šablony od každého uživatele do systému. Dále bude probíhat testování spolehlivosti biometrických systémů. Postupně se bude měnit intenzita světla a takto budou naměřeny veškeré potřebné hodnoty se všemi dobrovolníky na obou biometrických čtečkách.

Naměřené hodnoty, v tomto případě časy ověření každé čtečky, budou zaznamenány do tabulek a dále přehledně zpracovány a vyhodnoceny pomocí potřebného vzorce pro výpočet míry chybného odmítnutí. Po vyhodnocení dat a spočítání hodnoty pro každou jednotlivou intenzitu světla budou předneseny závěry o jednotlivých biometrických čtečkách.

4. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole se nachází přehled řešené problematiky, konkrétně samotné biometrie a biometrických systémů obecně. Jednotlivé termíny pro použití biometrických systémů. Je zde krátce popsána historie biometrie a vysvětlení, jak pracují tyto systémy.

Jsou zde popsány biometrické charakteristiky jako je otisk prstu, geometrie ruky, sken oka, hlas a také krevní řečiště ruky.

Další biometrickou charakteristikou je rozpoznávání dle obličejových rysů, a jednotlivé záznamy těchto charakteristik, jako je 2D a 3D technologie.

4.1. BIOMETRIE A JEJÍ HISTORIE

Již od pradávna je známo používání biometrických vlastností. Pojem biometrika vychází ze dvou řeckých slov a to „bios“ - život a „metron“ - měřit. Volně přeloženo jako „měření živého“. V přeneseném smyslu, jde o měření a rozpoznávání určitých charakteristik a vlastností člověka. (5; 6)

Rozpoznávání za pomoci biometrických charakteristik, je metoda stará již několik tisíc let. Použití biometrických metod se datují až do doby faraonské dynastie Egypta, kde se využívalo měření lidí, k vlastní identifikaci a rozpoznávání mezi nimi. Rozpoznání bylo využito například v práci, konkrétně v zemědělství, kdy rolníci a pěstitelé byli rozlišováni dle poranění a jizev, které při práci utrpěli. Rozpoznávání sloužilo také pro následné vyplacení mzdy dělníkům, kde bylo úředníky zapisováno zranění a podrobný popis obličeje. Také se zaznamenávaly hodnoty, jako délka lokte, nebo rozpětí mezi ukazováčkem a palcem. (2)

Nejstarší dochované zprávy o použití biometrie pochází ze 14. století n. l. z Číny. Důkazy jako například kresby na stěnách skály, které zaznamenávaly něco jako strukturu otisku prstu, nebo otisky dlaní, jako takový podpis autora. Tyto záznamy se nacházely po celé zemi, v Číně, Římě, Řecku i Egyptě, ale také v Indii a Anglii. (2; 5)

Počáteční úvaha pro využití charakteristik lidského těla a také jeho chování pro identifikační záměr, přichází po celá staletí. Je možné vzájemného rozeznávání dle fyziologických rysů, nejčastěji se jedná o vzhled tváře nebo hlas. S vývojem počítačových technologií na konci 60. let, se začalo rozpoznávání za pomoci biometrie člověka stávat automatizovaným. (2; 6)

Dalším přelomem kromě vývoje počítačových technologií se stal teroristický útok 11. září, kdy se začalo na bezpečnost pohlížet zcela novým způsobem a dostala tak naprosto nový rozměr. Začalo kontrolování nejen veřejných prostorů, ve kterých se lidé pohybovali, ale také samotných osob a obecně zabezpečit přístup k chráněným informacím. Poptávka po nových technologiích, včetně těch biometrických, náhle vzrostla, aby lidé ochránili nejen sebe ale také svůj majetek. (2; 4)

Každý, nově zavedený systém přináší soubor výhod pro jeho využití. K výhodám biometrie patří především:

- zvýšení bezpečnosti
- eliminuje, nebo zcela vymezuje pokusy o popření identity
- odrazuje útočníky od útoků a podvodů
- nemůže být lehce zapomenuta, ztracena či přenesena (2; 7)

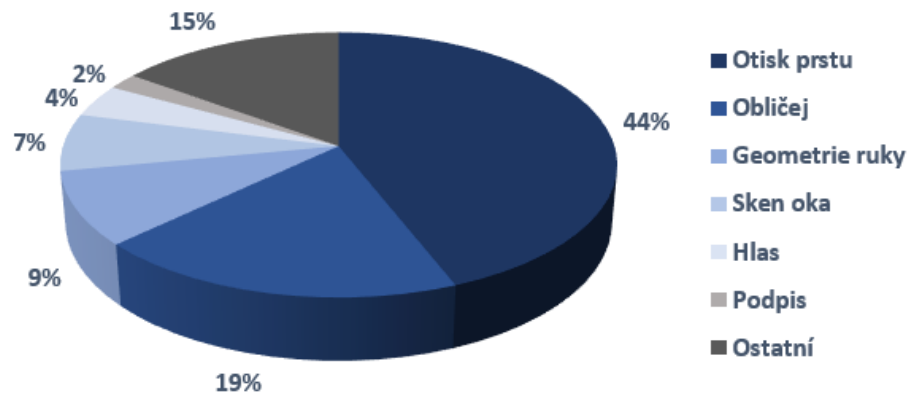
Pro identifikaci není nutné pamatovat si hesla pro vstupy, či s sebou muset nosit klíče, nebo bezpečnostní karty, které lze jak ztratit, tak mohou být jednoduše odcizeny. Tyto systémy zajišťují komfort pro uživatele, jak z pohledu bezpečnosti, ale také rychlosti a jednoduchosti.

Stejně jako výhody, má příslušný systém také nevýhody, ke kterým patří například:

- samotný biometrický systém je napadnutelný
- nezachovává soukromí
- zavádí nutnost detekce živosti
- nejednoznačné skóre porovnání (2; 7)

Biometrické technologie jsou dnes využívány u více lidí, organizací i společností. Díky příznivějším cenám biometrických systémů, které v současné době stále klesají a stávají se tak dostupnější pro větší okruh lidí. Například i malé firmy o 50-ti zaměstnancích se také zařadily mezi uživatele těchto systémů. Na grafu, obrázek 1 je zřejmé, že nejvíce využívaná technologie pro identifikaci osoby je pomocí otisku prstu. Tato identifikace je využívána až 44 % z celkového podílu. V porovnání s ostatními technologiemi má vysokou spolehlivost identifikace. (1; 2)

Obrázek 1 - Podíl využití jednotlivých biometrických technologií



ZDROJ: (5)

4.2.VYUŽÍVANÉ TERMÍNY V BIOMETRII

Pro pochopení celkové problematiky biometrie, je zde uvedeno několik využívaných pojmů. Jsou zde uvedeny termíny jako samotná biometrie, identita, identifikace a verifikace.

4.2.1. BIOMETRIE

Rozpoznávání je určitým hlediskem vnímání. Úloha rozpoznávání spočívá v umístění jednotlivých objektů reálného světa do tříd a kategorií. Osoby jsou schopni rozpoznat další osoby ve svém okolí podle obličeje, hlasu, nebo také podle způsobu chůze. Všechny tyto informace jsou lidskými biometrickými vlastnostmi. (5; 7)

Systémy fungují na základě snímání biometrických charakteristik. Toto snímání probíhá automatizovaně a následuje porovnání s předem zaznamenanými a vloženými údaji. Biometrické vlastnosti jsou rozděleny do dvou základních kategorií, jedna skupina obsahuje anatomické vlastnosti neboli fyzické vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti patří rozpoznávání dle otisku prstu, obličeje, oka, geometrie ruky, dlaně, nebo také DNA. U těchto vlastností je podstatou jeden pevný rys, který je konkrétní biometrickou vlastností. Tyto atributy jsou vždy přítomné a nelze je nijak jednoduše ovlivnit aktuálním stavem člověka. (2; 8)

Druhá skupina se skládá z behaviorálních vlastností neboli dynamických vlastností. Do této skupiny se řadí rozpoznávání dle hlasu, mimiky obličeje a také chůze člověka. Tato skupina je spojena s určitou akcí uživatele, a je jednoduše ovlivnitelná. (2; 8; 9)

4.2.2. IDENTITA

Slovo identita je odvozena od latinského slovo „idem“, což ve volném překladu znamená stejný, totožný. Identita je chápána jako totožnost s něčím nebo se sebou samým. (2)

Dle základního principu identity je každá osoba identická, jen a pouze sama za sebe. Každý člověk má svou identitu a nikdo nám ji nemůže vzít. Identita nás jednoznačně charakterizuje. Biometrická identita člověka, je spojena již od narození. Identifikační charakteristiky jsou pevně spjaty s určitou osobou, a proto je nelze pozměnit a ani odcizit. Bylo dokázáno, že od 12-tého věku dítěte se některé identické rysy již nemění a po 20. roce života zůstávají i tělesné rozměry neměnné. Tím klesá riziko záměny určité osoby. Jednoznačně je možné osobu identifikovat nebo verifikovat. Identita je založena na principech, co víme, co máme a čím jsme. „Co víme“, může být například PIN nebo heslo pro přístup do určitých portálů. „Co máme“, za toto můžeme považovat něco, co fyzicky vlastníme, například klíč nebo přístupovou kartu. Něco „co jsme“, jsou naše fyziologické vlastnosti. (2; 4; 5)

Je třeba rozlišovat identitu fyzickou a elektronickou identitu.

Fyzická identita

Fyzická identita je pouze jedna a pro každého člověka ojedinělá. Neexistují dvě osoby, co by měli shodnou fyzickou identitu. Je definována vzhledem ale i chováním. Jako příklad fyzické identity je DNA, která je odlišná i u jednovaječných dvojčat.

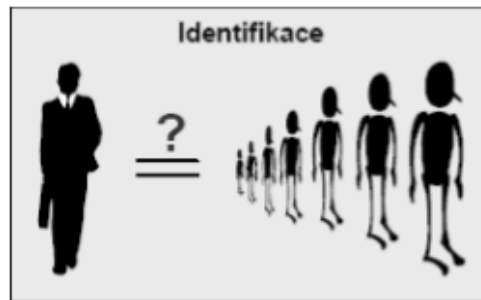
Elektronická identita

Elektronické identita je zaměnitelná. Elektronických identit je možné vytvořit nespočetné množství. Jedná se například o e-mailové účty, nebo různé identifikační karty či přístupové čipy. V tomto případě není těžké identitu ztratit, zapomenout či jakkoliv pozměnit. (4; 5)

4.2.3. IDENTIFIKACE

Termín identifikace se všeobecně myslí proces nebo akt prokazování nebo samotné zjištění identity. Nebo také jako vyhodnocení identity jedince ve vztahu k druhému jedinci, nebo jedincům, na základě biometrických vlastností. Je to porovnávání na základě jejich shod, nebo naopak jejich rozdílů, jak ve vlastnostech, umístění nebo složení. Identifikace je také nazývána jako porovnání 1: N, nebo také 1: MANY. Identifikace je znázorněna na obrázku 2. (4; 5; 10)

Obrázek 2 - Identifikace osoby



ZDROJ: (5)

4.2.4. VERIFIKACE

Opačným přístupem je verifikace. Jde o porovnání jediné šablony, která byla dříve již vytvořená a zadaná do systému. Cílem této metody je tedy zjistit, zda osoba prověřovaná je shodná s osobou podle vytvořené šablony. Pokud uživatel sdělí svoji identitu, je porovnávána a vyhledána v databázi, kde jsou uložena biometrická data. Dále pak biometrická aplikace potvrdí, nebo naopak vyvrátí identitu prověřované osoby. V tomto případě jde o porovnání 1:1. Verifikace je znázorněna na obrázku 3. (2; 5)

Obrázek 3 - Verifikace osoby



ZDROJ: (5)

4.3. ZPŮSOBY IDENTIFIKACE

Existuje řada způsobů, jak osobu identifikovat. Zde je popsáno několik z nich, konkrétně byly vybrány způsoby dle otisku prstu, geometrie ruky, lidského oka, hlasu a rozpoznávání dle krevního řečiště.

Pro rozpoznávání uživatele dle biometrických znaků existuje další řada. Jsou to například metody dle písma a podpisu, chůze tvar ucha, ale také rozpoznávání podle DNA a dalších.

Metody, které jsou v této práci podrobněji popsány jsou nejpoužívanější a také nejrozšířenější jak u nás, tak v zahraničí. Ostatní metody nejsou tolik rozšířené, nebo jsou příliš komplikované pro využití v běžných odvětvích.

4.3.1. OTISK PRSTU

Metoda je založena na snímání a porovnání otisku prstu prověřované osoby. Patří mezi nejznámější a také nejvíce využívanou autorizační metodou ze všech. Jinak nazývaná jako daktyloskopie též dermatografie, což je nauka o kožních papilárních liniích na prstech, dlaních a také ploskách nohou. Papilární linie jsou vyvýšené reliéfy lidské kůže. Různě poskládané papilární linie mají svou grafickou prezentaci, což je samotný otisk, který se nachází na bříšcích prstů. Papilární linie jsou drobné brázdrové útvary, které společně vytvářejí různé vzory smyček a spirál. Vzory jsou různých tvarů s různou hloubkou jednotlivých rýh a linií, pohybují se ve výšce 0,1 – 0,4 mm a o šíři 0,2 – 0,5 mm. Papilární linie jsou tvarované jedinečně, tudíž díky tomu lze rozeznat fyzickou identitu jednotlivých osob. Ukázka papilárních linií na konečku prstu je znázorněna na obrázku 4. (2; 8; 11)

Obrázek 4 - Papilární linie



ZDROJ: (6)

Každá osoba má jedinečný otisk prstů, unikátní vzor a nelze ji tedy zaměnit. Ani pokud se jedná o jednovaječná dvojčata, i ti mají zcela odlišné otisky. Vzory, které jsou tvořeny papilárními liniemi jsou neměnné po celý život jedince. (2; 11)

Pro samotné porovnání otisku prstů je používáno identifikačních bodů neboli markantů. Markanty se nacházejí ve vzoru otisku, přesněji v rýhách. Některé body se u otisku vyskytují častěji a některé méně, podle přítomnosti těchto bodů a také dle samotného umístění v daném

otisku rozeznáváme jednotlivé otisky od sebe. V jednom otisku nalezneme něco mezi 75–175 identifikačních bodů. (8; 9)

Při extrakci těchto bodů (markantů) následuje porovnávání s uloženou šablonou v databázi, pro posouzení přijetí nebo odmítnutí shody. Pro porovnání jsou používány tyto tři metody:

- metoda založená na markantech
- metoda založená na korelaci
- metoda založená na vlastnostech papilárních linií

Pro otisky prstů jsou používány různé druhy snímačů. Mezi snímače patří například:

- teplotní
- kapacitní
- optoelektronické

Teplotní snímače jsou velmi citlivé a snímají rozdílné teploty mezi jednotlivými výstupky prstu. Snímače kapacitní pracují na principu rozdílné kapacity mezi deskou snímače na zařízení a povrchem prstu. Optoelektronické snímání je založeno na principu rozdílného odrazu světla. (2; 5; 9)

Existuje další řada typů zařízení pro snímání otisků. Každý je založen na rozdílném typu činnosti. Vyskytuje se mnoho druhů, které jsou od sebe odlišné velikostí, ale i cenou. Každé zařízení, či druhy snímačů má své výhody ale i nevýhody.

Oblast zabývající se otiskem prstů je jedna z nejpoužívanějších a také nejvíce probádaných metod ze všech, které jsou podloženy dlouholetými zkušenostmi. Při výběru této metody je prakticky verifikace i identifikace osob neomylná. (2; 9)

4.3.2. GEOMETRIE RUKY

Rozpoznávání dle tvaru ruky patří k dalším možnostem pro ověření identity člověka. Metoda poskytuje relativně dobré vyvážení mezi výkonností a snadným použitím.

K užití této metody jsou potřeba fyzikální charakteristické rysy ruky: délka, šířka a výška prstů a také zakřivení a lokální anomálie. Geometrie ruky se během života člověka mění jen nepatrně. Změna se může projevit spíše při úrazu nebo ve stáří, kdy dochází ke změně v návaznosti na choroby postihující kloubní aparáty. (8; 9)

Je možné zde použít jednorozměrnou technologii, která je vhodná do provozu, kde není možné použít otisků prstů nebo jiné ověřovací metody. Tato metoda byla založena na měření a rozdílnosti těchto charakteristických rysů jako je délka prstů. (5; 8)

Poté nastalo vylepšení čteček a začala být používána dvourozměrnou 2D technologie, která již zaznamenávala snímání více rozměrů, měření jak délek, tak i šířek prstů. V průběhu doby se čtečky dále vyvíjely a vznikla 3D technologie, která je dosud tou nejvyspělejší metodou v oblasti geometrie ruky. Zabývá se měřením tvaru celé ruky. K ostatnímu měření bylo přidáno zachycení dlaně a také bočního profilu ruky. (2; 5; 9)

Biometrické systémy založené na geometrii ruky jsou dnes velmi rozšířené, používány v různých aplikacích jako například docházkové systémy, kde je větší databáze uživatelů nebo také docházky s méně častým přístupem. Metoda není příliš jedinečnou a její uplatnění především v oblasti zabezpečení je poměrně omezeno. Záleží, jaká míra bezpečnosti a přístupu je zrovna požadována. (5; 7)

4.3.3. LIDSKÉ OKO

Biometrie lidského oka se věnuje rozpoznávání rysů, které se nacházejí v lidském oku. Jsou to dvě stěžejní části, přesněji tedy sítnice a duhovka oka, dle kterých se provádí rozpoznávání. Z duhovky i sítnice je možné vyčíst velké množství informací o každé osobně. Proto může být tato technologie využívána u drtivé většiny uživatelů. (12)

Výhodou tohoto systému je jednoznačně nepovolené zneužití, protože sken oka nelze lehce získat bez souhlasu dotyčné osoby. Tyto technologie jsou využívány na místech, kde je požadavek na vysokou bezpečnost. (6; 12)

Sítnice i duhovka oka jsou dobře chráněny proti poškození a zároveň celoživotně neměnné. Tyto metody jsou tak velmi přesné. Rysy v oku jsou u každého jedince unikátní a existuje minimální možnost nalézt dva stejné identifikátory. To i v případě, že se jedná o jednovaječná dvojčata. Ani jedna konkrétní osoba nemá stejné rysy v pravém a levém oku, ani v očním pozadí. (2; 5; 12)

Duhovka se nachází v přední části lidského oka, kterou lze vidět pouhým pohledem. Jedná se o svalovinu, která napomáhá práci zornici. U systému pro rozpoznávání duhovky je pozorováno především vzorkování. Struktura i barva duhovky je z části závislá i na genetice. (5; 8)

Sítnice se nachází uvnitř oka a není možné jí spatřit pouhým pohledem, je nutné využití dalších přístrojů nebo pomůcek. Sítnice je velmi citlivá a je na ni zobrazen viděný obraz. (5)

Na trhu se v současné době vyskytují pouze systémy pro rozpoznávání lidské duhovky, které jsou rozšířené a známé. Mají jednoduchý a snadno dostupný systém. Opakem jsou systémy pro rozpoznávání sítnice neboli identifikaci dle očního pozadí. Tento systém zahrnuje poměrně složitý proces zadávání vzorku sítnice do systému, která nejsou uživatelsky příjemná. Přístroje, které se na trhu objevili neměli úspěch, a většina uživatelů začala využívat zcela jiné systémy pro identifikaci, nebo raději přešli na systém pro identifikaci dle oční duhovky. (5; 12)

4.3.4. HLAS

Rozpoznávání hlasu, nebo také autentizace hlasu či řeči, je velmi rozsáhlá metoda, která je využívána především u postižených lidí. Usnadňuje jim práci a celkový život v dnešní době všech vymožeností a technických pomůcek.

Metoda rozpoznávání lidského hlasu je vymezena jako elektronická metoda pozitivní identifikace osoby pomocí rozšířené analýzy digitálního „otisku hlasu“. (8; 9)

Jedince lze od sebe rozeznat díky rezonanci a odlišnosti vokálního traktu, která je díky tvaru hlasivek, ústní dutiny, jazyka a postavení zubů velice odlišná a vytváří tak jedinečný hlasový otisk. (9)

Verifikace hlasu nachází využití především k řízení přístupu do informačních systémů pomocí telefonu. Metoda je využívána denně, při samotné komunikaci s druhými osobami. Je využita slovní zásoba, ze které jsou skládány věty a také je důležitá hlasová tónina, podle které je druhá osoba rozpoznána například při komunikaci přes telefon. Hlas je ovlivněn několika faktory jako jsou emoce uživatele, zdravotní stav a další okolnosti. (2; 8; 9)

Rozpoznávání dle lidského hlasu je rozděleno do několika oblastí:

- rozpoznávání řeči
- rozpoznávání mluvčího
- speciální rozpoznávání

Metoda rozpoznávání řeči je založena na obsahu a jeho významu. Cílem metody je rozpoznávání konkrétní řeči, její analýza a zároveň porozumění obsahu. Metoda rozpoznávání mluvčího rozlišuje verifikaci a identifikaci. Verifikace spočívá v ověření totožnosti mluvčího a porovnáním s předem nahraným záznamem hlasu. Identifikace tkví pouze v rozpoznání hlasu

osoby. Text se nemusí být předem nahrán do zařízení. Metoda speciálního rozpoznávání identifikuje osobu dle speciálních příznaků v hlase. (5; 9; 12)

Zařízení na verifikaci hlasu je přístupné z hlediska jednoduchosti a použití. Mezi další kladné vlastnosti patří rychlost a nízké cenové hladiny oproti jiným zařízením.

K nevýhodám těchto zařízení patří komplikovanější identifikace nebo verifikace při mírných změnách. Změny týkající se okolního prostředí, jako například šum z ulic, nebo změn hlasu u samotného uživatele, což může být například nastydnutí, nebo v důsledku požití alkoholu. (7; 9)

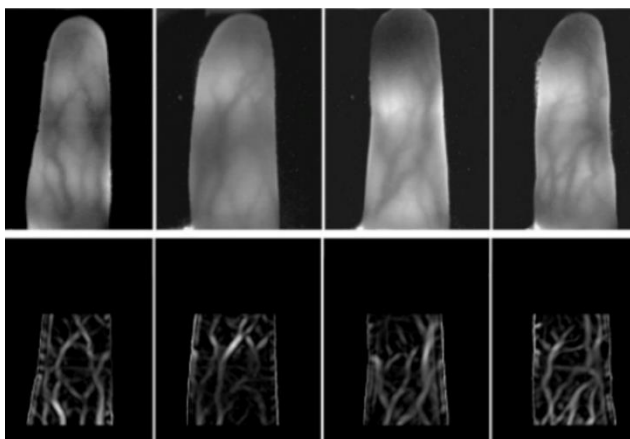
Tyto systémy nejsou bohužel na tak vyspělé úrovni, aby mohly být využívány nejen pro vstupy do různých zařízení, ale také pro snadnější život a ulehčení si některých komplikovanějších úkonů. Dá se předpokládat rozvoj této techniky, pro její mnohočetné využití.

4.3.5. KREVNÍ ŘEČIŠTĚ

Rozpoznávání dle krevního řečiště je další biometrickou technologií. Patří mezi méně známé technologie. Je to proces zkoumání cévního systému, kdy se zkoumají cévy na dlani a hřbetu ruky nebo také cévy na jednotlivých prstech.

Při procesu rozpoznávání a ukládání šablony je paže uživatele vložena do skenovacího zařízení dlaní dolů. Skenování probíhá bezdotykově, což je výhoda z hygienického hlediska. Následně je nasvícena LED diodami pomocí infračerveného záření. Přístroj naskenuje krevní cévy uživatele, následně zpracuje a vytvoří černobílý obraz, který zobrazuje rozložení žil uživatele, jak znázorňuje obrázek 5. (8; 9; 13)

Obrázek 5 - Rozložení žil na prstech uživatele



ZDROJ: (13)

Po naskenování dojde k vytvoření obrazu sítě žil a dále se vyhodnocují dle jednotlivých rysů. Mezi tyto charakteristické rysy patří například vzdálenost mezi jednotlivými žilami, vzájemné postavení žil a také úhly mezi nimi. Tyto informace slouží pro biometrickou analýzu, a to identifikaci nebo verifikaci uživatele, kdy se ověřovaná osoba porovnává s uloženou šablonou. (2; 8)

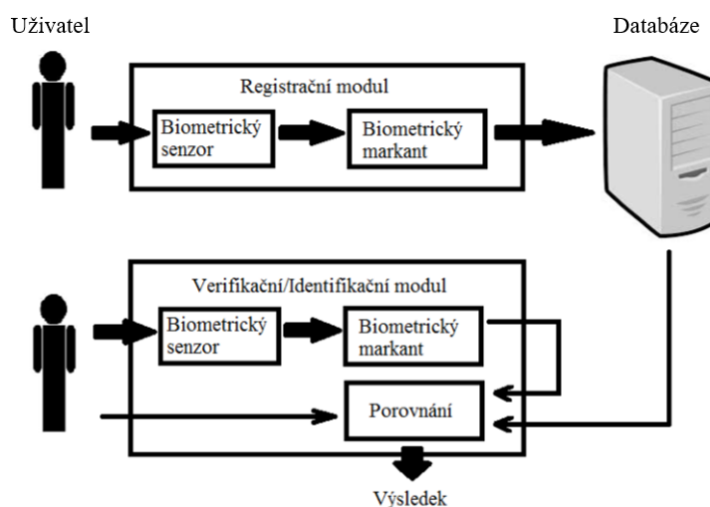
Metoda je z hlediska rozpoznávání velmi efektivní a také přesná. Krevní řečiště je u osob hodně rozdílné, a proto je velice složité až nepravděpodobné zfalšování tohoto biometrického hlediska. Míra chybovosti je u těchto biometrických čteček hodně nízká, nižší než 0,01 %. (2; 9)

Hlavní výhodou této technologie je především nízká chybovost, nepravděpodobnost zfalšování a velká výhoda je také hygienické hledisko, jako další výhodou můžeme také zařadit velikost samotných čteček, jsou velmi kompaktní, a proto je možné tyto čtečky umístit na mnoho míst. Podle výzkumu bude mít tento systém největší uplatnění v odvětví bankovníctví. (5; 8; 13)

4.4. BIOMETRICKÉ SYSTÉMY

Na obrázku 6 je znázorněno zjednodušené schéma biometrického systému. Biometrický systém se obvykle skládá ze dvou modulů a specifických komponentů. Konkrétně registrační a verifikační / identifikační modul.

Obrázek 6 - Zjednodušené schéma biometrického systému



ZDROJ: (2)

Oba moduly obsahují biometrický senzor (snímač biometrických vlastností) a biometrický markant (obsahuje již vyextrahované rysy ze získaného vstupního vzorku). Registrační modul funguje tak, že nejprve senzor získá vzorek a následně biometrický markant, převede vzorek do digitální formy a uloží do databáze. Databáze se na obrázku 6 nachází vpravo od modulu. (2; 14)

Verifikační / identifikační modul funguje na stejném principu jako registrační modul, s rozdílem, že neukládá nasnímaný markant do databáze. Pouze si z databáze bere potřebné informace, které následně porovnává shodu s aktuálním markantem. Po porovnání těchto dvou markantů dostaneme výsledek. (5; 15)

Při porovnání těchto dvou markantů může dojít ke třem stavům:

- systém pozná a přijme uživatele
- chybné odmítnutí (systém odmítne správného uživatele)
- chybné přijetí (systém pustí nesprávného uživatele) (2; 8; 14)

4.5.HODNOCENÍ SPOLEHLIVOSTI

Biometrické systémy mají mnoho odlišných kritérií pro výběr. Mezi nejdůležitější kritéria je zařazena právě spolehlivost nebo přesnost. Pro hodnocení míry spolehlivosti jsou zavedeny tyto dva pojmy.

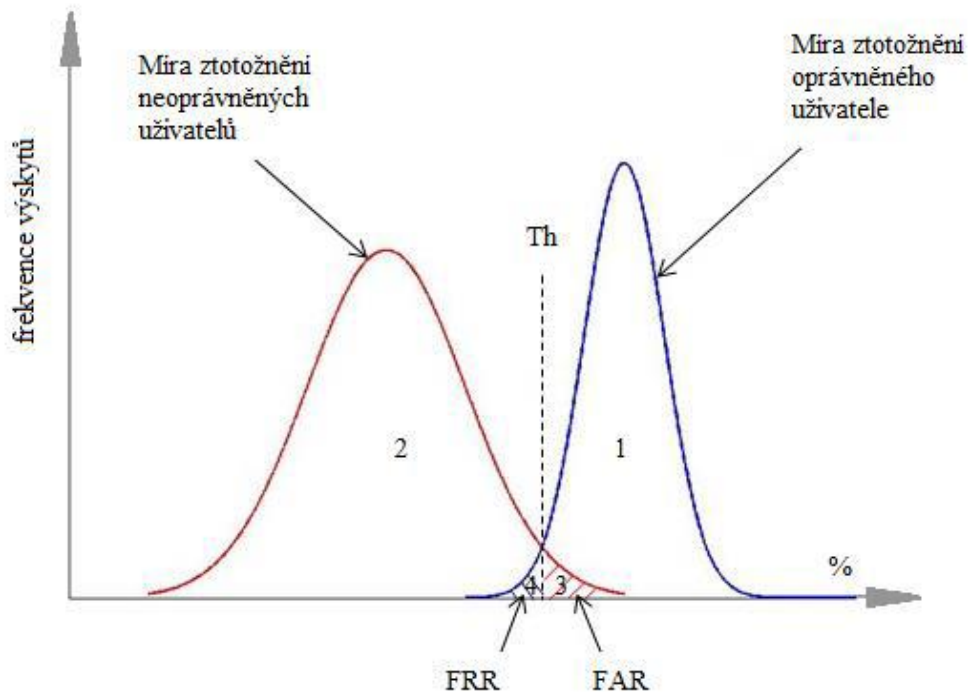
- míra chybného odmítnutí (FRR – False Rejection Rate)
- míra chybného přijetí (FAR – False Acceptance Rate)

Ani jeden z těchto stavů nelze nijak spočítat, ale je možno jej zjistit pomocí měření systému, zkoušením a následně využít statistických metod pro porovnání. (14; 16)

Nejprve se určí práh citlivosti, kterým lze nastavit citlivost a lze porovnat výsledek, kterému se říká skóre, nebo také míra ztotožnění. Skóre je hodnota, která určuje stupeň shody. Při porovnávání se počítá s určitou odchylkou. Uživatel je akceptován nebo zamítnut, pokud je míra ztotožnění větší než práh citlivosti. (2; 5)

Na obrázku 7 jsou míry ztotožnění oprávněných a neoprávněných uživatelů. Křivky se navzájem protínají a tvoří čtyři sekce. Zároveň je zde naznačen práh citlivosti (Th-Threshold), který prochází průsečíkem křivek. (2; 5; 14)

Obrázek 7 - Míry ztotožnění oprávněných a neoprávněných uživatelů



ZDROJ: (2)

1. míra ztotožnění oprávněného uživatele
2. míra ztotožnění neoprávněného uživatele
3. přijetí neoprávněného uživatele
4. odmítnutí oprávněného uživatele

4.5.1. PRAVDĚPODOBNOST CHYBNÉHO ODMÍTNUTÍ

Pravděpodobnost chybného odmítnutí určuje, s jakou pravděpodobností bude oprávněný uživatel chybně odmítnut. To znamená četnost odmítnutí uživatelů, kteří jsou oprávnění a mají v databázi svoji biometrickou šablonu.

Tento stav nějak neohrozí systém, avšak zneprůjemní proces identifikace uživatele, který je nucen proces identifikace/verifikace opakovat. (2; 3; 5; 9)

Požadavek je, aby pravděpodobnost této chyby byla co nejmenší a aby systém akceptovat všechny oprávněné osoby. Pravděpodobnost chybného odmítnutí můžeme získat ze vztahu:

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EIA}} = \frac{N_{FR}}{N_{EVA}}$$

N_{FR} = počet chybných odmítnutí (Number of False Rejection)

N_{EIA} = počet pokusů oprávněných osob o identifikaci (Number of Enrolle Identification Attempts)

N_{EVA} = počet pokusů oprávněných osob o verifikaci (Number of Enrolle Verification Attempts) (5; 8)

4.5.2. PRAVDĚPODOBNOST CHYBNÉHO PŘIJETÍ

Pravděpodobnost chybného přijetí určuje, s jakou pravděpodobností bude neoprávněný uživatel přijat. Uživatel, který nemá svou biometrickou šablonu v databázi, i přesto bude přijat.

Tento stav může vážně ohrožovat nejen systém a je to tak závažný a nežádoucí stav. Při tomto stavu hrozí nebezpečí, při kterém může dojít jak k odcizení či ztrátě, tak k poškození majetku, nebo dokonce k narušení celkové stability objektu. (2; 5; 8)

Požadavek je, eliminovat tyto nežádoucí přístupy a zamezit tak přístup neoprávněným osobám. Pravděpodobnost chybného odmítnutí můžeme získat ze vztahu:

$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IIA}} = \frac{N_{FA}}{N_{IVA}}$$

N_{FA} = počet chybných přijetí (Number of False Acceptance)

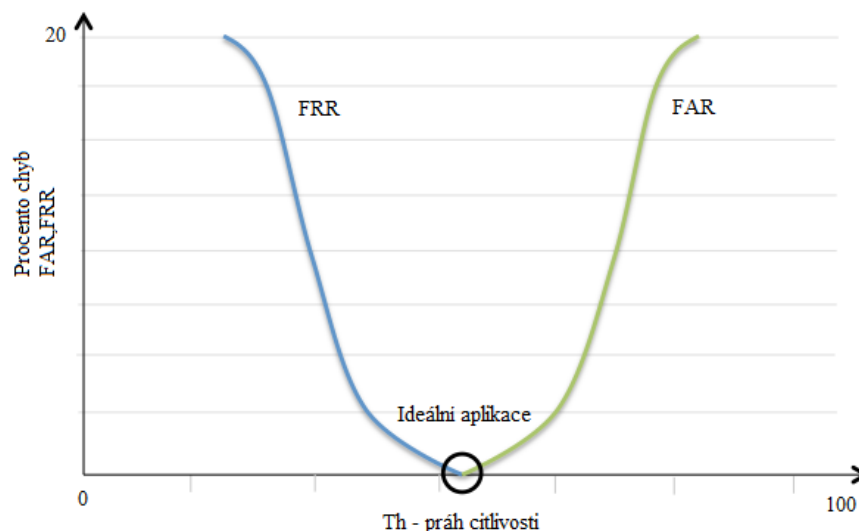
N_{IIA} = počet pokusů oprávněných osob o identifikaci (Number of Impostor Identification Attempts)

N_{IVA} = počet pokusů oprávněných osob o verifikaci (Number of Impostor Verification Attempts) (5; 8)

4.5.3. VZTAH MEZI FRR A FAR

Ideální varianta by nastala v případě, že by se křivky FRR a FAR neprořaly, jak vidíme na obrázku 8. Křivky FRR a FAR by se rovnaly 0 a mezi nimi by byl umístěn práh citlivosti.

Obrázek 8 – Ideální varianty křivek FRR a FAR



ZDROJ: (2)

Pokud by tato situace nastala, znamenalo by to, že nedojde k odmítnutí oprávněného uživatele ani přijetí neoprávněného uživatele. Platilo by pouze situace, že systém přijme všechny oprávněné uživatele a zamítne uživatele, kteří nemají přístup. (2; 7)

4.6. OBLIČEJ

Obličej patří k nejpoužívanější a také nejznámější biometrickou vlastností. Je používána denně, i v běžném životě rozpoznáváme jednu tvář od druhé.

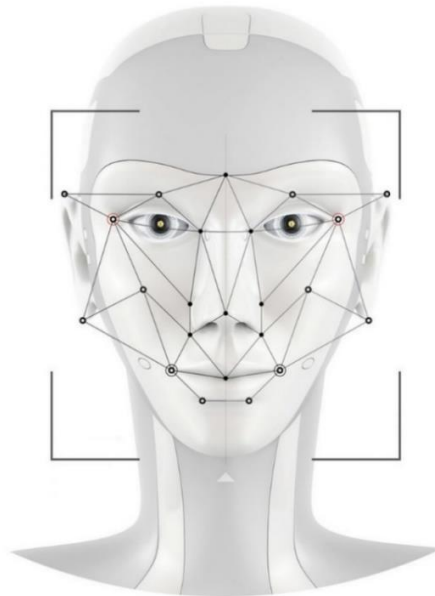
Pro rozpoznávání tváří člověk používá dva druhy paměti, krátkodobou, ve které uschová mozek obrazový záznam, následně ho předá do dlouhodobé paměti. V krátkodobé paměti člověk připisuje jednotlivé obličeje k ostatním uchovaným. Vyhodnocení mu trvá přibližně 1 sekundu. Mozek vyhodnotí, že obličej zná a přiřadí k němu uložené informace. Nebo naopak nezná, a následně si obraz uloží. Při opětovném rozpoznávání příbuzných tváří se doba vyhodnocení zkracuje. (2; 5; 17)

Lidská tvář se pro identifikační účely začala více zkoumat ve 20. a 21. století. Jako primární cíl bylo strojové vyhledávání a následné rozpoznávání lidských tváří. V dnešní době má toto rozpoznávání širokou řadu praktického využití. (2; 17)

Metoda rozpoznávání obličeje je velmi obsáhlá a je zájmem mnoha výzkumů. Samotné rozpoznávání je založeno na porovnávání obrazu, který je sejmuto zařízením a uložen do paměti

počítače. Na obrázku 9 vidíme jednotlivé body neboli markanty na obličeji uživatele, které jsou snímány a následně přeneseny do systému počítače. Díky těmto bodům můžeme poté porovnávat oprávněného uživatele. (2)

Obrázek 9 - Jednotlivé markanty na obličeji uživatele



ZDROJ: (18)

Výhody pro tuto metodu je především interpretovatelnost snímaných údajů. Provedení vizuální kontroly (při výpadku elektřiny nebo nefunkčnosti zařízení) je u obličeje velmi snadné oproti ostatním biometrickým metodám. Další výhodou může být také universální použití. (2; 8)

Cenovou dostupnost můžeme zařadit do výhod i nevýhod, velmi záleží, o jaký konkrétní druh zařízení se jedná.

Jednou z velkých nevýhod u těchto biometrických čteček obličeje je vysoká vnitřní variabilita. Tyto vnitřní variability jsou způsobeny vlivy jako například:

- mimika obličeje
- účes nebo vousy
- brýle nebo pokrývky hlavy
- osvětlení (2; 17)

V závislosti na mimice tváře se může obličej dramaticky změnit, jak je možno vidět na obrázku 10. Po změně účesu nebo jiného sestřihu vousů je jednoduché změnit vizáž. Předměty

jako je pokrývka hlavy nebo brýle mohou změnit obličej, který následně nemusí být rozpoznán. Dle intenzity okolního osvětlení mohou vzniknout problémy při ověření. (2; 5; 8; 9)

Obrázek 10 - Různé mimiky v obličejí uživatele

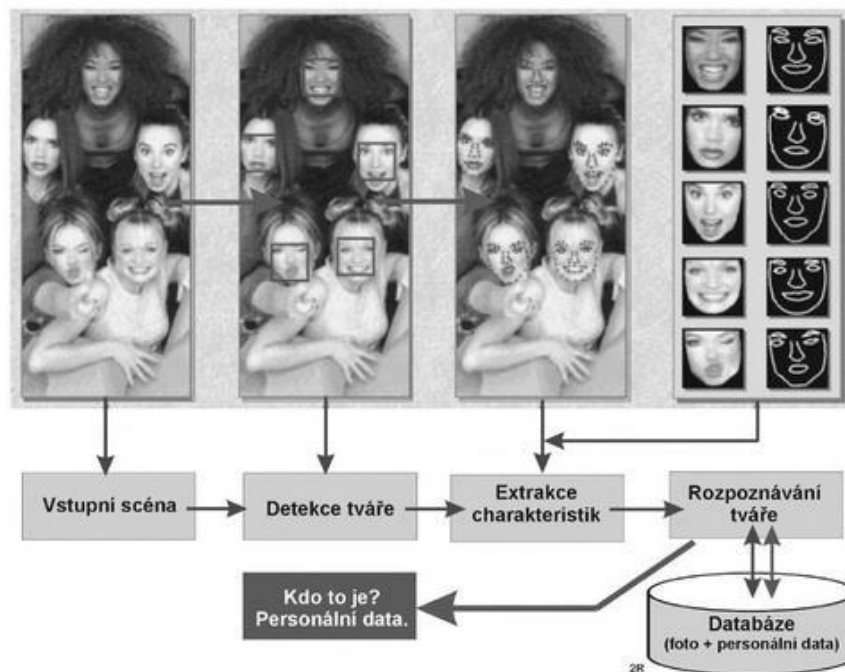


ZDROJ: (19)

4.6.1. ROZPOZNÁVÁNÍ OBLIČEJE

Existuje mnoho různých metod a algoritmů na počítačové rozpoznávání uživatele dle lidské tváře. Rozdělují se na dvě základní části, první z nich je detekce a lokalizace tváře, druhou částí je pak rozpoznávání tváře. Na obrázku 11 je zobrazena základní etapa při rozpoznávání lidské tváře. (2; 5)

Obrázek 11 - Základní etapa při rozpoznávání tváře



ZDROJ: (2)

4.6.1.1. Detekce a lokalizace tváře

Základním požadavkem pro tuto část je v reálné scéně každodenního života vyhledat lidskou tvář a vytvořit její model, jenž bude porovnán s okolními objekty, které byly také nalezeny na reálné scéně. Následně lze porovnat, zda objekt, který byl nalezen na scéně je lidskou tvář nebo ne. Samotnou detekci a lokalizaci tváře můžeme rozdělit dle metod do několik skupin: (2; 5; 11; 20)

- staticky orientované metody
 - metoda podprostoru
 - metoda neuronových sítí
- znalostní metody
 - metoda rozložení odstínů šedi v obrazu
 - metoda rozpoznávání obličejových obrysů
 - metoda založená na informaci o barvách
 - metoda založená na informaci o pohybu na scéně
 - metoda symetrií (2)

Metoda podprostoru

Úkolem této metody je vyhledat v obrazu charakteristiky, které jsou typické pro lidskou tvář. Pokud jsou na obrazu znázorněny například oči, ústa nebo nos, dá se říct, že se jedná o lidskou tvář.

Lidská tvář se dá pokládat za vícerozměrný vektor, kde obrazový bod odpovídá obrazové složce. Pokud všechny charakteristiky tváře leží v tomto podprostoru vektoru, je tento podprostor zastoupení tváře. (2; 5)

Metoda neuronových sítí

Tato metoda je považována za klasifikační problém dvou tříd. Obrazy, které jsou lidské tváře a opakem které nejsou tváře.

Základním úkolem je rozpoznat obraz u obou těchto tříd za pomoci vzorové knihovny, kde se nachází obrazy obou těchto tříd. Obrazů, kde se nenachází lidská tvář je nespočítatelné množství, a proto je pro rozpoznávání pomocí neuronových sítí velmi těžké. Detekce tváří pomocí neuronových sítí pak záleží na kvalitě každého zařízení. (2; 5)

Metoda založená na rozložení odstínů šedi v obraze

U vzhledu jednotlivých osob existují ve tváři velké rozdíly. Jsou zde ale určená pravidla distribuce šedé barvy v každém obraze. Tyto pravidla platí za normálních světelných podmínek. Detekce obličejů dle rozložení odstínů šedi je s těmito pravidly velmi efektivní a v praxi dosti používaná. (2; 5)

Jedno z pravidel je kupříkladu v oblasti očí, kde je vždy tmavší místo, než je například odstín šedi na čele.

Je zde využíváno metody pomocí mozaiky, která pracuje na principu přirozeného rozpoznávání tváří. Pomocí mozaiky oblast, která je zaznamenána do obrazových bloků ve čtvercové síti. Metoda mozaiky zpracovává geometrické vztahy mezi jednotlivými částmi obličejů. (2; 5)

Metoda založená na rozpoznávání obličejových obrysů

U této metody jsou nejprve nadefinovány obličejové rysy neboli kontury. Po detekci těchto kontur jsou definovány samotné lidské tváře a vyhledávání tváře je pak jednodušší.

Algoritmy na detekci hran mají svá omezení, ale kombinací s některými přístupů mohou být efektivně využívány pro další zkoumání nebo pro další metody.

Detekce těchto rysů lze pak využít pro detekci obličejových objektů jako je například nos, oči nebo ústa. (2; 5)

Metoda založená na informaci o barvách

U obličejů lze definovat zásady, podle kterých lze pak odlišit jednotlivé obličejů od sebe dle diferencovaného prostředí.

Obličejové barvy i jedné lidské rasy jsou velice podobné a mají tak typický barevný odstín pro každou konkrétní oblast v obličejů. Za dobrých světelných podmínek lze obličej velmi dobře rozeznat. Pro oblast očí je typická barva stínů, u nosu je zase výrazně ohraničený stín. Za pomoci těchto barev lze definovat obličej velmi dobře.

Detekce a lokalizace obličejů je podstatně snadná, pokud je pozadí jednoduché a nejlépe jednobarevné. (2; 5)

Metoda založená na informaci o pohybu na scéně

V metodě lze využít časovou sekvenci snímků. Pokud se osoby pohybují s ohledem na pozadí, jejich tvář je rozeznána na pozadí scény.

U pohybu na scéně je využívána metoda optických toků. Ta je uplatněna při lokalizaci lidské tváře a následně pro její rozpoznávání. (2; 5)

Zde může nastat problém při snímku, na kterém se nachází více osob. Osoby se pohybují různými směry a odlišnými rychlostmi a je tak složité osobu identifikovat. (2; 5)

Metoda založená na symetrii

Lidská tvář je do jisté míry symetrická, a to lze využít k detekci obličeje na scéně. Tato metoda má za úkol nalezení symetrického obrazu, který má stejné charakteristiky jako lidská tvář. (2; 5)

4.6.1.2. Rozpoznávání tváře

Po dokončení detekce a lokalizace následuje další krok, tím je rozpoznávání tváře. Cílem tohoto rozpoznávání je najít rozdíly v konkrétní tváři na scéně, které jsou dále využívány pro identifikaci a verifikaci osoby. (2; 5; 11; 12)

Nejprve se extrahují identifikační charakteristiky a ty jsou následně porovnány s charakteristikami konkrétní osoby, která je uložena v databázi. K rozpoznávání jsou využívány tyto metody: (2; 5)

- metoda rozložení odstínů šedi v obraze
- metoda geometrických tvarů a identifikačních markantů
- metoda optických toků
- metoda neuronových sítí
- metoda „Eigenhead“
- metoda deformačních modelů (2; 5)

Metoda založená na rozložení odstínů šedi v obraze

U rozpoznávání je využita metoda mozaiky, která je založená na rozložení odstínů šedi v obraze. Využití mozaikové metody pracuje stejně jako u lokalizaci tváře. Stejně jako u detekce a lokalizace tváře se vyhledané osoby rozloží do geometrických bloků mozaiky. Následuje operace s obrazovým záznamem obličeje, která je uložena v databázi. V dalším kroku dochází k porovnání nalezených segmentů obrazů. Porovnání neznámých tváří a obrazu známých tváří. (2; 5)

Metoda založená na geometrických tvarech a identifikačních markantech

Zde jsou využívány identifikační markanty, které slouží pro klasifikaci tváře. Základní metoda vychází z geometrických vizuálních charakteristik, určených každým člověkem.

Jedná se o charakteristiky, které jsou určeny vzdálenostmi a úhly mezi jednotlivými identifikačními body neboli markanty. (2; 5)

Metoda založená na geometrických tvarech je v dnešní době nejpoužívanější, jedná se také o nejstarší metodu, která byla zautomatizovaná. (2; 5; 20)

Metoda optických toků

Metodou optických toků se zachycuje pohyb hlavy u jedné osoby, jako sekvence pohybu několika po sobě jdoucích snímků. U těchto snímků dochází k dynamickým změnám.

Změny jsou porovnávány u dvou po sobě jdoucích snímcích. U těchto snímků lze následně definovat rozdíly, které jsou vymezeny pomocí optických toků. Tento postup je znázorněn na obrázku 12, kde v pravé části obrázku je výsledný snímek, který vznikl pomocí optických toků. (2; 5; 20)

Obrázek 12 - Postup rozpoznávání dle optických toků



ZDROJ: (2)

Jeden rozdíl, jedna změna, je světelná intenzita mezi shodnými body, dalším rozdílem je prostorový pohyb těchto bodů, které lze vyjádřit vektorově. Bod podléhá tedy dvou změnám, rozdílům, a to texturální, což je změna intenzity světla a strukturální, což jsou změny prostorové. (2; 5; 20)

Platí, že každý bod má svůj směr a rychlost pohybu a urazí konkrétní dráhu za určitou jednotku času. (2; 5; 6)

Metoda neuronových sítí

Metodu rozpoznávání dle neuronových sítí lze rozdělit do skupin dle procesů, které u nich probíhají. (2; 5)

První skupinou jsou využívány neuronové sítě pouze ke konečnému rozpoznávání tváří. Tedy k identifikaci nebo verifikaci, kde generaci identifikačních charakteristik jsou zajištěny jinou metodou. Do druhé skupiny patří neuronové sítě, které jsou využívány kromě konečného rozpoznávání tváře, také k zajištění identifikačních charakteristik markantů. (2; 5)

Metoda „Eigenhead“

Předmětem zájmu u této metody je povrch objektu, který vytváří plastickou masku tváře. Je zde vnímána celá hlava jako 3D objekt.

Metoda „Eigenhead“ využívá stejnou myšlenku jako rozpoznávání dle Eigenface. Eigenface je metoda dvourozměrného prostředí a u metody Eigenhead je využíváno vylepšené trojrozměrné prostředí. (2; 5)

Jsou zde využity dva přístupy. U jednoho je vytvořen pouze jeden snímek, kde je tvář schopna odrážet světlo a dokáže předpokládat různou intenzitu stínů a světla. U druhého je vytvořena množina snímků, kde je tvář osvětlena dle různé intenzity světla.

Metodou „Eigenhead“ je možné zpracovat detailní třírozměrný model tváří, při které se modelují i jednotlivé svaly v obličeji. (2; 5)

Metoda deformačních modelů

Pro rozpoznávání lze využít i metodu deformačních modelů, zakřivení neměnného objektu. Je zde použit prostorový model obličeje.

Trojrozměrný model lidského obličeje je tvořen sítí horizontálních a vertikálních čar. Čáry jsou na sebe navzájem kolmé a vytváří výsledný obličej. Obličej je zde zřetelný díky rozdílné hustotě jednotlivých čar, které jsou rozmístěny v jednotlivých oblastech obličeje. (2; 5)

Vznikají tak obrysy a kontury obličeje. Dojde k vytvoření konkrétního prostorového modelu obličeje, který můžeme následně porovnat s ostatním zakřivením povrchu. 3D mapa obličeje je jedinečná pro každého uživatele.

Metoda deformačních modelů je náročná na výpočet a provedení, má však vysokou hodnotu spolehlivosti. (2; 5; 7)

4.7. PŘÍSTUPY PRO ROZPOZNÁVÁNÍ

Způsob rozpoznávání lze rozdělit dle povahy snímaných dat, a to na klasický systém pro dvourozměrné rozpoznávání a třírozměrné rozpoznávání. Dvourozměrné bylo následně překonáno rozpoznávání třírozměrné, který zvyšuje spolehlivost a nepodvrženost systému a zároveň zvyšuje biometrickou entropii. (21; 22)

4.7.1. 2D ROZPOZNÁVÁNÍ

U dvourozměrného zpracování se využívá pouze měření vzdáleností v obličejové struktuře. Pro snímek udělaný ve formátu 2D postačí obyčejný fotoaparát nebo kamera. Dvourozměrný přístup je přirozený očima i snímacím kamerám, je lehce využitelný a velice přizpůsobitelný pro počítačové zpracování a další automatizované procesy. (2; 5; 22)

Postup při zpracování tváře pomocí 2D snímku je ve většině případů vytvořen čtyřmi kroky. Jako první dochází k zachycení 2D obrazu obličeje, snímání tváře. Poté dochází k normalizaci což je přeměna na světlá a tmavá místa na detekovaném obličejí. Dalším krokem je vygenerovat průměrný obraz lidské tváře pomocí metody Eigenface. Jako poslední krok je vygenerování 2D šablony obličeje. (2; 5)

Tato technika je velmi citlivá na okolní prostředí jako je například světlo, ostatní osoby nebo jakýkoliv jiný předmět v dosahu čtecího zařízení. Proto je u těchto technologií vhodné mít dostatečně kvalitní snímek, šablonu, aby bylo jednodušší a přesnější následné rozpoznávání.

U dvourozměrného rozpoznávání dochází ke ztrátě některých podstatných informací, proto má rozpoznávání obličeje ve třírozměrném modelu mnohem širší možnosti. Oproti tomu dvourozměrné rozpoznávání je rychlejší, jednodušší a jak už bylo řečeno, také pořizovací cena je u tohoto zařízení nižší. (2; 11; 22)

4.7.2. 3D ROZPOZNÁVÁNÍ

Podstatným rozdílem mezi 2D a 3D přístupem rozpoznávání je v konstrukci snímacího zařízení. Pro tento způsob je zapotřebí využití speciálního zařízení. Princip trojrozměrného rozpoznávání nelze obejít fotografií ani maskou. Je to v podstatě zachycení obličeje v prostoru, a proto také obsahuje mnohem víc informací než u klasického dvourozměrného zpracování. (2; 5)

Dvojměrné rozpoznávání tváře je chápáno jako pouhá lokalizace a následné rozpoznávání tváře z digitálního obrazu. Oproti tomu je trojměrné rozpoznávání složitější, protože používá rozpoznávání tváře na základě geometrických pevných rysů v obličeji. (5; 22)

Postup trojměrného zpracování je podobný jako u dvojměrného ale o trochu složitější. Prvním krokem je opět zachycení vzorku tváře a následné vytvoření 3D podoby obličeje technikou meshování. Poté je vytvořen povrch obličeje, ze kterého se vyextrahují markanty obličeje. Z těchto markantů se provede analýza, na základě, které je vytvořena 3D šablona samotného obličeje. (2; 5; 21)

Trojměrné rozpoznávání lze zařadit mezi složitější systémy a také zde identifikace probíhá pomaleji. Cenově tento systém lze zařadit mezi náročnější. Na druhou stranu oproti dvojměrnému systému je odolný vůči okolním jevům jako je světlo a méně závislý na výrazu v obličeji u uživatele. (22; 21)

5. PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE

Praktická část zahrnuje seznam a popis použitých zařízení při měření. Je zde uvedeno pracovní prostředí včetně všech podmínek, za kterých bylo měření provedeno.

Dále jsou zde popsány samotné postupy měření, včetně návaznosti na světelnou intenzitu. Jak bylo dosaženo určitého světla pro přesné měření.

Ke konci praktické části se nachází vyhodnocení všech naměřených hodnot, a následně vypočítané výsledky míry chybného odmítnutí (FRR).

5.1. POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ

Kapitola pojednává o všech zařízeních, které byly v průběhu celého měření použity. U všech zařízení je uvedeno, jak byla použita a zároveň jsou zde samotná zařízení popsána včetně udávaných parametrů.

5.1.1. LUXMETR - LUTRON LX 1128SD

V této práci je měřeno a vyhodnocováno rozpoznávání uživatele v závislosti na světelné intenzitě. Pro měření a nastavení konkrétní světelné intenzity která je požadována byl zapotřebí luxmetr.

Luxmetr měří intenzitu osvětlení, která lze vnímat lidským okem. Je to fotometrická veličina a vyjadřuje část světelného toku, který dopadá na plochu o určitém rozměru. Pro zajištění správné intenzity světla platí vztah:

$$1 \text{ lx} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}$$

lx – intenzita osvětlení

lm – světelný tok v lumenech.

m² – rozměr plochy

Ze vztahu vyplývá, že světelná intenzita je podíl světelného toku a plochy. (23; 24)

Luxmetr má dvě základní části. Jednou je přijímač, na který dopadají světelné paprsky. Druhou částí je samotný měřicí a vyhodnocovací přístroj, který naměří, vyhodnotí a na displeji následně zobrazí naměřené hodnoty. Luxmetry lze rozdělit dle přesnosti měření a také podle konstrukce zařízení.

Pro tuto práci byl využit luxmetr značky Lutron LX 1128SD, obrázek 13. Tento luxmetr měří nejen světelnou intenzitu ale navíc i teplotu prostředí. Všechny data se zobrazí na displeji zařízení a konkrétně u tohoto zařízení se ještě zaznamenávají na SD kartu. Jedná se o laboratorní luxmetr s rozsahem 0 – 100 000 luxů. S měřením na tři rozsahy s přesností $\pm 4\%$. (25; 26; 27)

Obrázek 13 - Luxmetr LX 1128SD



ZDROJ: Vlastní zpracování

5.1.2. ČTEČKA 1 - MULTIBIO 700

Tato čtečka je jedna z nejmodernějších profesionálních multi-biometrických identifikačních produktů. Zahrnuje nejnovější identifikační algoritmus. MultiBio 700 je svým vzhledem elegantní a zároveň má robustní tvar, kterým kombinuje rozpoznávání obličeje, PIN, otisk prstů a nabízí režim integrovaného RFID modulu. Při identifikaci obličeje čtečka zachycuje relativní polohu obličeje, tvar očí, lícních kostí, čelisti a nosu. Čtečka MultiBio 700 je zobrazena na obrázku 14. (28; 29; 30)

Obrázek 14 - Biometrická čtečka MultiBio700



ZDROJ: (30)

U této čtečky je možná jak identifikace, tak i verifikace. Šablony funkcí se používají pro srovnání údajů o vlastnostech. Pokud se uživatelé registrují na terminálu, změni zachycené funkce na hodnotu a porovnávají se s cílem eliminovat odchylky. Vysokou přesnost identifikace otisku prstů zajišťuje nejmodernější algoritmus ZK Finger 10.0. Pro identifikaci obličeje je zde algoritmus ZK Face 5.0.

Zařízení může pracovat v samostatném režimu, ale také ho je možno kombinovat s dalšími zařízeními a aplikacemi od ostatních výrobců. I proto je čtečka MultiBio 700 jedna s nejkompletnějších biometrických zařízení pro řízení přístupu.

Čtečka je vybavena kamerou, která má vysoké rozlišení a podporu NIR (blízké infračervené záření), a také přísvit v podobě IR LED, které lze využít, pokud nejsou světelné podmínky dostačující. (28; 29; 30)

Parametry čtečky MultiBio 700 jsou zobrazeny v tabulce 1.

Tabulka 1 - Parametry čtečky MultiBio 700

Rozměry	195 x 100 x 175 mm
Hmotnost	0,87 Kg
Kapacita obličejů	3 000
Kapacita otisků prstů	5 000
Provozní teploty	0°C - 45°C
Provozní vlhkost	20 % - 80 %
Displej	dotykový 3"
Jazyk	angličtina
FRR	< 1 %
FAR	≤ 0,0001 %
Identifikace	≤ 2 sekundy
Verifikace	≤ 1 sekunda

ZDROJ: Vlastní zpracování

5.1.3. ČTEČKA 2 - IFACE 302

Čtečku lze zařadit do identifikačních produktů multi-biometrických. Uživatelé mohou být identifikováni nebo ověřeni prostřednictvím obličeje, otisku prstu nebo pomocí hesla či identifikační karty.

Tato čtečka je o něco větší rozměrů, ale stále má ergonomický a zároveň elegantní design. Vlastní dotykovou obrazovku pro snadnější přístup uživatele. Čtečka iFace 302 je zobrazena na obrázku 15. (30; 31; 32; 33)

Obrázek 15 - Biometrická čtečka iFace 302



ZDROJ: (33)

Čtečku iFace 302 je možné využít pro identifikaci, tak i verifikaci. Je zde zabudován moderní algoritmus ZK Finger VX 10.0 pro identifikaci otisku prstu a algoritmus ZK Face VX 7.0 pro identifikaci obličeje.

Zařízení nabízí bohaté uživatelské využití, buď může čtečka pracovat samostatně pro řízený přístup, nebo je možné ji zkombinovat s další řadou zařízení. Je využívána především jako docházkový systém u společností.

Čtečka je vybavena vysoko-rychlostním procesorem s infračervenou kamerou. Kamera má vysoké rozlišení, se kterým je možná identifikace obličeje i při horších světelných podmínkách. (30; 31; 32; 33)

Parametry čtečky iFace 302 jsou zobrazeny v tabulce 2.

Tabulka 2 - Parametry čtečky iFace 302

Rozměry	193,6 x 146,8 x 111 mm
Hmotnost	1,48 Kg
Kapacita obličejů	1 200
Kapacita otisků prstů	2 000
Provozní teploty	0°C - 45°C
Provozní vlhkost	20 % - 80 %
Displej	dotykový 4,3"
Jazyk	podpora více jazyků
FRR	< 1 %
FAR	≤ 0,001 %
Identifikace	≤ 2 sekundy
Verifikace	≤ 1 sekunda

ZDROJ: Vlastní zpracování

5.1.4. REFLEKTOR A STMÍVAČ

Mimo dvou uvedených čteček a luxmetru je využito reflektoru, který dodává potřebné světlo pro měření s uživateli. Diplomová práce je zaměřená na identifikaci uživatele v závislosti na světelné intenzitě, a proto je důležité použít reflektor, který nám poskytne nutnou světelnou intenzitu pro změření hodnot, na které denní světlo, nebo běžné osvětlení místnosti nestačí a nespĺňuje naše požadavky.

Další potřebnou součástí tohoto měření je stmívač světla. Stmívač, který napojíme na reflektor a tím je umožněno nastavení přesné světelné intenzity.

5.2. POSTUP MĚŘENÍ

V této kapitole je popsáno, jak probíhalo měření. Nejen postupy samotného měření, ale také vše, co bylo potřeba zajistit, aby se měření mohlo konat kontinuálně a bez komplikací.

Jednalo se například o zajištění laboratoře pro měření a všech příslušných zařízení, bez kterých by měření nemohlo proběhnout. Jednou neméně důležitou součástí bylo sehnat dobrovolníky pro měření a také zajistit správné světelné podmínky pro měření.

Výstupem této kapitoly je vyhodnocení celého měření, do které je zahrnuto finanční zhodnocení systémů.

5.2.1. LABORATOŘ

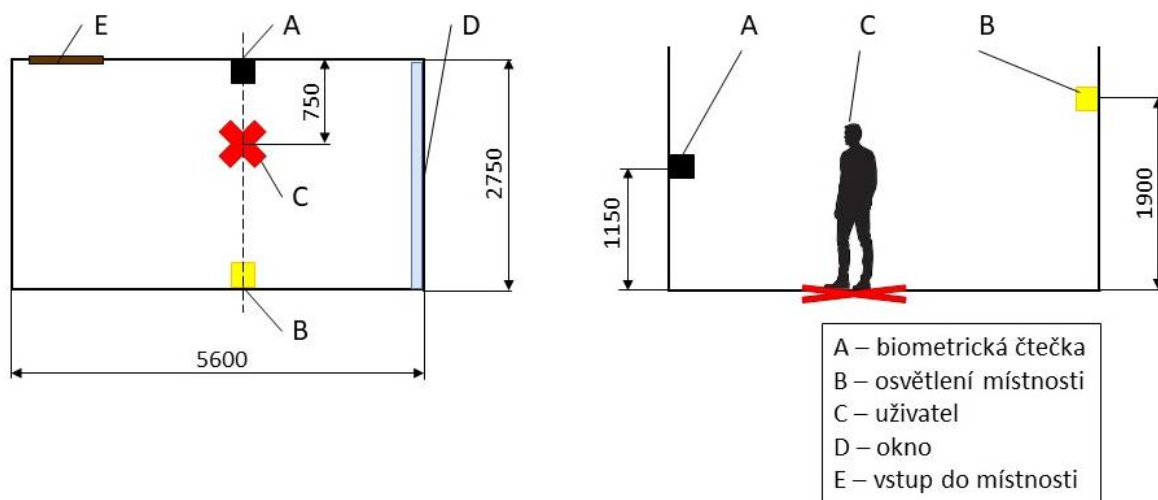
Měření vyžadovalo obstarání místnosti, kde bylo zajištěno konstantních podmínek pro všechny uživatele. Aby všichni při měření dosahovali stejných předpokladů pro správný postup měření.

Pro tuto práci byla vybrána laboratoř katedry, kde mohly být zajištěny všechny potřebné podmínky pro měření. Jako jsou čtečky, reflektor se stmívačem a v neposlední řadě také luxmetr.

Obě čtečky použité při měření byly připevněny na dřevěném panelu, který byl přidělán ke zdi v potřebné výšce. Reflektor byl umístěn na protější zdi tak, aby osvětloval celou místnost.

Nákres laboratoře se všemi potřebnými komponenty je zakreslen na obrázku 16.

Obrázek 16 - Nákres laboratoře



ZDROJ: Vlastní zpracování

Na nákresu je označeno místo **X**, kde se nacházel uživatel při samotném měření, ve vzdálenosti cca 750 mm od biometrických čteček, které jsou značené písmenem **A**. Čtečky byly přidělány na zdi ve výšce 1150 mm od země. Písmenem **B** je značen reflektor, který byl na protější zdi ve výšce 1900 mm. **D** značí okna v místnosti, která byla pro další měření zakryta.

5.2.2. ČTEČKY

Pro diplomovou práci byly využity biometrické čtečky obličeje MultiBio 700 a iFace 302, které jsou podrobněji popsány v předchozí kapitole. Čtečky byly připevněny na panelu, který je vidět na obrázku 17. Čtečky použité v práci se nachází v pravé části a na obrázku jsou označeny plusem.

Obrázek 17 - Panel se čtečkami



ZDROJ: Vlastní zpracování

U obou biometrických čteček bylo provedeno identické měření se shodnými světelnými podmínky a se stejnými uživateli, aby mohly být výsledky porovnány co nejkomplexněji.

5.2.3. SVĚTELNÉ PODMÍNKY

Při hodnocení spolehlivosti biometrických systémů je světlo jednou z podmínek, které může rozpoznávání, a tudíž i celkovou spolehlivost biometrických čteček ovlivnit. Pro tuto práci bylo pomocí reflektoru vytvořeno umělé osvětlení, díky kterému lze naměřit hodnoty a zjistit tak spolehlivost při různých hladinách osvětlení.

Světelné podmínky byly přizpůsobeny tak, aby bylo možné měření provést od největší intenzity světla až po měření při úplné tmě. Při plné intenzitě světla naměřil luxmetr 430 lx a postupně se pomocí stmívače intenzita snižovala až po úplnou tmou, což bylo 0 lx.

Intenzita světla se nastavila tak, aby byl patrný rozdíl mezi jednotlivými hladinami světla. Pro tuto diplomovou práci byly zvoleny hodnoty s rozdílnou intenzitou, které jsou zaznamenány v tabulce 3.

Tabulka 3 – Stanovené hladiny intenzity osvětlení pro měření

Měření	Intenzita osvětlení [lx]
1.	60
2.	430
3.	85
4.	30
5.	10
6.	3
7.	1
8.	0

ZDROJ: Vlastní zpracování

Z tabulky je patrné, že bylo měřeno celkem s osmi rozdílnými hodnotami. První měření bylo provedeno bez reflektoru, či dalšího zařízení a bylo měřeno pouze za intenzity denního světla. Luxmetr naměřil denní světlo na 60 lx a další měření již pokračovalo za pomoci reflektoru s uvedenými hodnoty.

5.2.4. UŽIVATELÉ

Další nezbytnou součástí měření pro tuto diplomovou práci byli dobrovolníci, na kterých bylo možné biometrické čtečky otestovat a naměřit tak potřebné hodnoty.

Měření se zúčastnilo celkem 10 osob ve věkovém rozmezí 24-30 let. Mezi účastníky byli jak muži, tak ženy. Všechny osoby se zúčastnili měření dobrovolně, nikdo do měření nebyl nucen.

Každý uživatel podstoupil měření za všech intenzit světla, která byla vybrána a také na obou příslušných čtečkách. Na čtečce MultiBio 700 a čtečce iFace 302.

5.2.5. POSTUP MĚŘENÍ

Samotné měření obsahovalo několik kroků. Jako první krok bylo nahrát obličejovou šablonu každého uživatele do systému biometrických čteček a přiřadit mu identifikační číslo. Takto se pořídil referenční snímek, podle kterého se pak identifikovaná osoba ověřovala. Tyto referenční snímky neboli šablony, byly nahrávány za denního světla při intenzitě 60 lx za běžných uživatelských podmínek. Referenční snímky by měly být nahrávány tak, jak uživatel

obvykle chodí upraven a také bez dioptrických či slunečních brýlí. I přesto v práci bylo vyzkoušeno nahrání referenčního snímku s brýlemi, konkrétně u dvou uživatelů.

Pokud nebyl referenční snímek dostatečně kvalitní, byl pro čtečku problém s jejím ověřením a celý proces se o několik málo setin sekundy protáhl. Naopak, při kvalitním snímku, bylo ověřování rychlé a většinou bezchybné. Proto bylo nutné nahrát tento snímek dostatečně hodnotný.

Referenční snímky byly nahrávány jednotlivě, oprávněným uživatelem, který má administrátorská práva v systému. V jeho možnostech je přidal další uživatele do systému a nahrát referenční šablonu. Postup nahrávání šablony se skládá z několika kroků. Prvním krokem je zvolit ikonu „přidat uživatel“ na dotykovém display čtečky, přímo v menu, které je na znázorněno na obrázku 18.

Obrázek 18 - Hlavní menu čtečky



ZDROJ: (28)

Zde je nutné zadat identifikační číslo pro oprávněnou osobu, je možné také doplnit ostatní údaje, jako například jméno nebo heslo. Dále je v nabídce vybrána možnost přidání obličeje. Čtečka automaticky začíná zaznamenávat obličej a dává hlasové pokyny, jak má uživatel postupovat. Mezi zvukové pokyny patří například natočení hlavy na jednu a druhou stranu, pokyn přímé sledování čtečky a natočení hlavy nahoru nebo dolů. Čtečka některé

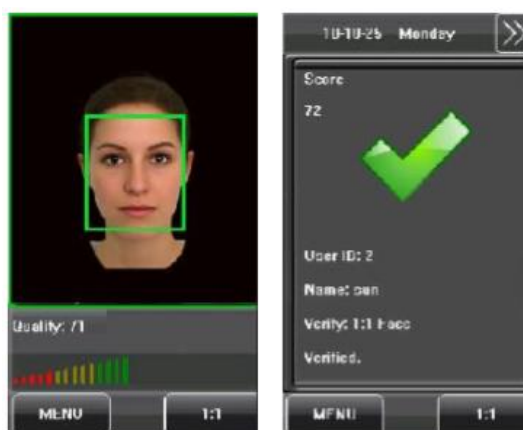
pokyny opakuje v případě nutnosti, aby byl referenční snímek co nejlépe nahrán. Zvukovým signálem stvrzuje zařízení správné nahrání obličeje uživatele.

Všechny údaje, které byly zaznamenány je třeba potvrdit a uložit. Po těchto krocích má uživatel oprávněný přístup do systému

Dalším krokem bylo nasimulování potřebné intenzity světla. Po nahrání referenčních snímků a naměřených hodnot za denního světla, byla v laboratoři zakryta okna pomocí kartonových krabic, lepenky a černé fólie. Tím byla místnost zcela zatemněna a dosaženo naprosté tmy (0 lx). Dále bylo měřeno za přesně stanovených hodnot za pomoci reflektoru a stmívače.

U každého měření byl zaznamenáván čas, za který byl uživatel ověřen. Pokud čtečka neověřila uživatele do stanovených 10 sekund, bylo toto měření počítáno jako nepřijetí oprávněného uživatele, a tudíž byl tento pokus pokládán za neúspěšný pokus. Za úspěšný pokus počítáme přijetí uživatele do požadovaného času. Jak probíhá identifikace osoby lze vidět na obrázku 19, kde v levé části obrázku je znázorněn obličej, který se právě pokouší o identifikaci a v pravé části je znázorněn již úspěšný pokus o identifikaci a tím povolen přístup.

Obrázek 19 - Pokus o identifikaci, ověření uživatele



ZDROJ: (28)

Všechny naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky, neúspěšné pokusy o identifikaci uživatele jsou v tabulce označené symbolem **X**.

Celkem bylo nastaveno 8 intenzit světla, každá intenzita byla naměřena 5x, a to na dvou biometrických čtečkách. Jedna se tedy celkem o 80 měření na jednoho uživatele.

Dohromady bylo provedeno 800 měření. Během tohoto měření byly veškeré časy pečlivě změřeny a zaznamenány do tabulek. Do tabulek byly také zaznamenávány i neúspěšné pokusy o identifikaci.

Vzorové měření je znázorněno v tabulkách 4 a 5, další naměřené hodnoty jsou připojeny v přílohách této diplomové práce. V tabulce 4 jsou zaneseny hodnoty naměřené na čtečku MultiBio 700.

Tabulka 4 - Naměřené hodnoty čtečkou MultiBio 700

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9000	60 (denní světlo)	1,49	1,52	1,23	0,65	1,45
	430	X	4,45	X	3,26	5,80
	85	2,12	1,20	1,40	2,10	1,50
	30	0,80	1,40	1,20	1,30	1,90
	10	2,66	1,40	1,30	2,06	2,25
	3	0,90	1,93	1,43	1,50	2,35
	1	X	4,20	6,05	5,01	6,02
	0	5,96	X	X	X	6,82

ZDROJ: Vlastní zpracování

V tabulce 5 jsou naměřené hodnoty pro čtečku iFace 302 včetně neúspěšných pokusů.

Tabulka 5 - Naměřené hodnoty čtečkou iFace 302

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9000	60 (denní světlo)	2,74	2,03	1,80	2,00	2,15
	430	X	X	4,30	5,29	6,50
	85	2,50	1,50	1,63	1,76	2,39
	30	1,49	1,73	1,29	1,40	1,60
	10	2,75	1,90	2,53	2,48	2,30
	3	4,87	2,36	4,67	8,30	X
	1	4,90	4,80	9,80	5,70	X
	0	9,13	X	X	8,90	X

ZDROJ: Vlastní zpracování

Pro získání hodnoty spolehlivosti biometrických čteček jsou naměřené hodnoty dosazeny do vztahu pro výpočet hodnoty míry chybného odmítnutí (FRR), který je součástí základních biometrických chyb při identifikaci či verifikaci uživatele.

Vztah pro výpočet míry chybného odmítnutí:

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EIA}} = \frac{N_{FR}}{N_{EvA}}$$

Za jednotlivé položky jsou dosazeny hodnoty:

N_{FR} (počet chybných odmítnutí) – součet všech hodnot, vyhodnocených jako odmítnutí uživatele, které jsou v tabulkách značené jako X.

N_{EIA} (počet pokusů oprávněných osob o identifikaci/verifikaci) – celkový součet všech uživatelů, kteří učinili pokus o identifikaci na určité biometrické čteče s konkrétní intenzitou světla.

Hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 6 pro MultiBio 700 a v tabulce 7 pro iFace 302, kde jsou známé jednotlivé položky jak různých intenzit světla, tak skutečných spočtených hodnot. V předposledním sloupci je hodnota dosazená do příslušného vzorce a závěrečný sloupec ukazuje hodnotu chybového odmítnutí vyjádřenou v procentech.

Tabulka 6 - Hodnoty pro výpočet míry chybného odmítnutí

MultiBio 700				
světelnost [lx]	počet pokusů oprávněných osob	počet chybných odmítnutí	míra chybného odmítnutí	FRR [%]
60 (denní světlo)	50	0	0,00	0
430	50	19	0,38	38
85	50	2	0,04	4
30	50	2	0,04	4
10	50	1	0,02	2
3	50	4	0,08	8
1	50	8	0,16	16
0	50	32	0,64	64

ZDROJ: Vlastní zpracování

Tabulka 7 - Hodnoty pro výpočet míry chybného odmítnutí

iFace 302				
světelnost [lx]	počet pokusů oprávněných osob	počet chybných odmítnutí	míra chybného odmítnutí	FRR [%]
60 (denní světlo)	50	0	0,00	0
430	50	14	0,28	28
85	50	1	0,02	2
30	50	0	0,00	0
10	50	1	0,02	2
3	50	2	0,04	4
1	50	7	0,14	14
0	50	29	0,58	58

ZDROJ: Vlastní zpracování

5.2.6. VYHODNOCENÍ

Při konečném vyhodnocení je třeba brát v úvahu naměřené hodnoty, stejně tak se musí počítat s drobnými odchylky. Samotné odchylky se týkaly hodnot v měření, tak i dalších důležitých faktorů.

Jednoznačně významný faktor, který může vést k chybovému měření je samotný dobrovolník. Vždy se nepodařilo nahrát hodnotnou šablonu, dle které se prováděla identifikace a celé měření se tak mohlo o několik setin sekundy prodloužit. Ne vždy se také dobrovolník postavil na stejné místo, a mnohdy hrála roli v měření mimika uživatele.

Další odchylku mohla způsobit chyba v samotném měření, a také mohla být způsobena lidským faktorem. Čas byl měřen na stopkách, a ne vždy se podařilo stopnout čas na setiny přesně.

Pro další indikátory spolehlivosti těchto konkrétních biometrických čteček bylo zapotřebí veškeré naměřené časy jednotlivých měření zprůměrovat. Tyto hodnoty jsou znázorněné v tabulce 8 a níže jsou jednotlivé intenzity světla na konkrétních čtečkách podrobněji popsány.

Tabulka 8 - Průměrné časy měření

průměrné časy přijetí [s]		
světelnost [lx]	MutliBio 700	iFace 302
60 (denní světlo)	1,85	2,12
430	5,68	5,13
85	2,48	1,87
30	2,14	1,99
10	2,39	2,27
3	4,26	4,83
1	5,82	5,34
0	6,57	6,27

ZDROJ: Vlastní zpracování

Denní světlo [60 lx]

Při ověřování uživatele na denním světle při intenzitě 60 lx, nebyl většinou žádný problém. Ověřování probíhalo u obou čteček rychle a převážně bezchybně. U čtečky MultiBio 700 byl průměr všech měření 1,85 sekund, u čtečka iFace 302 o pár sekund víc a to 2,12 sekundy.

Další hodnota měření byla míra chybového odmítnutí, která při denním světle dosahovala u obou čteček 0 %.

Denní světlo bylo tedy nejlépe hodnocené měření, jak z hlediska času, tak dle míry chybovosti těchto zařízení.

Intenzita 430 lx

Při ověřování s intenzitou světla 430 lx byl velký problém. Světlo bylo příliš ostré a čtečky měly problém uživatele zachytit. Pokud čtečka uživatele ověřila, doba se pohybovala kolem 5 sekund. U čtečky MultiBio 700 bylo průměrně naměřeno 5,68 sekund a u čtečky iFace 302 činil průměrný čas ověřování kolem 5,13 sekund.

Z hlediska míry chybného odmítnutí se jednalo o druhý nejhorší výsledek z celé škály jednotlivých intenzit. U čtečky MutliBio 700 tato hodnota dosahovala 38 % u čtečky iFace 302 byla hodnota nižší a to 28 % chybového odmítnutí.

Příliš prudké světlo, není pro biometrické čtečky moc dobré a s ověřením uživatele je ve většině případů problém.

Intenzita 85 lx

V případě, že hodnota osvětlení dosahovala 85 lx, tak se toto měření nejvíce podobalo měření při denním světle. Ověření probíhalo rychle, a jednalo se o druhé nejlepší časy celého měření. Čas 2,48 sekund pro čtečku MultiBio 700 a 1,87 sekund pro čtečku iFace 302.

I přes podobnou hladinu osvětlení s denním světlem došlo k vyšší míře chybného odmítnutí a to 4 % chybnosti u čtečky MultiBio 700 a 2 % u čtečka iFace 302.

Intenzita 30 lx

Ověřování uživatele s intenzitou 30 lx probíhalo poměrně rychle a jednalo se o časy 2,14 sekund u čtečky MultiBio 700 a pro čtečku iFace 302 byl zaznamenán čas 1,99 sekund.

Tato intenzita dosahovala u čtečky MultiBio 700 stejně jako u předchozí intenzity 4 % naopak u čtečky iFace 302 byla míry chybnosti lepší a jednalo se o 0 % chybného odmítnutí.

Osvětlení 30 lx bylo oku příjemné a hodnoty se při tomto osvětlení měřily velmi snadno.

Intenzita 10 lx

Tato hladina světla byla víceméně poslední měřitelnou hodnotou. Co se týče časů, tak i pro míru chybného odmítnutí. Od této intenzity dále, již hodnoty začali opět klesat, a chybovost se začala znovu zvětšovat.

Časy měření byly 2,39 sekundy u čtečky MultiBio 700 a 2,27 sekundy u čtečky iFace 302.

Chybné odmítnutí nebylo příliš velké a u obou čteček dosahovalo 2 %.

Intenzita 3 lx

Při intenzitě osvětlení, kdy intenzita dosahovala 3 lx a méně, se časy ověření začaly prodlužovat.

Čas ověření u čtečky MultiBio 700 byl průměrně 4,26 sekund. U čtečky iFace 302 se jednalo o 4,83 sekundy.

Chybovost u čtečka MultiBio 700 dosahovala 8 % a 4 % u čtečky iFace 302.

Intenzita 1 lx

Osvětlení v podobě 1 lx je velmi malé a dokazovaly to i naměřené a spočtené hodnoty. Časy ověřování se pohybovaly kolem 5 sekund stejně jako u osvětlení s intenzitou 430 lx.

Konkrétně tedy časy 5,82 sekundy u čtečky MultiBio 700 a čas 5,34 sekund u čtečky iFace 302.

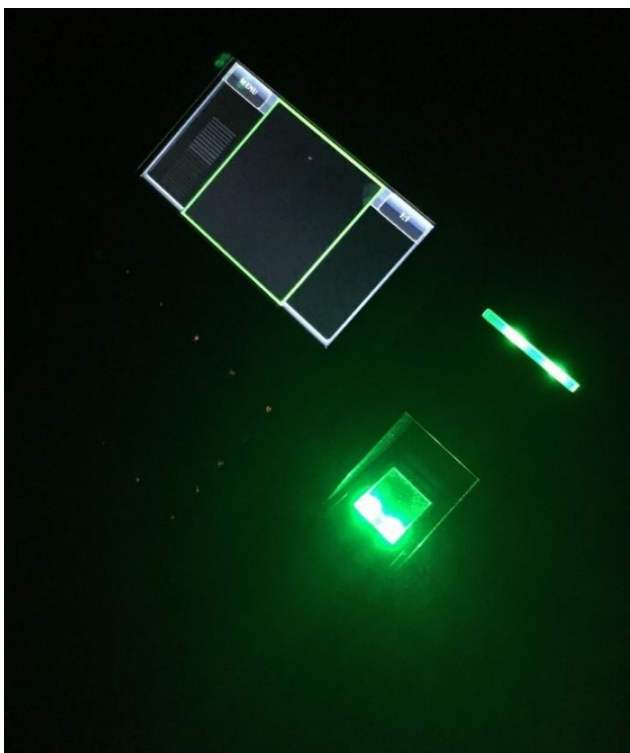
Míra chybného odmítnutí už se dále jen zvětšovala u obou čteček a to na 16 % u čtečky MultiBio 700 a u čtečky iFace 302 byla míra chybného odmítnutí 14 %.

Intenzita 0 lx

Světelná intenzita 0 lx, což by měla být úplná tma, představovala pro čtečky největší problém. U této hladiny osvětlení se daly očekávat potíže s ověřením uživatele. Výsledky byly ale překvapivé, a i za tmy čtečky chvílemi reagovaly.

Bylo to způsobeno tím, že i když luxmetr naměřil hladinu osvětlení jako 0 lx, i přesto se nepatrné světlo v místnosti vyskytlo, a to od samotné čtečky, která vyzařovala nepatrný zelený svit. Jak je vidět na obrázku 20 kde je zobrazena čtečka iFace 302 na které právě probíhalo ověřování uživatele při intenzitě 0 lx.

Obrázek 20 - Svit čtečky při měření



ZDROJ: Vlastní zpracování

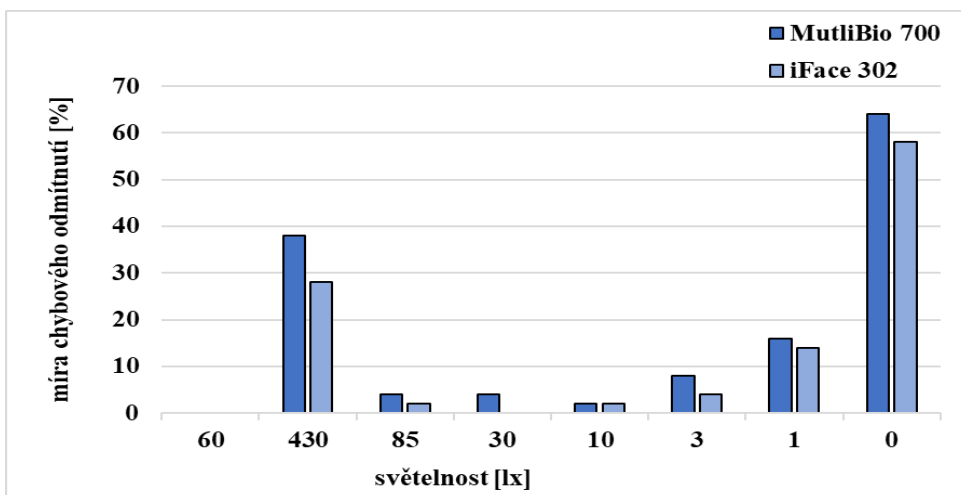
Zaznamenané časy byly sice nejdelší ze všech naměřených hodnot ale i přesto se v některých případech čtečkám podařilo uživatele ověřit. S průměrnými hodnoty 6,57 sekund u čtečky MultiBio 700 a 6,27 sekund u čtečky iFace 302.

Míra chybnosti dosahovala u obou čteček přes 50 %. Konkrétně byly spočteny hodnoty 64 % u čtečky MutliBio 700 a u čtečky iFace 302 dosahovala míra chybného odmítnutí 58 %.

5.2.7. SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ

Pro přehled výsledků je zde uveden graf na obrázku 21 s hodnotami, které znázorňují míru chybového odmítnutí vyjádřenou v procentech. Míru chybového odmítnutí můžeme považovat za hlavní faktor při hodnocení spolehlivosti biometrických systémů, a tím i faktorem při rozhodování o koupi konkrétního zařízení.

Obrázek 21 - Míry chybného odmítnutí



ZDROJ: Vlastní zpracování

Z grafu je patrné, že čtečky při normální reálném světle reagují velmi dobře, a chybovost těchto zařízení se pohybuje do 5 %. S klesající hladinou světla, a naopak s extrémně silným a ostrým světle probíhá identifikace velmi pomalu, a hlavně s velkou chybovostí, která dosahovala skoro až 70 %.

5.3.FINANČNÍ ZHODNOCENÍ

Při pořízení biometrické čtečky je důležitým faktorem také cena samotného zařízení. Cena se odvíjí nejen od stáří zařízení, ale také od jejich funkcí. Rozdíl v ceně je viditelný, pokud je čtečka pouze na jeden biometrický údaj jako například na otisk prstů, nebo je tato čtečka multibiometrická, například na otisk prstu a zároveň i na identifikaci dle obličejových rysů.

Stáří zařízení je u ceny také znatelné. V dnešní době ceny zařízení klesají velmi rychle, a to z důvodu vývoje nových technologií. Tím jsou čtečky dostupnější pro běžné uživatele například i do malých podniků jako docházkový systém.

Pro porovnání v tabulce 9 jsou zobrazeny ceny, za kterou byla čtečka pořízena, a cena za kterou lze pořídit identickou čtečku dnes. Ceny jsou uvedeny u čteček, na kterých bylo prováděno měření této diplomové práce, a to sice MultiBio 700 a iFace 302.

Tabulka 9 - Ceny za pořízení čteček

Čtečka	Pořizovací ceny v době nákupu [Kč]	Pořizovací cena dnes [Kč]
MultiBio 700	24.320,-	14.800,-
iFace 302	38.150,-	16.200,-

ZDROJ: Vlastní zpracování

Konkrétně tyto čtečky byly pořízeny před 7 lety a obě mají možnost identifikovat uživatele dle otisku prstu i obličejových rysů, tudíž jsou obě čtečky multibiometrické.

Cena biometrických čteček klesá dolů hodně rychle. V dnešní době se na trhu vyskytuje několik dalších variant těchto konkrétních značek, kteří jsou jejichmi nástupci a to iFace 702 a MutliBio 1000. Ceny čteček, které byly pořízené před 7 lety jsou přibližně srovnatelné s nástupci těchto čteček dnes.

Při porovnání těchto dvou čteček, co se týče ceny a výkonu, není jednoznačný výherce. Z tabulky 10 je patrné, že čtečka MultiBio 700 je oproti čtečce iFace 302 levnější o 13 830,- Kč, ale na druhou stranu je podle měření chybnost o 3,5 % vyšší.

Tabulka 10 - Chybnost čtečky VS. ceny pořízení

Čtečka	FRR [%]	Pořizovací ceny [Kč]
MultiBio 700	17	24.320,-
iFace 302	13,5	38.150,-

ZDROJ: Vlastní zpracování

Není tedy jednoznačné určit lepší biometrickou čtečku. Záleží na uživateli a konkrétním využití, zda potřebuje vyšší zabezpečení, nebo mu stačí průměrná čtečka pro identifikaci. Tady proto ve většině případů i konkrétně v tomto platí zásada, za lepší zařízení se zaplatí více peněz.

6. DISKUZE

Prvním oborem, kde se začala biometrie používat byla kriminalistika. V dnešní době se s ní můžeme setkat v podstatě na každém kroku. Biometrie se dnes využívá při vstupu do zabezpečených objektů, jako docházkový systém, ale pro větší pohodlnost, a hlavně rychlejší přístup se začala využívat například i u mobilních telefonů nebo notebooků. Dle předpovědi Technavio do roku 2021 lze přitom očekávat nárůst více než 80 % zařízení s těmito biometrickými prvky.

Biometrie je jednoduchá, rychlá a spolehlivá. Žádné klíče a přístupové karty nebo čipy, žádná ztráta těchto potřebných prvků, nebo zapomenutých hesel pro vstupy, a hlavně se nedá moc dobře zfalšovat. Dá se tedy očekávat nárůst těchto technologií a kladení většího významu na biometrii. Například v bankovním sektoru, kde dle průzkumu spotřebitelé a bankovní odborníci upřednostňují biometrické údaje před PINy a hesly. (34)

V České republice je velmi oblíbený a zároveň cenově dostupný systém na evidenci docházky pro malé a střední firmy. Nejčastěji probíhá ověřování dle otisku prstu. V současnosti je u nás otisk prstů součástí cestovního pasů a v některých případech v nových občanských průkazech.

Ve Spojených Arabských Emirátech již zahájili zkušební provoz s biometrickými čtečkami. Byli tak první na světě, kdo na letišti, konkrétně v Dubaji, zavedli tuto formu bezpečnostních systémů. Mají zde biometrické systémy na rozpoznávání dle oční duhovky a obličeje. Jde o první pasovou kontrolu, kde osoba pouze projde skrz bezpečnostní tunel. Není zapotřebí žádných dokladů ani kontaktu s bezpečnostními složkami. Tento zkušební provoz byl zahájen 10. října minulého roku (2018). (35; 36)

V dnešní době je na výběr nespočetně mnoho biometrických zařízení pro identifikaci nebo verifikaci uživatele. Můžeme je rozdělit dle několika hledisek. Jedním pohledem, jak posuzovat biometrické čtečky je dle pořizovací ceny zařízení. U těchto zařízení je cenové rozpětí velmi rozsáhlé a může se pohybovat v rozmezí tisíců, až i několik desítek tisíců. Velmi záleží na konkrétním druhu biometrického zařízení, což můžeme považovat za druhý pohled.

Existují čtečky na jeden konkrétní biometrický rys a také mohou být i čtečky multibiometrické, u kterých je zabudované zařízení pro snímání dvou biometrických charakteristik. Například lze kombinovat čtečku otisku prstů a rozpoznávání dle obličejových rysů.

Dalším, možná ne tak důležitým faktorem může být například velikost samotného zařízení. Můžeme je také členit na čtečky vnitřní nebo venkovní čtečky. Tyto hlediska většinou rozhodují při koupi samotného zařízení, a záleží opravdu na každém uživateli, na co konkrétně biometrické zařízení potřebuje.

Ve světě již existuje několik značek, kteří se zabývají výrobou a distribucí biometrických čteček. Jsou to například společnosti iEvo, ZK Teco, Artec ID. V České republice je to například společnost Alveno nebo Ekey. (9; 37)

Předpovědi pro biometrické rozpoznávání jsou takové, že ke konci roku 2022 se bude ze 30 % využívat biometrické ověřování na mobilních telefonech, v současnosti je to něco kolem 5 %. Také podniky budou využívat ze 70 % biometrické metody a kombinovat je s vestavěnými klíči. Společnosti, které již biometrické systémy využívají začnou tyto systémy kombinovat pro větší bezpečnost. Toto jsou předpovědi analytiků na začátku roku 2018. (35)

Využití biometrických systémů velmi rychle narůstá, z důvodů, že se stává cenově dostupnou a také pro vyvíjení stále nových technologií. Tyto nové technologie, které se v budoucnu objeví jsou přirozeně nejprve využity v kriminalistice a u dalších bezpečnostních složek státu a dále se budou rozvíjet do dalších odvětví až se osvojí i v běžném životě.

7. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnocení technologií pro identifikaci uživatele v závislosti na světelné intenzitě. Provést testování určitých technologií a následně zhodnotit všechny výsledky. Pro testování a hodnocení byla vybrána biometrická zařízení, konkrétně čtečky MultiBio 700 a iFace 302.

První část práce se věnovala všeobecně problematice o biometrii. Byla zde přehledně zpracována rešeršní část práce, která obsahovala stručnou historii biometrie a jednotlivé termíny, které s tímto tématem souvisejí. Pojem identita, identifikace a verifikace.

Další rešeršní částí byly uvedeny rozdíly a popsány jednotlivé metody biometrické identifikace osoby. Byly zde charakterizovány metody dle otisku prstu, geometrie ruky, lidského oko, hlasu a dle krevního řečiště.

V poslední části teoretické práce bylo uvedeno hodnocení spolehlivosti biometrických systémů, s tím související i pravděpodobnost chybného přijetí nebo odmítnutí uživatele. V neposlední řadě zde bylo uvedeno rozpoznávání dle obličejových rysů, samotná detekce a lokalizace lidské tváře. Jsou zde popsány také jednotlivé přístupy pro rozpoznávání obličejových rysů, jako jsou 2D a 3D přístupy.

Praktická část práce obsahovala popis jednotlivých zařízení, včetně jejich parametrů, která byla v práci použita pro samotné měření a vyhodnocení výsledků. Konkrétně tedy dvě biometrické čtečky MultiBio 700 a iFace 302. Dále byl využit luxmetr a reflektor se stmívačem, pro stanovení potřebných hladin světla. V této části je také uveden podrobný popis, jak samotné měření probíhalo.

K uskutečnění této práce bylo potřeba zajistit několik věcí, nejdříve laboratoř, kde se mohlo uskutečnit měření, dále bylo nezbytné zajistit několik uživatelů, kteří se účastnili měření a mohla být tak otestována spolehlivost biometrických čteček. Dobrovolníci, kteří se zúčastnili měření, byli studenti z České zemědělské univerzity. Dále byly potřeba zajistit světelné podmínky, k zjištění spolehlivosti zařízení, při různých hladinách světla. Měření začínalo na denním světle o 60 lx, dále se za pomoci reflektoru a stmívače stanovily hodnoty. První hodnota byla 430 lx a dále se pokračovalo na hodnoty 85 lx, 30 lx, 10 lx, 3 lx, 1 lx a poslední zkoušená hodnota byla 0 lx.

Samotné měření obsahovalo nejprve nahrání šablony každého uživatele do systému, pomocí které probíhalo následné testování. Čas, za který musela čtečka ověřit uživatele, byl stanoven na 10 sekund, pokud čtečka uživatele nepoznala, bylo to bráno jako chybný pokus.

Tímto způsobem byly naměřeny veškeré hodnoty na obou příslušných čtečkách. Hodnoty byly sepsány do tabulky a následně mohlo probíhat vyhodnocení. Do příslušného vzorce byly dosazeny hodnoty chybného odmítnutí uživatele a celkový počet pokusů, které uživatel učinil pro ověření. Takto se vypočítala míra chybného odmítnutí (FRR), což vypovídá o spolehlivosti zařízení.

Obě čtečky měly problém s intenzitou 430 lx. Při této hodnotě reflektor vyzařoval velmi prudké a ostré světlo a čtečky nebyly schopny uživatele identifikovat. Míra chybného odmítnutí dosahovala 38 % u čtečky MultiBio 700 a 28 % u čtečky iFace 302.

Druhý problém nastal u čteček při světelné intenzitě 0 lx. Při této světelné intenzitě čtečky nespolupracovaly moc dobře a byly zaznamenány velké chyby. Chyby dosahovaly hodnot 64 % u čtečky MultiBio 700 a 58 % u čtečky iFace 302.

Naopak neproblémové hodnoty byly při denním světle a také při intenzitě 85, 30 a 10 luxů. Při těchto hodnotách čtečky ověřovaly velmi rychle a vcelku bezchybně.

Testováním a následnými výpočty byla zjištěna celková míra chybného odmítnutí 17 % u čtečky MultiBio 700 a 13,5 % u čtečky iFace 302.

V práci je také uvedeno finanční zhodnocení těchto konkrétních biometrických systémů. Je zde finanční porovnání na základě cen, za které byly čtečky pořízeny a jejich hodnota nákupu dnes.

Při výběru biometrické čtečky by byla pravděpodobně zvolena čtečka iFace 302, nejen díky menší míře chybného odmítnutí, ale také pro lepší uživatelskou přívětivost. S čtečkou iFace 302 bylo měření mnohem snadnější, například díky velikosti displeje, na kterém se dalo mnohem lépe pracovat. Na pokyny reagovala čtečka iFace 302 velmi rychle. Cena je oproti MultiBio 700 vyšší, ale tyto kladné benefity vyváží pořizovací cenu zařízení.

8. CITOVANÁ LITERATURA

1. **VLADIMÍR, JEŽEK.** *Systemy automatické identifikace.* Praha : Grada Publishing, 1996. ISBN 80-7169-181-4.
2. **ROMAN, RAK, a další.** *Biometrie a identita člověka - ve forenzních a komerčních aplikacích.* Praha : Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.
3. **EYSENCK, MICHAEL W. a KEANE, MARK T.** *Cognitive Psychology: A Student's Handbook.* místo neznámé : Psychology Press, 2010. ISBN 13: 9781841695402.
4. **TISTARELLI, MASSIOMO, BIGUN, JOSEF a GROSSO, ENRICO.** *Advanced Studies in Biometrics.* Alghero : Springer, 2003. ISBN.
5. **MARTIN, DRAHANSKÝ, ORSÁG, FILIP a KOLEKTIV.** *Biometrie.* Brno : Computer Press a.s., 2011. ISBN 978-80-254-8979-6.
6. **NÚDZIKOVÁ, PAVLÍNA, SLANINA, ZDENĚK a KOLEKTIV.** *Elektromobilita I (Identifikace uživatele).* Ostrava : autor neznámý, 2014. ISBN 978-80-248-3531-0.
7. **KOTEK, ZDENĚK, a další.** *Metody rozpoznávání a jejich aplikace.* Praha : Academia, 1993. ISBN 80-200-0297-9.
8. **JANEČEK, TOMÁŠ.** *Biometrika. NULA - biometrika.* [Online] 2016. [Citace: 24. Březen 2019.] <http://www.nula.wz.cz/biometrika/biometrika.pdf>.
9. **BIOMETRICKÉ ČTEČKY.** *Biometrie line.* [Online] ABBAS, a.s., 2011. [Citace: 24. Březen 2019.] <http://www.biometricke-ctecky.cz/>.
10. **JUNG SNĚŽNÍK.** *Carl Gustav Jung.* [Online] Psychopompos, 2018. [Citace: 24. Březen 2019.] http://jung.sneznik.cz/soubor_slovník/slovník_identifikace.htm.
11. **ZHANG, DAVID, JAIN, ANIL K. a další, a.** *Biometric Authentication .* Hong Kong : Springer, 2004. ISBN: 3-540-22146-8.
12. **BENEŠ, R.** *Autentizační metody.* [Online] Access server, 2010. [Citace: 24. Březen 2019.] <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2010110002>. ISSN 1214-9675.
13. **MĚŠEC cz.** *Průvodce fin. světem.* [Online] Internet Info, s.r.o. [Citace: 24. Březen 2019.] <https://www.mesec.cz/clanky/biometrie-v-bankovnictvi-pro-vyber-hotovosti-prilozite-jen-prst/>. ISSN 1213-4414.

14. KATEŘINA, SULOVASKÁ. **Posterus**. *Portál pro odborné publikace*. [Online] Zář 2011. [Citace: 24. Březen 2019.] <http://www.posterus.sk/?p=11511>.
15. **Fastlane . Integrated Design Ltd.** [Online] 2016. [Citace: 25. Březen 2019.] <https://www.fastlane-turnstiles.com/press-releases/biometric-security/>.
16. **MATYÁŠ, VÁCLAV a HÖNIGOVÁ, ALENA**. *Anglicko-česká terminologie bezpečnosti informačních technologií*. Brno : Computer Press, 2001. ISBN: 8085896443.
17. **MIT Technology Review**. [Online] 2017. [Citace: 25. Březen 2019.] https://www.technologyreview.com/s/608598/when-a-face-is-worth-a-billion-dollars/amp/?utm_campaign=Abundance%20Insider&utm_source=hs_email&utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz--c03TNOpszVjts7LTj87jLGPyy44k0iqIqyEYQ8Gd3mesy5tXjc2ZoLpKdolzLk9Cj9VMI.
18. **DRAHANSKÝ, MARTIN**. **Abickocz**. *Tajemství biometrie*. [Online] CZECH NEWS CENTER a.s, 2017. [Citace: 25. Březen 2019.] <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/22381/tajemstvi-biometrie-1-otisky-prstu.html>.
19. **PAUL, EKMAN**. *Emotion in the Human Face*. místo neznámé : Malor Books, 2013. ISBN: 9781933779829.
20. **JAIN, LAKHMI C., a další**. *Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition*. místo neznámé : CRC Press , 1999. ISBN 9780849320552.
21. **Veltkamp, Frank B. ter HaarRemco C**. *3D Face Model Fitting for Recognition*. Berlin : Springer, 2008. ISBN : 978-3-540-88693-8.
22. **FingerTec**. *Face Recognition*. [Online] [Citace: 24. Březen 2019.] <https://www.fingertec.com/whatsnew/face-recognition-white-paper-technology-2?page=face-recognition-white-paper-technology-2>.
23. **PIHAN, ROMAN**. **Fotoroman**. *Fotografie a fototechnika*. [Online] 2002-2017. [Citace: 24. Březen 2019.] <http://www.fotoroman.cz/tech2/svetlo01zaklad.htm>.
24. **Philips Lighting**. *Philips*. [Online] Signify Holding, 2018. [Citace: 24. Březen 2019.] <https://www.lighting.philips.cz/consumer/advice-on-lighting-ideas/jak-funguje-svetlo>.
25. **LABICOM**. [Online] Matasoft, 2017. [Citace: 24. Březen 2019.] <https://www.labicom.cz/produkty/laboratorni-vybaveni/mereni-optickych-vlastnosti/luxmetr>.

- 26. METRAVOLT. *Prodej, servis a kalibrace měřicí techniky.*** [Online] 2017. [Citace: 2019. Březen 24.] <http://www.metravolt.cz/items.aspx?GroupID=12>.
- 27. Revizní přístroje .** [Online] MERATEST s.r.o., 2017. [Citace: 24. Březen 2019.] <https://www.reviznipristroje.cz/osvetleni-zareni/602-lutron-lx-1128-sd-luxmetr.html>.
- 28. ZK Technology EU, S.R.L.** [Online] 2010. [Citace: 24. Březen 2019.] https://www.masterbc.co.rs/dokumenta/2731_2.pdf.
- 29. ZKTeco.** [Online] Planet Green Solution. [Citace: 24. Březen 2019.] <https://www.zkteco.me/>.
- 30. KAMBAR TECGNOLOGIESS. *Access Control Solutions.*** [Online] 2012. [Citace: 24. Březen 2019.] <http://accesscontrolconsult.in/Biometric/essl-multibio-700.html>.
- 31. ELETUR CZ.** [Online] 2010. [Citace: 24. Březen 2019.] <https://eletur.cz/iFace-302-multi-biometricky-pristupovy-system-dochazkovy-system-WG26>.
- 32. ZK TECHNOLOGY. *iFace 302.*** [Online] [Citace: 24. Březen 2019.] <https://www.eattendance.com/wp-content/uploads/2017/01/Iface302-facial-time-attendance-device-brochure.pdf>.
- 33. Multi-biometric Identification .** [Online] 2014. [Citace: 24. Březen 2019.] <http://www.hilite.com.pk/datasheet/attendance/iFace302.pdf>.
- 34. BusinessIT.cz. *BusinessIt.*** [Online] 2017. [Citace: 25. Březen 2019.] <http://www.businessit.cz/cz/biometricke-prvky-v-roce-2018-pro-stale-dokonalejsi-zabezpeceni.php>. ISBN: 1805-0522.
- 35. Ictrevue.ihned. *Hospodářské noviny IHNED.*** [Online] 2017. [Citace: 25. Březen 2019.] https://ictrevue.ihned.cz/c3-65967870-0ICT00_d-65967870-biometrie-je-vice-nez-otisk-prstu. ISSN 1213-7693.
- 36. PUŽMANOVÁ, RITA. *SystemyOnLine.*** [Online] 2018. [Citace: 25. Březen 2019.] <https://www.systemonline.cz/clanky/biometricke-systemy-v-praxi.htm>. ISSN 1802-615X.
- 37. ABBAS, a.s.** [Online] OmegaDesign, 2018. [Citace: 25. Březen 2019.] <http://www.abbas.cz/produkty-a-sluzby/technologie/biometrie/>.

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Podíl využití jednotlivých biometrických technologií.....	6
Obrázek 2 - Identifikace osoby	8
Obrázek 3 - Verifikace osoby	8
Obrázek 4 - Papilární linie	9
Obrázek 5 - Rozložení žil na prstech uživatele	13
Obrázek 6 - Zjednodušené schéma biometrického systému	14
Obrázek 7 - Míry ztotožnění oprávněných a neoprávněných uživatelů	16
Obrázek 8 – Ideální varianty křivek FRR a FAR	18
Obrázek 9 - Jednotlivé markanty na obličeji uživatele.....	19
Obrázek 10 - Různé mimiky v obličeji uživatele	20
Obrázek 11 - Základní etapa při rozpoznávání tváře.....	20
Obrázek 12 - Postup rozpoznávání dle optických toků	24
Obrázek 13 - Luxmetr LX 1128SD	29
Obrázek 14 - Biometrická čtečka MultiBio700.....	30
Obrázek 15 - Biometrická čtečka iFace 302.....	31
Obrázek 16 - Nákres laboratoře	34
Obrázek 17 - Panel se čtečkami	35
Obrázek 18 - Hlavní menu čtečky	37
Obrázek 19 - Pokus o identifikaci, ověření uživatele	38
Obrázek 20 - Svit čtečky při měření	44
Obrázek 21 - Míry chybného odmítnutí	45

10. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Parametry čtečky MultiBio 700	31
Tabulka 2 - Parametry čtečky iFace 302	32
Tabulka 3 – Stanovené hladiny intenzity osvětlení pro měření.....	36
Tabulka 4 - Naměřené hodnoty čtečkou MultiBio 700	39
Tabulka 5 - Naměřené hodnoty čtečkou iFace 302	39
Tabulka 6 - Hodnoty pro výpočet míry chybného odmítnutí	40
Tabulka 7 - Hodnoty pro výpočet míry chybného odmítnutí	41
Tabulka 8 - Průměrné časy měření	42
Tabulka 9 - Ceny za pořízení čteček.....	46
Tabulka 10 - Chybnost čtečky VS. ceny pořízení	47

11. SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

FRR	False Rejection Rate (míra chybného odmítnutí)
FAR	False Acceptance Rate (míra chybného přijetí)
Th	Thresholds (práh citlivosti)
N _{FR}	Number of False Rejection (počet chybných odmítnutí)
N _{EIA}	Number of Enrolle Identification Attempts (počet pokusů oprávněných osob o identifikaci)
N _{EVA}	Number of Enrolle Verification Attempts (počet pokusů oprávněných osob o verifikaci)
N _{FA}	Number of False Acceptance (počet chybných přijetí)
N _{IIA}	Number of Impostor Identification Attempts (počet pokusů oprávněných osob o identifikaci)
N _{IVA}	Number of Impostor Verification Attempts (počet pokusů oprávněných osob o verifikaci)
L _x	jednotka intenzity osvětlení lux
L _m	jednotka světelného toku lumen
m ²	jednotka plochy

12. PŘÍLOHY

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9000	60 (denní světlo)	1,49	1,52	1,23	0,65	1,45
	430	X	4,45	X	3,26	5,80
	85	2,12	1,20	1,40	2,10	1,50
	30	0,80	1,40	1,20	1,30	1,90
	10	2,66	1,40	1,30	2,06	2,25
	3	0,90	1,93	1,43	1,50	2,35
	1	X	4,20	6,05	5,01	6,02
	0	5,96	X	X	X	6,82

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9001	60 (denní světlo)	2,93	1,82	2,43	2,33	1,86
	430	X	X	5,60	8,20	5,94
	85	1,80	3,12	0,60	2,12	4,30
	30	X	1,50	2,30	3,00	1,50
	10	2,60	2,00	3,20	2,90	2,80
	3	4,60	4,60	6,23	X	5,30
	1	X	9,30	7,30	2,90	4,80
	0	X	X	7,67	X	X

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9002	60 (denní světlo)	1,50	2,40	2,23	1,20	2,20
	430	5,20	6,22	9,11	X	X
	85	3,20	2,20	1,90	X	4,00
	30	0,98	2,95	3,90	3,20	2,40
	10	3,20	4,20	2,76	0,50	2,65
	3	4,20	2,70	5,20	3,20	5,20
	1	9,20	8,20	8,30	5,20	X
	0	X	5,13	X	X	5,50

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9003	60 (denní světlo)	1,23	1,00	1,05	1,39	1,29
	430	X	5,30	X	6,80	X
	85	2,40	4,50	2,76	2,80	3,15
	30	1,73	1,27	1,40	2,60	1,70
	10	3,40	1,32	4,90	3,36	3,25
	3	8,20	2,20	8,90	X	8,20
	1	5,70	7,80	7,45	5,00	6,30
	0	8,90	X	X	X	6,70

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9004	60 (denní světlo)	2,89	1,20	1,50	1,30	2,70
	430	5,90	6,78	X	5,90	X
	85	2,20	3,30	1,70	3,20	2,97
	30	1,60	1,60	0,89	2,89	2,75
	10	1,13	2,24	2,20	2,20	1,80
	3	4,50	2,15	2,88	X	2,30
	1	X	4,50	3,90	3,90	4,54
	0	8,20	X	6,70	7,35	X

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9005	60 (denní světlo)	1,87	1,50	1,20	3,20	1,00
	430	X	7,46	X	5,25	6,39
	85	1,89	1,79	1,59	2,90	1,42
	30	1,92	2,53	3,43	1,20	1,93
	10	3,20	1,42	1,39	1,70	1,98
	3	5,60	4,09	5,32	4,36	3,05
	1	6,70	5,45	5,98	6,70	X
	0	7,80	X	7,78	X	X

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9006	60 (denní světlo)	2,92	2,10	1,92	1,13	1,10
	430	4,15	X	6,06	4,68	X
	85	3,80	2,70	2,45	2,50	3,50
	30	3,40	3,40	2,56	1,93	X
	10	2,49	1,88	3,40	2,62	3,40
	3	3,80	3,71	6,50	7,50	6,34
	1	5,70	6,09	6,70	7,80	X
	0	4,90	X	5,40	X	X

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9007	60 (denní světlo)	2,00	1,95	2,80	1,80	1,50
	430	X	4,16	3,40	5,92	4,42
	85	2,02	1,30	1,39	1,39	2,40
	30	1,73	1,70	3,40	2,60	1,70
	10	1,86	X	2,61	2,20	1,41
	3	X	3,76	2,50	2,06	4,90
	1	2,90	4,30	3,75	X	3,24
	0	X	5,28	X	X	X

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9008	60 (denní světlo)	1,70	2,60	1,10	2,13	2,40
	430	X	6,31	4,62	6,97	4,73
	85	2,75	3,35	2,34	2,73	2,02
	30	3,90	2,03	3,09	0,98	1,21
	10	2,40	2,66	2,70	3,49	2,36
	3	4,12	3,66	3,08	4,30	4,60
	1	5,76	9,95	4,97	X	6,23
	0	X	X	5,70	X	4,38

čtečka	MultiBio 700	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
8800	60 (denní světlo)	2,50	3,10	2,30	1,90	2,10
	430	5,00	5,62	X	X	4,90
	85	2,76	2,50	3,20	3,20	X
	30	2,66	2,41	2,24	1,60	1,56
	10	1,70	2,60	1,10	2,13	2,40
	3	4,87	4,20	5,29	4,28	4,00
	1	5,20	6,17	5,03	5,84	4,39
	0	X	7,89	X	X	X

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9000	60 (denní světlo)	2,74	2,03	1,80	2,00	2,15
	430	X	X	4,30	5,29	6,50
	85	2,50	1,50	1,63	1,76	2,39
	30	1,49	1,73	1,29	1,40	1,60
	10	2,75	1,90	2,53	2,48	2,30
	3	4,87	2,36	4,67	8,30	X
	1	4,90	4,80	9,80	5,70	X
	0	9,13	X	X	8,90	X

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9001	60 (denní světlo)	1,30	1,16	1,06	1,36	1,29
	430	4,28	X	5,80	4,98	3,72
	85	3,50	1,80	2,20	1,90	1,90
	30	2,10	3,80	1,90	1,90	2,10
	10	1,20	1,40	1,30	3,75	2,20
	3	3,20	2,40	2,90	3,20	2,15
	1	4,30	5,82	4,20	5,10	4,20
	0	X	4,50	X	X	5,40

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9002	60 (denní světlo)	5,25	2,42	1,46	2,03	1,12
	430	8,70	7,30	8,30	X	7,90
	85	2,74	2,30	X	2,00	2,15
	30	1,20	2,80	2,80	2,14	2,20
	10	1,20	1,30	1,30	1,20	4,20
	3	6,38	4,81	3,20	3,60	6,70
	1	5,50	X	4,20	X	4,18
	0	X	X	5,19	X	5,28

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9003	60 (denní světlo)	1,23	1,69	2,30	3,20	1,15
	430	6,36	5,19	X	7,36	5,12
	85	1,20	1,30	1,30	1,20	4,20
	30	2,14	2,80	2,80	1,07	2,20
	10	4,80	3,00	5,23	4,18	3,32
	3	5,23	4,18	6,07	7,03	4,54
	1	X	6,30	3,81	4,40	5,04
	0	4,81	X	X	5,26	4,28

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9004	60 (denní světlo)	2,38	1,82	1,75	2,50	1,30
	430	4,28	X	X	4,20	5,80
	85	1,20	1,60	1,80	2,20	2,20
	30	2,20	2,30	2,00	1,90	2,40
	10	2,40	2,30	2,70	2,20	3,10
	3	3,60	4,28	2,40	2,90	5,80
	1	X	4,91	5,38	6,20	4,08
	0	X	6,00	5,37	X	X

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9005	60 (denní světlo)	1,91	1,10	0,83	1,50	1,20
	430	X	4,19	2,50	5,20	4,80
	85	1,98	1,73	1,74	1,93	1,50
	30	1,62	1,73	2,02	2,30	1,60
	10	1,50	1,60	1,49	1,52	1,72
	3	4,30	3,90	5,12	6,51	4,29
	1	5,28	4,92	5,16	6,60	5,30
	0	X	X	X	6,34	X

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9006	60 (denní světlo)	1,20	0,86	5,30	3,80	2,60
	430	3,90	X	4,25	5,57	3,80
	85	2,19	1,46	1,83	0,25	1,39
	30	2,80	1,73	1,69	1,48	1,42
	10	1,20	1,50	0,90	1,90	1,60
	3	4,29	4,82	6,90	5,28	5,38
	1	5,60	6,32	5,02	6,23	X
	0	7,03	X	6,72	X	X

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9007	60 (denní světlo)	1,20	0,86	5,30	3,80	2,60
	430	3,90	X	4,25	5,57	3,80
	85	2,19	1,46	1,83	0,25	1,39
	30	2,80	1,73	1,69	1,48	1,42
	10	1,20	1,50	0,90	1,90	1,60
	3	4,29	4,82	6,90	5,28	5,38
	1	5,60	6,32	5,02	6,23	X
	0	X	7,43	6,72	X	X

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
9008	60 (denní světlo)	3,20	1,90	2,80	2,92	1,60
	430	4,23	4,30	X	X	3,89
	85	1,20	2,20	1,70	2,20	1,80
	30	1,25	2,49	3,20	2,90	2,40
	10	2,80	X	2,80	2,70	2,50
	3	4,50	4,80	5,24	5,30	6,90
	1	5,34	5,20	6,90	4,74	5,20
	0	X	X	6,24	7,20	X

čtečka	iFace 302	čas rozpoznání tváře [s]				
uživatel	světelnost [lx]	číslo měření				
		1	2	3	4	5
8800	60 (denní světlo)	2,81	3,41	1,98	2,00	1,05
	430	X	X	4,35	6,40	5,20
	85	1,43	1,80	2,50	1,90	2,90
	30	1,89	0,89	0,50	1,50	2,80
	10	2,54	2,24	4,50	2,60	1,91
	3	4,90	6,40	X	5,24	5,45
	1	5,45	4,98	4,87	5,34	5,21
	0	5,27	X	6,50	6,34	X