

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

Současné smart technologie pro identifikaci osob

Jana Jirková

© 2018 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Jirková

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Současné smart technologie pro identifikaci osob

Název anglicky

Current smart technologies for personal identification

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na přehled současných smart technologií pro identifikaci osob. Hlavním cílem je provést rozbor a přehled současných smart technologií a jejich následné zhodnocení.

Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- kvalitně zpracovat rešerzní část
- provést rozbor současných smart technologií pro identifikaci osob
- provést sadu testování a měření u smart technologie Netatmo
- provést finanční zhodnocení smart systémů

Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů.

Praktická část práce je zaměřena na testování smart technologií Netatmo a jejich následné finanční zhodnocení.

Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce, budou formulovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran včetně grafů, obrázků a tabulek

Klíčová slova

smart technologie, identifikace, obličej, finanční zhodnocení

Doporučené zdroje informací

- Makin, D.A. , Jenkins, G., Gaffney, M. Civilizing Surveillance Practices: The Pullman Police Department Public Safety Camera Monitoring Internship Program. Journal of Applied Security Research. ISSN: 19361610
- MATYÁŠ, V. – RAK, R. – ŘÍHA, Z. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.
- Mehta, Y. , Pai, M.M.M. , Mallissery, S. , Singh, S. Cloud enabled air quality detection, analysis and prediction – A smart city application for smart health. 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City, ICBDS 2016. ISBN: 978-150901365-4
- RASCH, D. *Mathematische Statistik : eine Einführung für Studenten der Mathematik, Statistik, Biometrie und Naturwissenschaften*. HEIDELBERG: BARTH, 1995. ISBN 3-335-00370-5.
- Saponara, S., Pilato, L., Fanucci, L. Exploiting CCTV camera system for advanced passenger services on-board trains. 2nd IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2016. ISBN: 978-150901845-1
- Sidhu, R.S. , Sharad, M. Smart surveillance system for detecting interpersonal crime. 2016 International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2016. ISBN: 978-150900396-9
- VARADAN, V K. – GARDNER, J W. – AWDELKARIM, O O. *Microsensors, MEMS, and smart devices*. Chichester: Wiley, 2001. ISBN 0-471-86109-.
- ZACH, J. – DRÁPELA, K. *Biometrie, biostatistika : vybrané části*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996. ISBN 80-7157-234-9.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 13. 1. 2017

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 02. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Současné smart technologie pro identifikaci osob vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědoma že, na moji bakalářskou 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 1.4.2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí práce Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za konzultace ohledně zpracování bakalářské práce a za poskytnutí odborných materiálů a cenných rad. Dále bych chtěla poděkovat rodičům za podporu a péči během mých studií.

Současné smart technologie pro identifikaci osob

Abstrakt

Tato práce se zabývá současným stavem smart technologií používaných pro identifikaci osob. V teoretické části jsou popsány momentálně nejpoužívanější identifikační smart technologie, totiž daktyloskopické metody založené na otiscích prstů a metody portrétní identifikace. V praktické části je provedeno měření smart technologií Netatmo, kamerou s funkcí rozpoznávání obličejů a s funkcí nočního vidění. Výsledkem měření je zjištění, že za tmy je úspěšnost identifikace výrazně nižší než za světla a za šera. Chybovost aplikace je způsobena nízkou kvalitou obrazu a projevuje se detekcí neživých věcí a záměnou osob. V poslední části je vyhotovena finanční analýza smart systémů s funkcí identifikace osob. Jsou zde porovnávány mobilní telefony se čtečkou otisků prstů a telefony s funkcí portrétní identifikace. V závěru práce jsou uvedeny možnosti použití popsaných smart technologií v komerční i bezpečnostní sféře. Dále jsou jmenovány výhody a nevýhody biometrických identifikačních systémů.

Klíčová slova: smart technologie; identifikace; obličej; finanční zhodnocení

Current smart technologies for personal identification

Abstract

This thesis deals with the current state of smart technologies used for personal identification. In the theoretical part, the most widely used identification smart technologies, namely dactyloscopic methods based on fingerprints and portrait identification methods, are described. The practical part is the measurement of the smart Netatmo technology, a camera with a face recognition function and a night vision function. The result of the measurement is the finding that in the dark the success of the identification is significantly lower than in light and dusk. The error rate of the application is caused by low image quality and is manifested by the detection of inanimate things and the substitution of people. The last part is a financial analysis of smart systems with the function of personal identification. Mobile phones with a fingerprint reader and phones with the function of portrait identification are being compared. At the end of the thesis are presented the possibilities of the use of the described smart technologies in the commercial and the security sphere. The advantages and disadvantages of biometric identification systems are also named.

Keywords: smart technologies, identification, face, financial analysis

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíle práce	2
3 Metodika práce.....	3
4 Současný stav sledované problematiky	4
4.1 Identifikace osob	5
4.2 Daktyloskopie	6
4.2.1 Technologie	7
4.3 Portrétní identifikace.....	15
4.3.1 Technologie	16
5 Praktická část práce.....	28
6 Technicko-finanční zhodnocení	31
6.1 Multikriteriální analýza dat.....	31
6.1.1 Mobilní telefony se čtečkou otisků prstů.....	33
6.1.2 Mobilní telefony s funkcí rozpoznávání obličejů	35
7 Závěr.....	38
8 Seznam použitých zdrojů	41
8.1 Seznam obrázků	46
8.2 Seznam tabulek	46

1 Úvod

Smart technologie jsou v současné době velmi rozšířené a stále ještě jsou na vzestupu. Po chytrých telefonech byly vyvinuty chytré dopravní prostředky, domy a v budoucnu budeme žít v chytrých městech. Nové technologie nám přináší užitek, ale mohou být i zdrojem nebezpečí. Proto je nutné počítačové systémy vhodně zabezpečit, aby byl zamezen přístup cizím osobám nebo únik citlivých dat. Ke zvýšení bezpečnosti slouží smart technologie pro identifikaci osob, které mohou být používány jak k monitorování veřejných prostor, tak ke kontrole a regulaci vstupů do systémů nebo k identifikaci podezřelé osoby podle známých fyziologických znaků. (1,2,3)

Nejčastěji používané identifikační technologie v současnosti jsou založené na hodnocení podobnosti otisků prstů a portrétů. V této práci budou detailně rozebrány právě tyto dvě metody. Technologie budou popisovány na základě analýzy odborných literárních zdrojů, kde jsou technologické postupy děleny do několika po sobě jdoucích fází. U systémů se čtečkou otisků prstů jsou to fáze snímání, počítačového zpracování a závěrečného vyhodnocení otisku prstu. U aplikací s funkcí portrétní identifikace jsou to fáze detekce, lokalizace a rozpoznávání tváře. (4)

V praktické části bude měřena spolehlivost kamery Netatmo při identifikaci osob. Tato kamera bude umístěna ve vestibulu malé firmy, kde bude snímat průchody zaměstnanců a ostatních návštěvníků po dobu tří měsíců. Cílem měření je stanovit, jak bude funkce kamery ovlivněna změnou podmínek prostředí, totiž změnou intenzity světla. Ve třetí části práce bude zhotovena technicko-ekonomická analýza mobilních telefonů se čtečkou otisků prstů a telefonů s funkcí portrétní identifikace. Je obecným trendem umisťovat biometrické snímače do telefonů kvůli vyšší ochraně soukromí. V současné době jsou čtečky otisků prstů součástí telefonů dokonce i nejnižší cenové kategorie (tzn. do 3000 Kč). Naopak telefony pohybující se na vyšší cenové úrovni (v řádu desetitisíců Kč) obsahují často několik snímačů biometrik, nejčastěji senzor otisků prstů, oční duhovky a tvaru obličeje. Proto není možné porovnávat zmíněné kategorie vzájemně. Nejen cena, ale i technické parametry se významně liší. (5)

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vytvořit přehled současných smart technologií v oblasti identifikace osob. Kvalitně zpracovat rešeršní část dané problematiky. Provést testování a měření u smart technologie Netatmo a vyhodnotit konečné výsledky. Provést technicko-finanční analýzu chytrých telefonů s funkcí rozpoznávání otisků prstů a funkcí rozpoznávání obličejů. Vyhodnotit výsledky v obou kategoriích. Závěr práce bude vypracován dle výsledků rešeršní části, výsledků testování smart kamery Netatmo a výsledků technicko-finanční analýzy. Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- kvalitně zpracovat rešeršní část,
- provést rozbor současných smart technologií pro identifikaci osob,
- provést sadu testování a měření u smart technologie Netatmo,
- provést technicko-finanční zhodnocení smart systémů,
- vypracovat závěr práce na základě výsledků teoretické a praktické části.

3 Metodika práce

Metodika zpracování řešené problematiky je založena na studiu a analýzách odborné knižní literatury a internetových publikacích výrobců a prodejců identifikačních zařízení. Praktická část je zaměřena na testování smart technologií Netatmo a následné zhodnocení výsledků. Během testování je měřena spolehlivost rozpoznávání obličejů smart kamery Netatmo v závislosti na světelných podmínkách prostředí. V technicko-finanční analýze jsou hodnoceny tři mobilní telefony, jenž obsahují smart technologii pro identifikaci osob na základě otisků prstů a tři telefony s funkcí rozpoznávání obličejů. Posuzované technické parametry jsou: výkon, kvalita fotografií a videí, výdrž baterie a rozlišení obrazovky. Hodnocený finanční parametr je cena modelu. Porovnání je provedeno prostřednictvím multikriteriální analýzy dat. Na základě teoretických poznatků a výsledků praktické části budou formulovány závěry bakalářské práce.

4 Současný stav sledované problematiky

Vývoj Smart technologií začal již v polovině 20. let minulého století vytvořením prvního programovatelného počítače v Německu. Od té doby se chytré technologie rozšířily do mnoha dalších odvětví od chytrých telefonů, přes kamery, až po inteligentní budovy a celá města. (1)

Smart technologie jsou elektronická zařízení, která obsahují operační systém, mohou být připojena k internetu a interaktivně ovládána. Slovní spojení „Smart technologie“, neboli „chytré“ či „inteligentní technologie“ není přesně definované a jeho význam závisí na typu zařízení. Existují čtyři možné definice slova smart. První z nich je bezdrátové propojení. Tato vlastnost je využívána například u kamerových systémů, kdy je samotná kamera propojena wi-fi sítí s mobilem či tabletem a může být skrze tato média využívána a ovládána. Dalším příkladem jsou chytré hodinky, které bezdrátově komunikují s mobilním telefonem. Hodinky zobrazují textové zprávy a umožňují volání. Mimoto se propojí s aplikacemi v mobilním telefonu a dovolují jejich používání skrze displej hodinek. Druhým významem slova smart je předvídací. Chytrá vozidla dokáží zabránit blížící se havárii včasnou reakcí, chytrá lednice předpoví blížící se nedostatek potravin. Smart znamená také interaktivní. Elektronické zařízení získává informace pomocí čidel a receptorů, na které reaguje. Jedná se například o receptory čistoty vzduchu v ovzduší či vody ve vodovodu. Při překonání mezní hranice nečistot vyšle receptor signál příslušným zařízením. V neposlední řadě mohou být slovem smart označeny technologie, které jsou inovativní. Například vysavač nebo invalidní vozík, který je obohacen o novou funkci. (2)

V současnosti probíhá budování takzvaných chytrých měst. Nové technologie jsou využívány zejména v dopravě, udržování bezpečnosti, energetice a pro zvýšení kvality života obyvatel. „Města dostávají od člověka svou vlastní nervovou soustavu. Aby mohla reagovat a v případě nouze volat o pomoc. Technologie městům poslouží jako prostředek k tomu, aby fungovala efektivněji, byla šetrná k životnímu prostředí a současně nabídla svým obyvatelům co nejlepší místo pro život.“ (3)

4.1 Identifikace osob

Smart technologie pronikají do stále většího množství oblastí. Výjimku netvoří ani technologie pro identifikaci osob. Pojem identifikace znamená zjištění totožnosti na základě porovnávání určité vlastnosti nebo více vlastností daného vzorku s databází známých vzorků. Cílem je najít shodu hledaného a známého vzorku ve všech vlastnostech. Osobu můžeme identifikovat pomocí vlastnictví, znalostí a biometrických vlastností. (4)

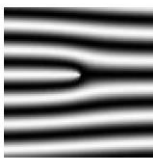






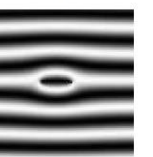
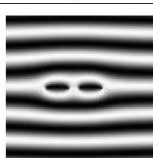
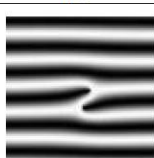
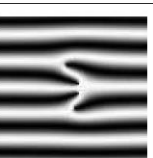
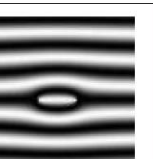
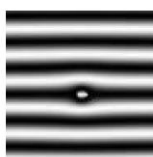

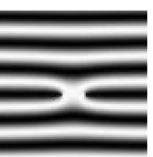

Vlastnictví patří mezi nejrozšířenější metody identifikace osob. Pomocí uměle přidělených zařízení je umožněn například přístup do soukromých objektů nebo ke zdrojům peněz. Mezi identifikační charakteristiky patří vlastní jméno a příjmení, osobní doklady, identifikační čísla, identifikační karty a biočipy. Totožnost jedince může být prokázána i znalostí osobních informací či určitého hesla nebo kódu. (4)

Identifikace na základě biometrických vlastností vychází z předpokladu, že fyzické vlastnosti každého jedince jsou jedinečné, a tudíž slouží jako spolehlivý identifikační prostředek. K hlavním výhodám biometrické identifikace patří její vysoká přesnost a rychlost identifikace, snadná automatizace, především však nepřenositelnost identifikačních charakteristik, je téměř nemožné je ztratit nebo odcizit či napodobit, tato metoda je snadno a rychle použitelná. Mezi biometrické vlastnosti, pomocí kterých se zjišťuje totožnost jedince patří například otisky prstů, tvář, tvar ucha, hlas a řeč, oční duhovka a sítnice, chůze a DNA. (4)

Současné smart technologie pro biometrickou identifikaci osob jsou nejčastěji čtečky otisků prstů a 3D čtečky obličejů. (4)

4.2 Daktyloskopie

Termín daktyloskopie vznikl ze spojení dvou řeckých slov: *daktylos*, což znamená prst a *skopein*, což znamená vidět. Obecně lze daktyloskopii charakterizovat jako „*nauku o obrazcích papilárních linií na vnitřní straně článků prstů rukou, dlaní a na prstech nohou a na chodidlech.*“ (6) Rozlišuje se šest druhů papilárních linií, „*kteřé se vzájemně překřičují, rozvětřují, spojují a přerušují, a tímto vytváří charakteristické znaky, tzv. markanty.*“ (7) Příklady základních typů markant jsou zobrazené na Obrázku číslo 1. Kombinace těchto linií a markantů tvoří unikátní obrazce, jež jsou základem daktyloskopické identifikační metody. Tyto obrazce podléhají třem zákonitostem: jsou jedinečné, neměnné a relativně neodstranitelné (pokud nedojde k odstranění zárodečné vrstvy kůže, papilární linie jsou schopny obnovit svou strukturu i po zranění povrchové vrstvy kůže.) (4,7)

			
Začátek a konec linie	Dvojitá vidlice (bifurkace)	Trojitá vidlice	Čtyřnásobná vidlice Typ 1
			
Čtyřnásobná dvojice Typ 2	Čtyřnásobná dvojice Typ 3	Háček	Očko
			
Dvojité očko	Mústek	Dvojitý mústek	Krátká linie
			
Tečka	Zdvojení	Křížení	Posunutí

Obrázek 1: Přehled základních markantů (4)

Využití daktyloskopie pro identifikaci osob bylo používáno už tisíce let před naším letopočtem ve starých čínských státech. Na přelomu 19. a 20. let se začala daktyloskopie používat v kriminalistice a stala se významnou metodou pro identifikaci zločinců. S rozvojem výpočetní techniky došlo k digitalizaci této metody, čímž se rapidně zvýšila její efektivnost a spolehlivost. Následně došlo k rozšíření využití daktyloskopických aplikací i do komerčního sektoru. Jednalo se zejména o přístupová zařízení do pracovišť, chráněných objektů a finančních systémů. (4)

4.2.1 Technologie

Počítačové zpracování otisků prstů lze rozdělit do tří po sobě jdoucích fází:

- snímání otisku prstu,
- počítačové zpracování otisku prstu,
- závěrečné vyhodnocení. (4)

4.2.1.1 Snímání otisků prstů

Během procesu snímání otisků dochází k převodu fyzické formy otisku do formy digitální. Existují různé technologie načtení biometrických dat. Kvalita vstupních dat je přitom zásadním parametrem, jenž předjímá následnou účinnost vyhodnocení dat. Z hlediska technologie a časové posloupnosti lze dělit snímání do dvou skupin:

- klasické snímání daktyloskopických stop,
- bezprostřední snímání daktyloskopických otisků. (4)

I. Klasické snímání daktyloskopických stop

Tento postup je využíván primárně bezpečnostními složkami, zejména kriminalisty. „*Součástí tohoto procesu je vyhledávání daktyloskopických stop, jejich zviditelňování, fixace a přenášení do daktyloskopických sbírek a evidencí.*“ (4) Data z daktyloskopických papírových fondů, nebo z terénu jsou do počítačové formy převedena pomocí optických skenerů. (4)

II. Bezprostřední snímání daktyloskopických otisků

Bezprostřední snímání se používá v komerčně – bezpečnostním sektoru. Při vstupu do zabezpečeného prostoru obtiskne návštěvník svůj prst na snímací senzor, jenž otisk sejme a okamžitě vyhodnotí. V angličtině se pro tuto metodu používá výraz live-scanning. „*Pod*

pojmem live-scanning se v praxi rozumí všechny technologie snímání daktyloskopického otisku a jejich automatický převod do digitální podoby.“ (4) Mezi tyto technologie patří snímání otisků přítomné osoby pomocí senzorů a snímání fixovaných otisků nepřítomné, nebo dokonce neznámé osoby, pomocí scanneru. Sensory neboli čidla jsou technologické součástky, jenž měří určitou fyzikální veličinu a převádí ji na signál, který lze přenášet a následně vyhodnotit v měřicích zařízeních. Sensory používané pro snímání daktyloskopických stop fungují na různých fyzikálních principech. Lze je rozdělit na senzory kontaktní a bezkontaktní. (4,8)

A. Kontaktní senzory

Tato skupina senzorů pracuje na základě různých fyzikálních vlastností kůže. Nejdůležitější z těchto vlastností je členitost povrchu kůže tvořená vystupujícími papilárními liniemi – *hřebeny* a prohlubněmi – *brázdami*. Sensory využívají i vlastnosti jako tepelnou a elektrickou vodivost kůže. (4)

Optické senzory

Jedná se o nejstarší a nejjednodušší technologii pro snímání otisků prstů. Princip této metody spočívá v tom, že se vyzařovaný paprsek světla odráží od povrchu prstu přitisklého na sklo. Od papilárních linií se světlo odráží s vyšší intenzitou, než od brázd. Zařízení pomocí algoritmů analyzuje světlá a tmavá místa, z nichž vytvoří obraz daného prstu. (4)

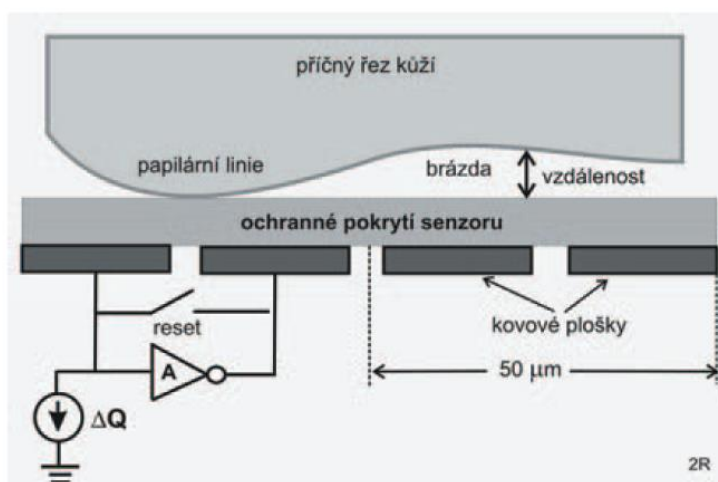
Nevýhodou je, že obraz je tvořen pouze ve 2D a tudíž může být zařízení oklamáno vyfocenou kopií prstu. Z tohoto důvodu není tato technologie považována za dostatečně bezpečnou. Do moderních přístrojů vyšší kvality se optické zařízení nepoužívá, protože vyžaduje instalaci několika diod, jenž prst dostatečně osvětlí. Tím se zvyšuje prostorová náročnost tohoto zařízení, jenž není u tenkých přístrojů žádoucí. (4,9)

Opto-elektronické senzory

Tato zařízení jsou tvořena dvěma vrstvami. První vrstva je tvořena z mikroskopických tranzistorů TFT (Thin Film Tranzistor), jenž jsou schopny při doteku vyzařovat světlo. Druhá vrstva senzoru zachycuje světlo pomocí fotodiod, které převádí energii fotonů do elektronické podoby. Tím je vytvořen elektronický obraz otisku prstu verifikované osoby. (4)

Kapacitní senzory

Nejvíce rozšířená technologie pro snímání otisků prstů v mobilních telefonech jsou kapacitní senzory. Skener je tvořen z velkého počtu kondenzátorů skládajících se z jednoho páru vzájemně izolovaných vodivých destiček. Při dotyku vyvýšené papilární linie a vodivých plošek dochází ke změně náboje na kondenzátoru, zatímco brázda se chová jako izolant. V místě dotyku brázdy nedochází ke změně kapacity. Digitální obraz papilární kresby vzniká porovnáváním kapacitních úbytků mezi jednotlivými kondenzátory skeneru. Schéma kapacitního senzoru je zobrazeno na Obrázku číslo 2. (4)



Obrázek 2: Principiální schéma kapacitního senzoru. (4)

Výhodou tohoto typu senzorů je vysoká bezpečnost. Tato technologie rozpoznává měřené objekty na základě jejich fyzikálních vlastností a 3D profilu. Každý materiál mění velikost náboje v kondenzátorech jiným způsobem. Zařízení v mobilních telefonech je nastaveno pouze pro snímání prstů, nelze ho tedy prolomit ani věrnou prostorovou kopií prstu z neživého materiálu. Nevýhodou této metody je vyšší cena než u optických senzorů. Tato technologie je také citlivá na znečištění pokožky prstu potravinami ovlivňujícími vodivost nebo krémy. (4,9,10)

Tlakové senzory

Tlakové senzory modifikují tlak působený prstem na snímanou plochu na elektrické impulzy na základě piezoelektrického jevu. Senzor je tvořen vrstvou piezoelektrických krystalů, které při působení tlaku generují elektrický signál. Indukovaný náboj je přímo úměrný působenému tlaku. Papilární linie působí na krystaly větším tlakem a tudíž dávají vznik silnějším impulzům než brázdy. Daktyloskopický obraz je sestaven na základě rozdílů intenzit elektrických impulzů generovaných na snímané ploše. (4)

Výhodou této technologie je malá velikost zařízení a nízká spotřeba snímače. Tlakové senzory nejsou citlivé na vzdušnou vlhkost, jejich funkčnost není ovlivněna ani suchými nebo mokřými prsty. (4)

Teplotní senzory

Tato metoda spočívá v měření rozdílu teplot mezi papilárními liniemi, které se dotýkají senzoru, a brázdami, jež nejsou v přímém kontaktu se senzorem a mají tudíž nižší teplotu. Měření se provádí pomocí čipu citlivého na teplo – pyrometru. Výhodami této metody jsou nízká cena, malé rozměry a měření teploty snímaného materiálu, které eliminuje pokusy o neživé napodobeniny otisku. Nevýhodou je nižší kvalita otisků v porovnání s jinými technologiemi. (4,11)

B. Bezkontaktní senzory

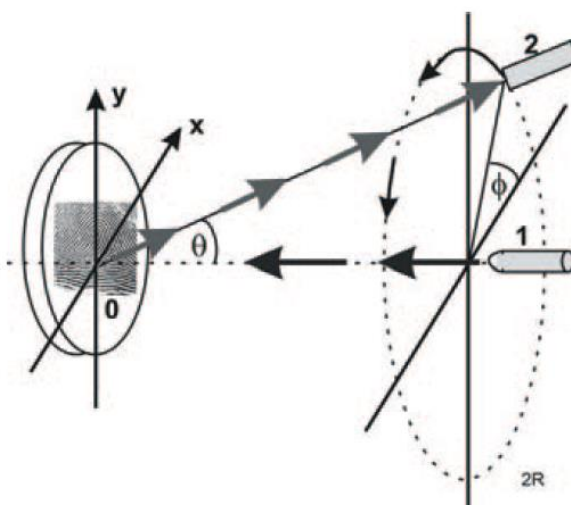
Tato technologie umožňuje snímání otisků prstů vzdálených v řádu desítek milimetrů. Výhodou je, že nedochází ke znečištění snímací plošky nečistotami ulpěnými na prstech a potními výměšky, které opisují tvar papilárních linií. Ty mohou být nesprávně vyhodnoceny jako pravé a prolomit systém zabezpečení. (4)

Optické Senzory

Principem této metody je osvětlování povrchu prstu laserovým paprskem ze vzdálenosti 50-70 mm. Světelný tok se odráží od brázd a linií s různou intenzitou. Odražené světlo je detekováno pomocí receptoru, který vyhodnocuje kresbu otisku. Nevýhodou je, že obraz je pouze dvourozměrný a jeho kvalita je nízká. (4)

Ultrazvukový senzor

Ultrazvukový senzor vysílá krátké impulzy vysokofrekvenčních zvukových vln, které se odraží od plastické kresby prstu. Odražené a deformované vlny jsou vyhodnoceny rotujícím přijímačem, jenž je uložený kolmo k rovině vysílaného paprsku. Principiální schéma senzoru je znázorněno na Obrázku číslo 3. Vzniklý obraz je trojrozměrný s vysokým kontrastem. Výhodou této metody je její nízká citlivost na znečištění nebo obroušení prstů po manuální práci. (4)



Obrázek 3: Schéma ultrazvukového snímání otisku prstu: 1 - zdroj signálu, 2 - přijímač odraženého signálu (4)

4.2.1.2 Počítačové zpracování otisku prstu

Počítačový obraz otisku prstu je černobílá plocha skládající se z jednotlivých obrazových bodů – pixelů. Každý pixel představuje určitý odstín šedé barvy, celkem se rozlišuje 256 odstínů na černobílé škále. „Všechny nadbytečné obrazové prvky, jenž nemají žádný vztah k papilárním liniím“ (4) označujeme jako šum. (4)

Kvalita finálního obrazu závisí na použité metodě snímání, vlastnostech pokožky prstu a materiálu, který s prstem přichází do kontaktu, i na jakosti kontaktu samotného. Charakteristiky obrazu ovlivňují i vnější vlivy jako teplota a vlhkost vzduchu nebo psychický stav verifikované osoby, jenž se pod vlivem stresu může potit a tím způsobit nesprávné sejmutí otisku. Obraz otisku prstu generovaný senzorem je následně zpracován třemi po sobě jdoucími procesy:

- předzpracování obrazu otisku prstu,
- nalezení a extrakce markantů,
- porovnání otisků. (4)

I. Předzpracování obrazu otisku prstu

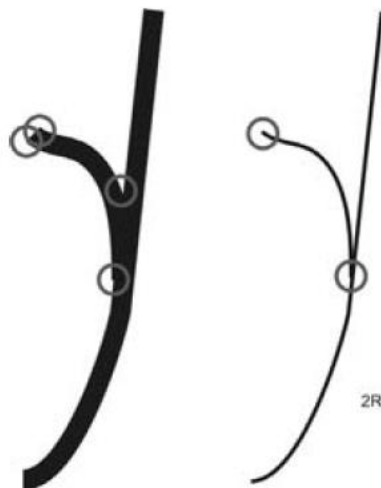
Během tohoto procesu dochází k eliminaci nežádoucího šumu a zvýraznění papilárních linií. Výsledkem je kvalitní obraz s vysokým rozlišením, který je možno zpracovávat v následujících technologických postupech. (4)

První fáze předzpracování obrazu otisku prstu se nazývá *prostorová konvoluce*. Obraz otisku je rozdělen na stejně velké oblasti. Papilární linie procházející mezi těmito oblastmi jsou označeny šipkou určující jejich směr (viz prostřední snímek Obrázku číslo 4). Principem metody je zvýraznění pixelů, které mají stejnou orientaci jako papilární linie, a potlačení bodů, jenž se nachází mimo tyto linie. Následkem tohoto procesu dochází k redukci šumu. Výsledné papilární linie jsou zobrazeny ve stupních šedi. Metodou *binarizace* jsou všechny odstíny šedé převedeny do dvou binárních barev. První odstín představuje papilární linie a druhý odstín mezery mezi nimi (viz pravý snímek na Obrázku číslo 4). (4)



Obrázek 4: Prostorová konvoluce a následná binarizace otisku (4)

Poslední fází předzpracování obrazu otisku je *skeletizace*. Výsledkem tohoto procesu je zúžení existujících čar představujících papilární linie. Zatímco původní linie jsou tvořeny dvěma souběžnými linkami, které jsou propojeny výplní, výsledné linie jsou zobrazeny o tloušťce jednoho pixelu. Tento proces je nezbytný, protože příliš tlusté čáry mohou způsobovat problém duplicity bodů, jenž vzniká při rozvětvení nebo ukončení linky zobrazené na Obrázku číslo 5. (4)



Obrázek 5: Problém duplicity bodů před a po skeletizaci (4)

II. Nalezení a extrakce markantů

Na skeletizovaném modelu dochází k identifikaci a hodnocení nalezených markantů, které jsou zachyceny na levém snímku Obrázku číslo 6. Většina současných smart technologií pracuje pouze s třemi nejjednoduššími typy markantů, jež jsou *začátek a konec papilární linie a jednoduchá bifurkace* (dvojitá vidlice). Tyto markanty jsou označovány jako pravé. „Z matematického pohledu je za začátek a ukončení papilární linie považován krajní (počáteční nebo zakončovací) bod papilární linie. Dvojitá vidlice vzniká jako zkřížení tří linií.“ (4) Ostatní typy markantů, označovány jako falešné, jsou vyřazeny. Stejně tak jsou vyloučeny jizvy křížící kresbu papilárních linií. (4)

Po detekci daného markantu se hodnotí jeho základní vlastnosti:

- typ (začátek, konec nebo bifurkace),
- x,y souřadnice,
- orientace.

Všechny identifikované markanty jsou následně graficky zpracovány spojením jednotlivých bodů do šablony, přičemž způsoby zpracování se u různých výrobců výrazně liší. Typy spojení jsou znázorněny na Obrázku číslo 6. Principem grafického zobrazení je vznik vazeb mezi markanty a údajů o jejich vzájemné poloze. Tyto informace jsou v aplikaci uloženy v podobě šablony a využívány při verifikaci vzorků. Při hodnocení shody snímané a uložené šablony se hodnotí jednotlivé detekované markanty a jejich vzájemná poloha. Hodnotí se vazby mezi body šablony, jejich vzdálenost a orientace. Tyto vazby nemusí být absolutně totožné ani při snímání identického prstu. Důvodem mohou být změny biologických a fyzikálních vlastností prstu nebo vzniklý šum. (4)



Obrázek 6: Vzory grafického znázornění šablon (4)

4.2.1.3 Závěrečné vyhodnocení

Závěrečné vyhodnocení spočívá v porovnávání kombinací markantů mezi sejmutou šablonou a šablonou uloženou v softwaru zařízení. Celý proces pokračuje do chvíle, kdy jsou porovnány všechny kombinace vazeb mezi markantními body, nebo dojde-li ke shodě mezi šablonami v dostatečném počtu znaků. Hodnocení je vyjádřeno jako tzv. *skóre porovnání*. Toto skóre je klasifikováno v libovolném celočíselném intervalu (např. 0 – 1), přičemž vyšší hodnota znázorňuje vyšší podobnost porovnávaných vzorků. Otisky jsou označeny za shodné, pokud jejich skóre porovnání převyšuje stanovenou prahovou hodnotu. Prahová hodnota je jediný faktor, jenž může být změněn uživatelem. (4)

4.3 Portrétní identifikace

Nejpřirozenějším způsobem identifikace osob pro člověka je rozpoznávání podle podoby tváře. Lidský mozek dokáže rozeznat známou tvář za dobu kratší než 20 milisekund. K rozpoznání dochází tak, že mozek automaticky porovná obraz předlohy s obrazy uloženými v paměti. V kriminalistice je portrét osoby nejvýznamnějším prostředkem ke zjišťování totožnosti, a právě proto bylo v této oblasti vyvinuto velké množství metod identifikace na základě portréту. Tyto metody hodnotí celkový tvar obličeje (výšku a šířku), plnost a barvu. Dále hodnotí somatoskopické znaky, což jsou oči, obočí, čelo, nos, rty, brada a uši. Vzhled tváře určují i doplňující znaky, mezi které patří důlky na bradě a tvářích, jizvy, kosmetické vady a vrásky, jejich poloha, délka a hloubka. (4,12)

Mezi nejstarší metody patří grafické zpracování obrazu tváře, kdy svědek popisuje podobu pachatele malíři, který ji ihned zachycuje na papír, zatímco svědek vznikající obraz kontroluje. Rozšířením této metody je metoda plastická. Na základě vzniklého portréту je vymodelována hlava pachatele doplněna umělými očima a parukou, vše je znovu zkontrolováno svědkem a doplněno či upraveno na základě svědkových korekcí. Tyto metody jsou velmi pracné, zdoluhavé a málo účinné pro dopadení pachatele, proto došlo s rozvojem techniky i k aktualizaci identifikačních systémů. Počítačové identifikační metody umožňují poskládat portrét hledané osoby z jednotlivých prvků šablony. Mezi hlavní výhody těchto metod patří výrazně kratší čas nutný pro vyhotovení portréту, zároveň tato metoda nevyžaduje přítomnost talentovaného a speciálně školeného policistu. Policie České Republiky používá tuzemský program PORIDOS (portrétní identifikace osob) pro systém Windows a program FACETTE pro systém Apple Macintosh. Portrét je sestavován kombinací obličejových prvků (např. oči, nos, ústa, brada, vrásky) a doplňků (např. brýle, vousy, čepice). Tyto prvky lze libovolně kombinovat a celý obraz následně upravovat nebo retušovat. (4)

Rapidní rozvoj biometrických aplikací, jež dokážou určit totožnost osoby podle vzhledu tváře, nastal po teroristickém útoku 11. září 2001. Tehdy vznikla poptávka po technologiích, které by zvyšovaly bezpečnost na místech s vysokým výskytem lidí, jako jsou letiště, nákupní centra, kancelářské budovy nebo historické památky a monumenty. Moderní technologie umožňují tuto poptávku naplnit. Česká firma Eyedea Recognition vytvořila software, který dokáže detekovat obličej osoby na fotce nebo videozáznamu,

určit její pohlaví, přibližný věk, emoce a na základě porovnávání s milióny záznamů dokáže určit několik nejpodobnějších obličejů v databázi. Tento systém používá například Evropský policejní úřad Europol „*při vyšetřování případů organizované trestné činnosti a v boji proti terorismu v členských státech EU.*“ (13)(13,14)

V komerční sféře jsou používány biometrické metody pro identifikaci obličeje při odemykání chytrých mobilních telefonů, jako například Apple iPhone X, Samsung Galaxy Note 8 nebo OnePlus 5T. Metody snímání tváře u těchto telefonů jsou však značně odlišné. (15,16)

Další komerční aplikací je aplikace FindFace, která dokáže zjistit totožnost cizí osoby. Tato aplikace vytvořená ruskými programátory porovnává fotografie uložené na sociálních sítích s fotografií hledané osoby a následně ukáže její profil na sociální síti. Program je funkční pouze v Rusku v tamní sociální síti VKontakte. (17)

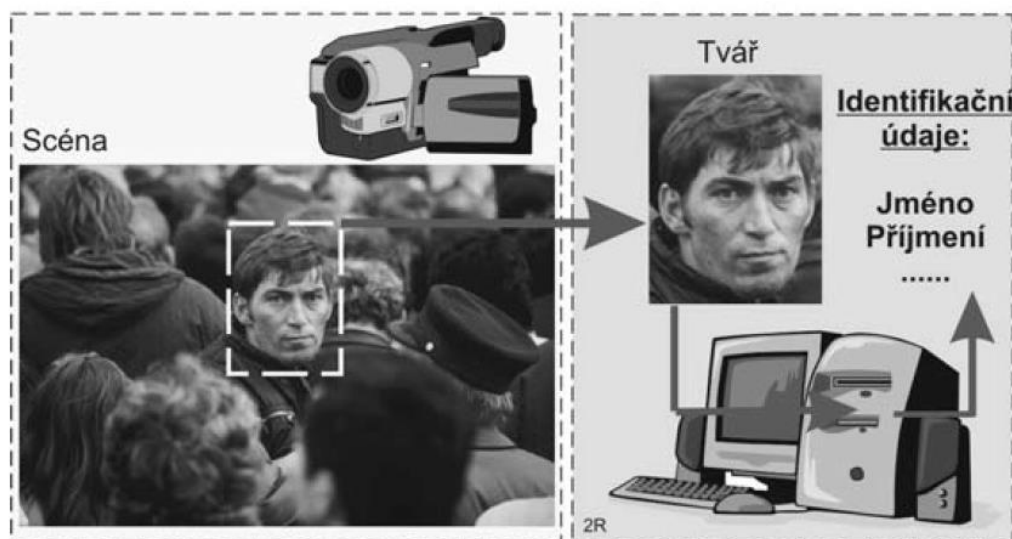
4.3.1 Technologie

Metody strojní identifikace na základě portrétní identifikace jsou méně účinné než daktyloskopické metody. Výhodou portrétní identifikace ale je její bezkontaktnost a funkčnost na relativně velké vzdálenosti. Ověřované osoby nemusí omezovat svůj komfort během snímání své tváře detektorem, mnohdy o snímání ani nemusí vědět, což je základním předpokladem v bezpečnostní praxi. (4)

Technologie portrétní identifikace má dvě fáze vyobrazené na Obrázku číslo 7. Během první fáze dochází k detekci a lokalizaci obličeje na fotografii nebo videozáznamu. Detekcí se rozumí rozpoznání tváře od ostatních objektů na scéně. Scénou může být jednoduché statické pozadí, například při odemykání telefonu či při průchodu celníci. Scénu ale může tvořit i dav pohybujících se lidí při bezpečnostní identifikaci na nádraží, letišti, nebo v komerčním objektu. Detekce obličejů v různorodém dynamickém prostředí je náročnější než detekce v prostředí jednolitěm. Po rozpoznání lidské tváře dochází k lokalizaci, čímž se rozumí zjištění prostorového umístění tváře. (4)

Ve druhé fázi vyhledává software ve tváři identifikační markanty, na jejichž základě určí identitu sledované osoby. Metody detekce markant a následného zjištění totožnosti se odlišují v závislosti na požadavku od aplikace. Daná aplikace může sloužit k ověření totožnosti, například při vstupu do určitého systému jsou znaky verifikované osoby

porovnávají se znaky uloženými v databázi tohoto systému. Dalším využitím aplikace může být identifikace osoby za účelem zjištění jejích osobních údajů (jméno, příjmení, adresa trvalého pobytu atd.) Třetím typem jsou aplikace bezpečnostního charakteru, jež vyhledávají všechny osoby, které sdílí stejné nebo podobné znaky s hledanou osobou. (4)



Obrázek 7: První fáze (detekce a lokalizace), druhá fáze (rozpoznání tváře) (4)

Technologie portrétní identifikace je možno dělit podle různých kritérií. Například z hlediska formy zkoumaného obrazu se rozlišují metody dvourozměrné (2D) a třírozměrné (3D). Dle snímaného spektra se metody můžou dělit na infračervené, barevné, černobílé, nebo jejich vzájemné kombinace. Z časového hlediska se metody člení na statické, které se v čase nemění, a dynamické, jež se v čase mění a umožňují tak detekovat pohyb a změnu výrazu tváře. Dalším kritériem jsou použité počítačové algoritmy založené na znalostních pravidlech, pravidlech statistického rozhodování, neuronových sítích apod. (4)

4.3.1.1 Detekce a lokalizace tváře

Při strojní detekci a lokalizaci tváře je vytvořen počítačový model obličeje, jenž je porovnáván se všemi objekty na scéně. Na základě podobnosti daného objektu s modelem je automaticky vyhodnocováno, zda zkoumaný objekt představuje obličej. Následně je vyhodnocena pozice detekovaného portrétu. Z hlediska matematických postupů modelace počítačového vzoru tváře může být detekce a lokalizace členěna na statisticky orientované metody a znalostní metody. (4)

I. Statisticky orientované metody

V následujících podkapitolách budou popsány technologie používané u statistických metod používaných k detekci a lokalizaci obličeje.

Metoda podprostoru

Tato metoda je založena na vyhledávání charakteristických markantů tváře (například oči, nos, rty a další) v určité oblasti. Tato oblast se označuje jako podprostor a je tvořena výřezem konkrétního objektu umístěného v prostoru. Pokud podprostor obsahuje všechny obličejové markanty, je vyhodnocen jako portrét. Pro detekci se v praxi používá systém normalizace portrétu. Normalizace znamená sjednocení velikosti, prostorové orientace a barevné škály obrazů, aby bylo umožněno jejich vzájemné porovnávání během procesu identifikace a verifikace. Proces normalizace funguje na principu vyhledávání definovaných obličejových prvků (např. očí) a následné stanovení orientace tváře její vzdálenosti od snímáče podle pozice těchto prvků. Na základě těchto informací je zhotoven normalizovaný portrét, jenž se v anglické literatuře nazývá *eigenface*. Příklady normalizovaných portrétů jsou zobrazeny na Obrázku číslo 8. Jednotlivé portréty vznikají zprůměrováním podoby konkrétní tváře s různými výrazy a doplňky. Jedna osoba může být zaznamenána i v několika různých normalizovaných portrétech, jestliže v době pořízení snímků vypadala odlišně, například vlivem momentální nálady, změny tělesné váhy nebo změny účesu. (4)

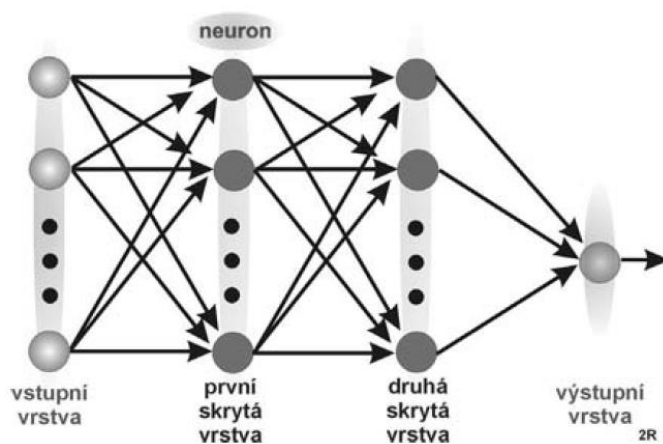


Obrázek 8: Normalizované portréty. (18)

Metoda neuronových sítí

Metoda neuronových sítí je algoritmus inspirovaný nervovou soustavou lidského těla, která je složena z neuronů a jejich obalů. Neurony jsou spolu vzájemně propojeny a komunikují mezi sebou pomocí elektrických impulzů. Jednotlivé spoje jsou ohodnoceny vahami, které mají schopnost adaptace, tedy mohou zvyšovat nebo snižovat svou důležitost v závislosti na okolních podmínkách. Tyto vlastnosti umožňují neuronům učit se a zapamatovat si kombinace, jež v minulosti vedly k určitému výsledku. (19)

Počítačový algoritmus používaný k detekci tváře funguje analogicky k neuronovým sítím. Procesní prvky, představující neurony, dostávají vysoké množství signálů, které vyhodnocují pomocí systému vah a jednotný výsledný signál vysílají prvkům v následující vrstvě. Systém vah je adaptabilní a umožňuje umělé neuronové síti získávat znalosti v procesu učení. Na Obrázku číslo 9 je zobrazeno uspořádání prvků do vrstev. Vstupní vrstva přijímá vstupní signál a výstupní vrstva vysílá výstupní signál. Mezi těmito vrstvami může být vložena jedna nebo více krytých vrstev. (4)



Obrázek 9: Příklad uspořádání neuronové sítě. (4)

Cílem této metody je bezchybné rozdělení objektů do dvou tříd: portréty a objekty, jež nejsou portréty. Rozlišování předmětů pracuje na principu porovnávání obrazu s obrazy uloženými ve vzorové knihovně aplikace. Tato knihovna se neustále rozšiřuje o nové vzorky. (4)

II. Znalostní metody

Detekce a lokalizace pomocí znalostních metod pracuje na principu porovnávání obrazu se vzory tváře případně s maskami předdefinovanými danou aplikací. (20)

Metody založené na rozložení odstínů šedi v obraze

Skupina metod pro detekci obličejů založená na rozložení odstínů šedi vychází z předpokladu, že při normálním osvětlením platí pravidla výskytu odstínů šedi v obraze tváře. Například, že špička nosu je vždy světlejší než jeho kořen. Tato pravidla platí obecně u všech osob nezávisle na jejich vzhledu a odstínu jejich pleti. (4)

Nejvýznamnější metodou z této skupiny je mozaiková metoda. Aplikace automaticky vyhodnotí, které oblasti odpovídají pravidlům výskytu šedi a tuto oblast dále zpracovává tak, že ji rozdělí do čtvercových bloků 4x4. V některých z těchto bloků se nachází obličejové markanty, jako oči, nos, rty apod. Program zpracovává jednotlivé bloky a vyhledává tyto markanty. Oblasti, které nesplňují požadavky nejsou nadále zpracovávány, zatímco oblasti, které odpovídají pravidlům distribuce stupňů šedi jsou dále členěny do podrobnějších bloků 8x8. Pomocí detektoru hran jsou stanoveny místa výskytu obličejových prvků, které slouží k následující identifikaci. (4)

Metody založené na rozpoznávání obličejových obrysů

Pomocí těchto metod jsou v obraze rozpoznávány nejprve základní linie, ze kterých jsou následně pomocí algoritmu rozpoznávány konvexní a konkávní tvary. Výstupem této aplikace je detekce obrysu tváře (kontura) a obličejových prvků, které jsou použity pro následnou identifikaci. Tato technologie není ovšem velmi efektivní, její výsledky nejsou bezchybné, a proto je lepší tuto metodu kombinovat s jinými metodami. (4)

Metody založené na informaci o barvách

Základní myšlenkou detekce obličejů na základě barev je rozlišení obrazu tváře od barevně odlišného okolí pomocí matematických metod. Rozložení barev v portrétu se řídí určitými pravidly, která se mohou lišit v závislosti na odstínu pleti snímané osoby. Aplikace pracuje efektivně v dobře osvětleném prostředí. Ve velmi tmavém, nebo přesvětleném prostředí vyhodnocuje algoritmus rozdíly barev mezi portrétem a prostředím jen stěží. Pokud je to

možné, doporučuje se upravit světlené podmínky v okolí snímače tak, aby se na obrazu tváře nevyskytovaly stíny. Pozadí portrétu by mělo být optimálně jednoduché, kontrastní k barvě obličeje a statické. (4)

Metody založené na informaci o pohybu na scéně

Tyto metody využívají změny obrazu obličeje vůči svému okolí v čase. Pro lokalizaci a identifikaci portrétu se používá *metoda optických toků*. Tato metoda je založená na snímání pohybu obrazových bodů – pixelů. Algoritmus dokáže sledovat konkrétní body v časové sekvenci snímků a následně stanoví dvourozměrné vektory vyjadřující směr a rychlost pohybu daných bodů. Pomocí definovaných vektorů je možné detekovat obraz tváře a zjistit její identitu. (4,21)

Metody založené na symetrii

Tyto metody využívají skutečnosti, že obličej je do jisté míry symetrický. Aplikace vyhledávají symetrické objekty, které odpovídají vlastnostem portrétu. Některé metody nejprve vyhledávají kruhové oblasti a posléze vyhodnocují, zda tyto oblasti splňují kritéria symetrie tváře. Jiné metody vyhledávají symetrické body a pomocí algoritmů hodnotí, zda se jedná o obličejové prvky. (4,22,23)

4.3.1.2 Rozpoznávání tváře

Po detekci a lokalizaci tváře následuje proces rozpoznávání. Cílem tohoto procesu je vyhledat a definovat rozdíly mezi portréty a následně identifikovat či verifikovat všechny snímané tváře na scéně. Znak portrétního snímku používané k rozpoznávání totožnosti osob se liší v závislosti na zvolené metodě. (4)

Metody založené na rozložení odstínů šedi v obraze

Kromě detekce a lokalizace tváře se metody založené na rozložení odstínů šedi v obraze používají i k ověření totožnosti osob. Princip této technologie, konkrétně mozaikové metody, je popsán výše. Tato metoda se používá i pro identifikaci osob. Snímaný portrét ověřované osoby je na základě distribuce odstínů šedi rozdělen do čtvercových bloků, označovaných jako segmenty. Principem této technologie je porovnávání segmentů verifikované osoby se segmenty uloženými v referenčních záznamech. Každý segment obrazu ověřované osoby se porovnává s každým segmentem obrazu registrované osoby. Po

zhodnocení dvojice geometrických bloků mozaiky se posuzuje i jejich blízké okolí. Dle naměřených výsledků systém posuzuje, zda patří oba obrazy stejné osobě. Pokud aplikace nedojde ke kladnému výsledku, porovnává neznámý portrét s dalšími obrazy uloženými v databázi dokud nenalezne shodu, nebo dokud neproběhne výpočet podobnosti u všech referenčních záznamů. (4)

Tato metoda je velmi náročná na výkon počítače kvůli množství matematických úkonů, které je nutno provést pro porovnání každého segmentu neznámé a známé osoby. Proto je doporučováno používat tento systém pro identifikaci nízkého počtu osob. Jelikož rychlost a kvalita výsledků je nepřímo úměrná počtu portrétů uložených v databázi. (4)

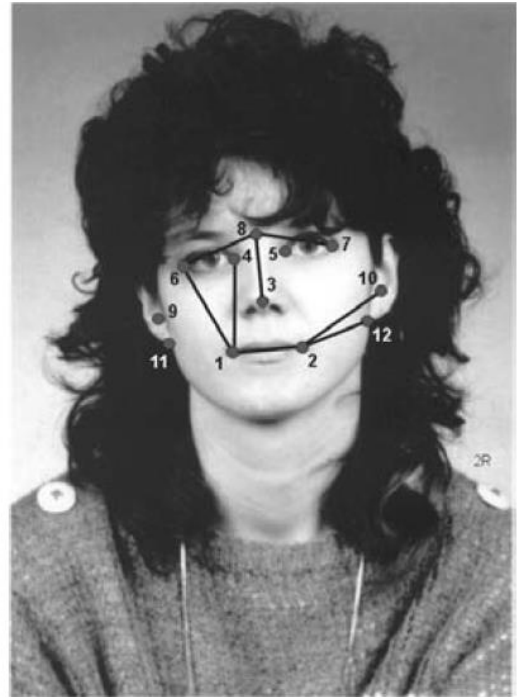
Metody založené na geometrických tvarech a identifikačních markantech

Lidský mozek dokáže rozlišit portréty různých osob na základě obličejových charakteristik a jejich vzájemné polohy. Tuto schopnost simulují výpočetní metody pro identifikaci osob založené na detekci identifikačních bodů v obraze snímané tváře a výpočtu vzdáleností a úhlů mezi těmito body. Obličejové prvky a jejich poloha určují vzhled obličeje. Identifikační body jsou definované body, které ohraničují obličejové markanty a slouží ke zjednodušení matematických výpočtů vztahů mezi těmito markanty. Je definováno *12 základních antropometrických bodů* znázorněných a popsanych na Obrázku číslo 10. Propojením všech dvanácti bodů vznikne 66 úseček, které tvoří *geometrické obrazce*, jenž jsou nositeli identity. Tvorba obrazců je znázorněna na Obrázku číslo 11. Při identifikaci či verifikaci dochází k porovnávání geometrických tvarů dvou portrétů. Aplikace hodnotí poměry délek úseček a velikosti svíraných úhlů. Pokud jsou tyto parametry u dvou obrazů shodné, jedná se o tutéž osobu. (4)

Jednotlivé metody používají pro výpočty různé kombinace základních identifikačních bodů, nebo definují své vlastní. Jednou z těchto metod je metoda deformační šablony. Podstatou této metody je, že přesně popisuje tvar tváře a každou obličejovou markantu. Pro každý obličejový prvek je vytvořen parametrický model, tzv. *deformační šablona* a *energetická funkce*. Deformační šablona definuje parametry vyjadřující tvar a poměr vzdáleností přesně určených bodů daného objektu obličeje. Energetická funkce zohledňuje maximální a minimální hodnoty odstínů šedi, na základě kterých vyhodnocuje geometrický tvar každého snímaného objektu. Proces identifikace probíhá vyhodnocením podobnosti každé obličejové markanty s matematicky vyjádřeným vzorem. (4)



Obrázek 11: Základní identifikační body (1-2: vnější koutky rtů, 3: špička nosu, 4-5: vnitřní koutky oka, 6-7: vnější koutky oka, 8: kořen nosu, 9-10: pravý a levý chránící vnější zvukovod, 11-12: pravý a levý přechod ušního lalůčku do tváře.)(4)



Obrázek 10: Spojováním identifikačních bodů vznikají geometrické obrazce. (4)

Nevýhodou této metody je, že je velmi náročná na výpočetní zpracování. Je nevhodná pro identifikaci vysokého počtu známých osob, protože její výpočty jsou pomalé a s rostoucím počtem uložených záznamů v databázi roste chybovost této aplikace. Další nevýhodou je obtížné rozpoznávání identifikačních bodů dané špatnou kvalitou obrazu, špatným osvětlením obličeje, nebo skutečností, že identifikační charakteristiky se u různých lidí liší a nelze je univerzálně definovat. Systém může také dojít k nesprávnému negativnímu vyhodnocení při snímání registrované tváře pod odlišným úhlem, nebo při nízkém počtu nalezených identifikačních bodů. (4,24)

Metoda optických toků

Jak bylo popsáno výše (na straně 20), metoda optických toků pracuje se sekvencí snímků zobrazujících tvář verifikované osoby zachycenou v pohybu. Pohyb je vyjádřen změnou světelné intenzity obrazových bodů mezi dvěma po sobě jdoucími snímky. Tato metoda umožňuje sledovat směr a rychlost pohybu bodů vyjádřenou pomocí vektorů. (4)

Prostřednictvím optických toků lze detekovat pohyb, ale také zjistit identitu snímané osoby. Každý člověk používá specifická gesta při vyjadřování emocí nebo při mluvení. Obrázek číslo 12 například zobrazuje optický tok typický pro úsměv. Program je schopen rozpoznat totožnost osoby na základě unikátního rozložení pohybujících se bodů, které dodává tváři jedinečný výraz. Tyto vlastnosti jsou využívány při ověřování totožnosti prostřednictvím optických toků. (4)

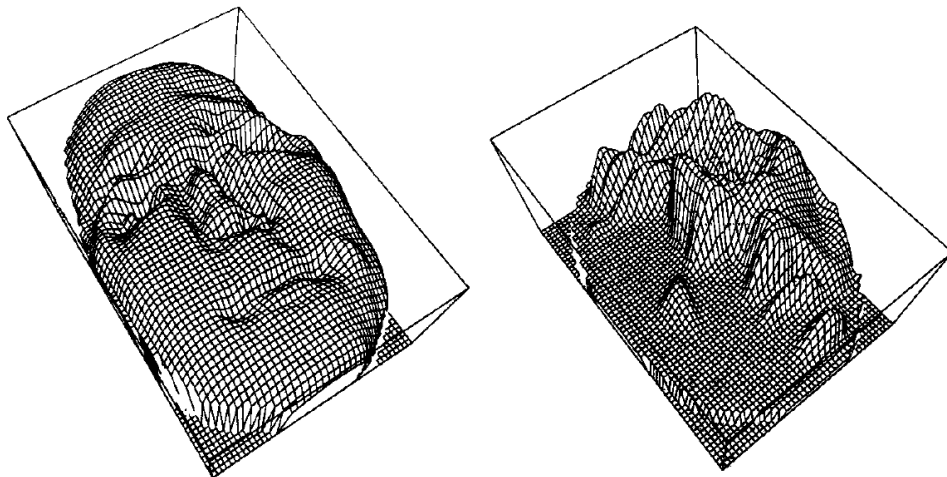


Obrázek 12: Úsměv zobrazený metodou optického toku. (4)

Metoda deformačních modelů

Tato metoda hodnotí podobnost mezi známým a neznámým portrétem na základě tvorby trojrozměrného modelu tváře a porovnáváním změn tohoto modelu vznikajících při pohybu obličeje. Transformace povrchu při pohybu tváře jsou pro každého člověka unikátní. (4)

Prostorový model tváře lze zobrazit pomocí deformační mřížky pokrývající povrch obličeje. Hustota čar mřížky vyjadřuje relativní výšku a hloubku jednotlivých bodů obrazu zároveň s hlavními obličejovými rysy. Na Obrázku číslo 13 vlevo je zobrazen obraz tváře v dobrých světelných podmínkách a vpravo pak obraz tváře ve špatných světelných podmínkách, kde část obličeje leží ve stínu, což snímek znehodnocuje. (25)



Obrázek 13: Deformační model tváře. (4)

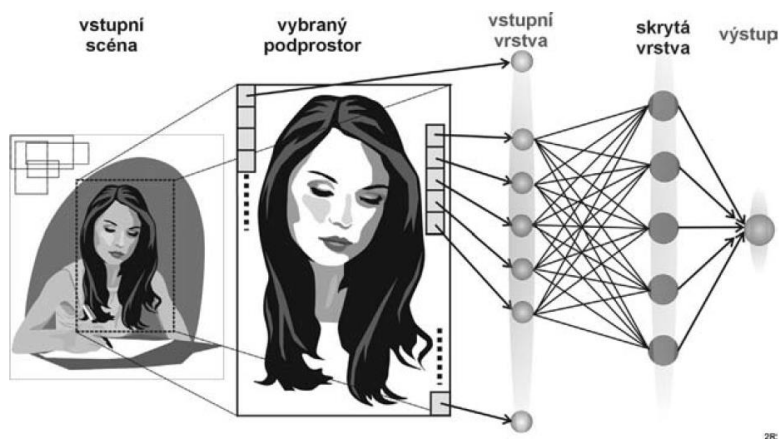
Při vyjadřování emocí nebo při mluvení dochází ke změně povrchu tváře, která se projevuje transformací prostorové sítě. Tyto změny jsou programem vyhodnocovány a porovnávány se změnami uloženými v databázi. Princip identifikace a verifikace je založený na jedinečnosti transformace povrchu obličeje při pohybu. (25)

Metody neuronových sítí

Princip metody neuronových sítí je vysvětlen výše (na stránce 18). Tato technologie je inspirována funkcí a strukturou nervové soustavy složené z neuronů, které dávají této metodě jméno. Artificiální neuronová síť vyniká oproti ostatním metodám schopností adaptace a je vhodná pro zpracování velkého množství komplexních dat. Může být použita pro detekci obličeje a pro jeho identifikaci či verifikaci, nebo může být použita v kombinaci s jinou metodou. (4)

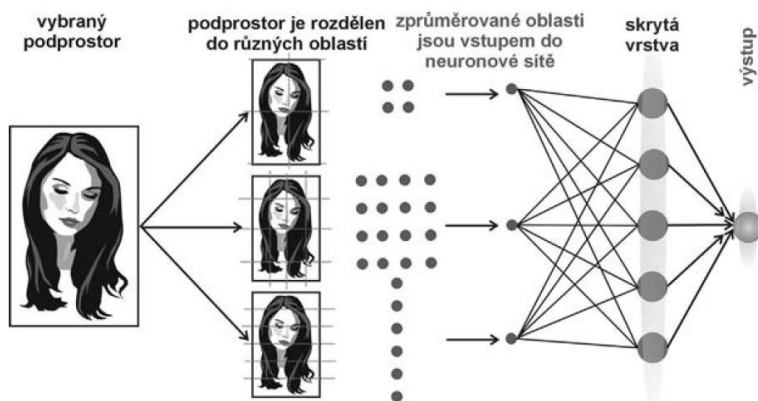
Existují různé variace využití neuronových sítí pro identifikaci osob. „*Intrator používá smíšenou neuronovou síť pro rozpoznávání tváří. První neuronová síť vyhodnocuje jednotlivé identifikační markanty, druhá řídicí (výše nadřizená) provádí klasifikaci tváří a určuje identifikačně-verifikační výstupy.*“ (26)

Na Obrázku číslo 14 je znázorněno schéma jednoduché metody neuronových sítí pro detekci tváře. Z výstupní scény je oddělen podprostor, který je rozdělen na pravidelné díly. Každý díl je vyhodnocován neuronovou sítí. Každý procesní prvek jedné vrstvy je v kontaktu s každým prvkem následující vrstvy. Tím vzniká velké množství vazeb mezi prvky a mezi vrstvami. (4,26)



Obrázek 14: Princip jednoduché neuronové sítě. (4)

Obrázek číslo 15 zobrazuje schéma komplexní neuronové sítě pro detekci tváře. Vybraný podprostor je rozdělen třemi různými způsoby. Jednou na čtvrtiny, jednou na šestnáctiny a jednou na pět rovnoměrných pásem. Každá oblast je zprůměrována a vypočítaná data jsou použita jako vstupní informace do neuronové sítě. Tato metoda se vyznačuje nižším počtem vazeb mezi prvky než má jednoduchá neuronová síť, což zvyšuje rychlost hodnocení. Další výhodou je, že odlišné tvary a velikosti oblastí mohou lépe detekovat obličejové markanty. Například čtvrtiny jsou vhodné k detekci očí a nosu, pásy snadno detekují rty a obočí. (4)



Obrázek 15: Princip komplexní neuronové sítě. (4)

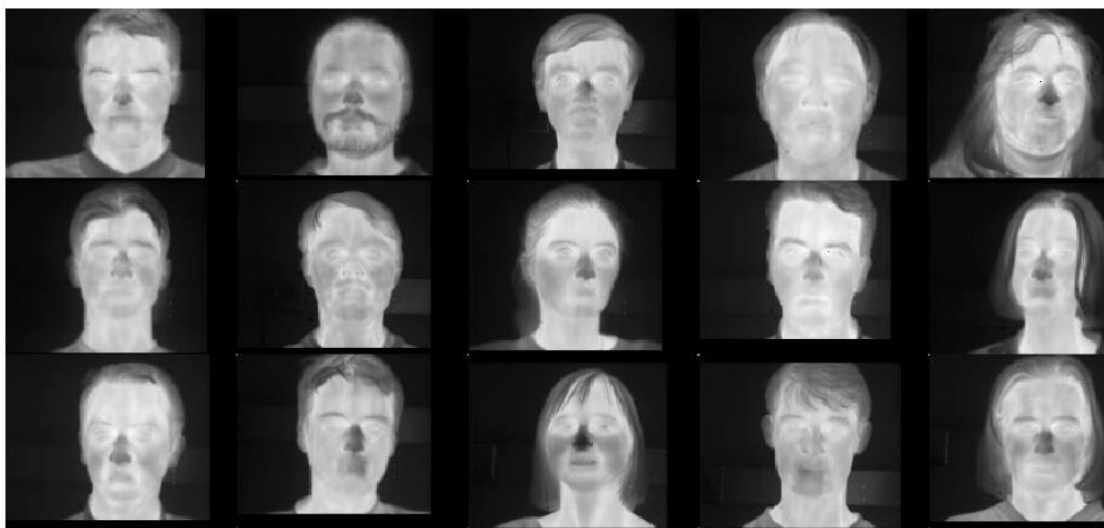
Metoda „eigenhead“

Tato metoda je trojrozměrnou verzí metody Eigenface zmíněné výše (na stránce 17). Metoda Eigenhead pro identifikaci osob je založena na principu porovnávání podoby snímaného obrazu hlavy a uloženého modelu hlavy. Důraz je kladen na grafické zpracování plastické masky tváře, která dokáže simulovat různé výrazy a podoby tváře. (4,27)

4.3.1.3 Rozpoznávání tváří v infračervené oblasti

Metody založené na rozpoznávání tváří v infračervené oblasti používají ke snímání obrazu portrétu kamery termovize. Tyto kamery snímají rozložení tepla v obličeji a jeho vyzařování do okolí prostřednictvím infračerveného záření. Zdrojem tepla na obličeji je převážně krev v krevním řečišti. Pokožka tváře je bohatě protkaná cévami a kapilárami, jenž tvoří unikátní tvary krevního řečiště, které slouží jako šablony pro identifikaci jedince. Tato metoda není závislá na míře osvětlení, dokáže pracovat na ostrém slunci i v úplné tmě. (4)

Proces identifikace a verifikace je založen na porovnávání tvarů obrazců známé a neznámé osoby v infračerveném spektru. Příklad snímků v infračerveném spektru je zobrazen na Obrázku číslo 16. Světlejší barva znázorňuje vyšší teplotu. (4)



Obrázek 16: Snímky v infračerveném spektru. (4)

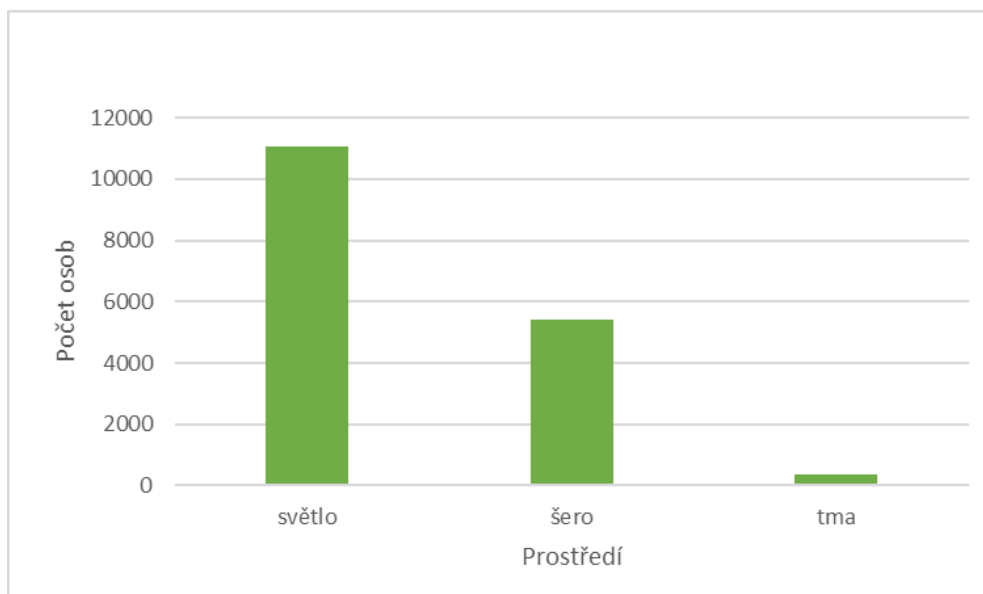
5 Praktická část práce

Měření bylo provedeno na kameře Netatmo – kamera s funkcí rozpoznávání obličejů, zlato-bílá NSC01-EU. K přístupu ke sbíraným datům byla nutná instalace aplikace na mobilní telefon, která umožňuje přístup na cloud kamery. Po umístění a uvedení kamery do chodu ji bylo nutné nechat týden volně běžet bez sběru dat, jelikož se kamera musela učít a ukládat jednotlivé portréty osob.

Kamera byla umístěna ve vstupním prostoru malé firmy, která si nepřeje být uvedena. Firma má dvanáct zaměstnanců s klouzavou pracovní dobou. To znamená, že zaměstnanci nepřichází do práce a neodcházejí z práce ve stejný čas. Osoby se pohybují ve vestibulu téměř každodenně zpravidla od 6:00 do 22:00 hod. Tato kamera monitorovala docházku pracovníků od 24. 8. 2017 až do 30. 11. 2017.

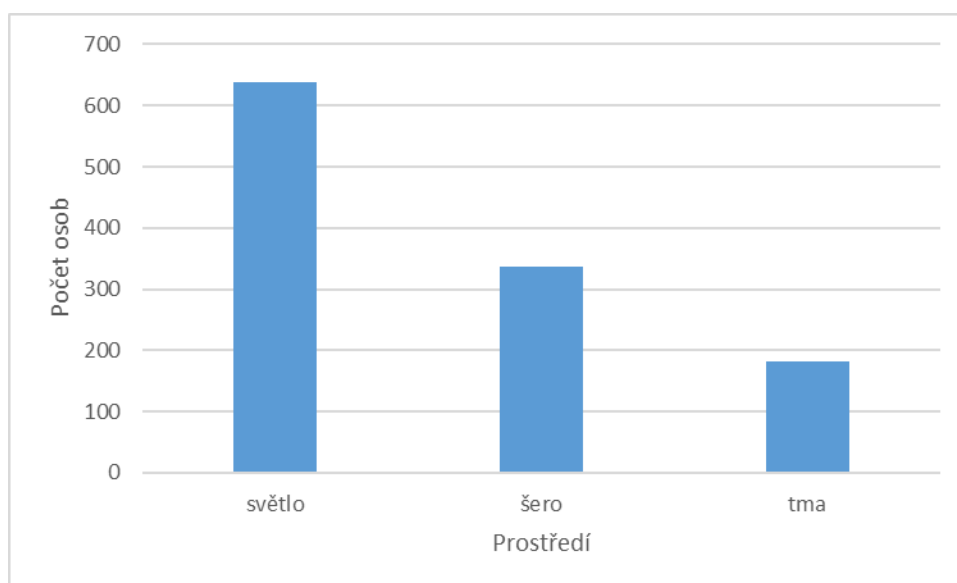
Cílem měření bylo zjistit spolehlivost identifikace osob kamery Netatmo za podmínek plného osvětlení přístupových prostor firmy s využitím umělého osvětlení a za sníženého osvětlení – za šera bez umělého osvětlení. Dále byla hodnocena míra chybné identifikace, kdy kamera přiřadila uživateli nesprávný obličej, nebo když nesprávně vyhodnotila neživý objekt jako tvář a uložila ho do své databáze. Jelikož má kamera funkci nočního vidění, detekovala pohyb i za tmy, převážně se ale jednalo o chybnou identifikaci, kdy byl pohyb závěsů a záclon ve větru mylně vyhodnocen jako pohyb osob.

V grafu na Obrázku číslo 17 je zaznamenán počet správně přiřazených tváří v různých světelných podmínkách. Za světla byl nejvyšší počet správně přiřazených osob, za šera byl tento počet poloviční a za tmy minimální. Tyto hodnoty odpovídají míře pohybu ve vestibulu v danou dobu. Za plného světla bylo zaznamenáno přibližně jedenáct tisíc průchodů, za šera zhruba pět tisíc a za tmy pouze velmi malé množství průchodů osob.



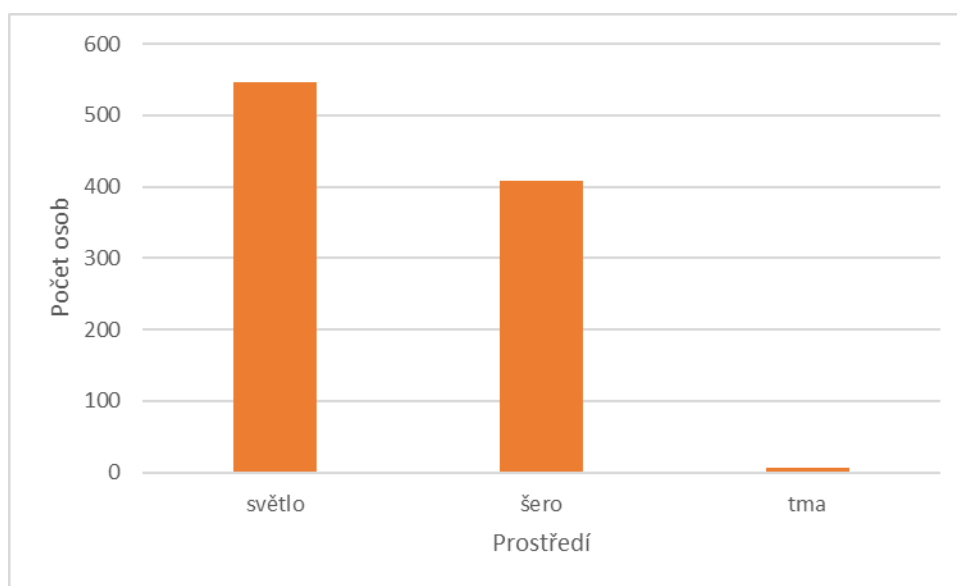
Obrázek 17: Správné přiřazení obličeje.

V grafu na Obrázku číslo 18 je zaznamenán počet nesprávně identifikovaných neživých objektů. Tyto chyby mohou být způsobeny pohybem záclon, závěsů a květin ve větru, nebo nesprávným vyhodnocením pohybujících se stínů nebo částí těl. Výsledné hodnoty grafu přibližně odpovídají míře pohybu v daném prostředí. Hlavním rozdílem je zvýšení počtu detekcí ve tmě. Důvodem může být nižší kvalita obrazu.



Obrázek 18: Přiřazení neživého objektu.

Obrázek číslo 19 obsahuje graf znázorňující počet záměn osob kamerou Netatmo v závislosti na podmínkách osvětlení. Nejvyšší množství záměn bylo naměřeno za plného osvětlení, zatímco za šera bylo naměřeno zhruba o 25 % záměn méně. Počet průchodů zaměstnanců za světla je však dvojnásobný než za šera, což ukazuje, že procentuální úspěšnost identifikace za světla je vyšší, než za šera. Za tmy byl naměřen pouze nepatrný počet záměn osob.



Obrázek 19: Záměna osob.

Celkově lze říci, že nejvyšší spolehlivost identifikace osob byla naměřena při plném osvětlení, nicméně za šera byla úspěšnost jen nepatrně nižší. Při zohlednění celkového počtu hodnocení za daných světelných podmínek je úspěšnost kamery za světla přibližně 90 % a za šera zhruba 88 %. V úplné tmě se spolehlivost kamery výrazně snižuje na hodnotu kolem 65 %. Důvodem je špatná kvalita obrazu ve tmě a tudíž i špatná kvalita dat, která jsou dále použita k porovnávání.

6 Technicko-finanční zhodnocení

Do technicko-ekonomické analýzy byly zahrnuty tři modely chytrých mobilních telefonů se čtečkou otisků prstů a tři modely telefonů s funkcí rozpoznávání obličeje. Modely byly vybírány ve stejné cenové hladině. Cílem zhodnocení je porovnání technických vlastností s aktuální kupní cenou modelů pomocí multikriteriální analýzy dat zvláště pro mobilní telefony se čtečkou otisků prstů a zvláště pro telefony s metodou portrétní identifikace.

6.1 Multikriteriální analýza dat

Jako nejdůležitější parametry pro hodnocení mobilních telefonů byly zvoleny – výkon, rozlišení obrazovky, kvalita kamery fotoaparátu, výdrž baterie a cena. Váhy byly nastaveny dle významnosti daného parametru pro pohodlí uživatele.

Výkon telefonu byl měřen prostřednictvím aplikace AnTuTu Benchmark. Tato aplikace provádí komplexní měření rychlosti a plynulosti reakcí telefonu při běžném provozu, při používání náročnějších aplikací a hraní her nebo pokud je spuštěno více aplikací současně. Tato metoda přináší objektivní výsledky nezávisle na typu operačního systému a je univerzální, protože nehodnotí jen jednu komponentu, ale postupně provádí testy na:

- rychlost operační paměti,
- výkon procesoru při práci s celými čísly,
- výkon procesoru při výpočtech s plovoucí desetinnou čárkou,
- výkon ve 2D grafice,
- výkon ve 3D grafice,
- rychlost práce vstupně-výstupních operací s databází,
- rychlost čtení z paměťové karty,
- rychlost zápisu na paměťovou kartu.

Čím větší je počet naměřených bodů, tím vyšší je komplexní výkon telefonu. Hodnoty uvedené v Tabulkách číslo 1 a 4 u telefonů s operačním systémem Android byly převzaty ze serveru antutu.com, hodnoty pro Apple iPhone X a iPhone 6s byly uvedeny na stránkách kimovil.com. (28,29)

Rozlišení displeje je vyjádřeno v jednotkách DPI (Dot Per Inch) a vyjadřuje počet obrazových bodů na palec (2,54 cm). Rozlišení telefonu se tradičně udává jako dvourozměrná veličina stanovující počet bodů na šířku krát počet bodů na výšku celé obrazovky. Tato hodnota ovšem není objektivní, jelikož není vztažena na velikost displeje daného zařízení. Hustota obrazových bodů uvedená v Tabulkách 1 a 4 se vypočítá pomocí Vzorců číslo 1 a 2. (30)

$$d_p = \sqrt{w_p^2 + h_p^2}$$

Vzorec 1: Výpočet počtu bodů na příčce. (31)

d_p = počet bodů na úhlopříčce

w_p = počet bodů na šířku

h_p = počet bodů na výšku

$$DPI = \frac{d_p}{d_i}$$

Vzorec 2: Výpočet hustoty obrazových bodů. (31)

d_i = úhlopříčka displeje v palcích

Hustota obrazových bodů zohledňuje velikost obrazovky. Čím vyšší je hodnota DPI, tím kvalitnější je obraz telefonu. Pro výpočet byly použity hodnoty rozlišení daných mobilních telefonů uvedené na prodejním serveru heureka.cz. (30)

Kamera telefonu je hodnocena prostřednictvím programu DxOMark Mobile. Jedná se o testovací platformu, jenž posuzuje výkon celého zobrazovacího systému včetně čoček, senzorů, řízení kamery a zpracování obrazu. Výsledné bodování jmenované v Tabulkách číslo 1 a 4 vychází z objektivního měření a hodnocení fotografií a videí odborníky v oboru. Mezi testované parametry patří:

- expozice a kontrast,
- barevnost,
- automatické ostření,
- textura,
- šum
- tvorba artefaktů,

- blesk,
- přiblížení,
- rozostření pozadí. (32)

Výsledné skóre odpovídá kvalitě výstupních fotografií a videí spíše než parametrům jednotlivých částí kamery. Vyšší hodnota v DxOMark mobile testu vypovídá o vyšší kvalitě pořízených fotografií. (32)

Výdrž baterie je převzata ze stránky GSMarena, která uvádí statistiky parametrů baterií různých modelů mobilních telefonů na základě vlastního měření. Hodnoty uvedené v Tabulkách číslo 1 a 4 odpovídají výdrži telefonu v hodinách po jednom nabití, hodině volání, hodině prohlížení stránek na internetu a po hodině přehrávání videí. Čím vyšší je počet hodin, tím delší je doba výdrže baterie. (33)

Ceny telefonů jmenované v Tabulkách 1 a 4 jsou převzaty z českého nákupního serveru czc.cz k datu 18.3.2018. Při analýze byla nižší cena hodnocena jako uživatelsky přívětivější.

6.1.1 Mobilní telefony se čtečkou otisků prstů

V multikriteriální analýze dat byly hodnoceny telefony:

- Apple iPhone 6s 32 GB,
- Nokia 8 Dual SIM,
- Huawei P10 64 GB Dual SIM.

V Tabulce číslo 1 jsou uvedeny konkrétní parametry vybraných telefonů. Hodnoty výkonu telefonu, kvality kamery, výdrže baterie a ceny byly odebrány z příslušných webových stránek jmenovaných výše. Hodnoty rozlišení obrazovky telefonu byly vypočítány dle Vzorců číslo 1 a 2.

Parametry	Apple iPhone 6s	Nokia 8	Huawei P10
Výkon	133 781	207 434	158 356
Rozlišení	213 dpi	554 dpi	432 dpi
Kamera	82	68	86
Výdrž baterie	62 h	78 h	75 h
Cena	12 990 Kč	12 990 Kč	11 990 Kč

Tabulka 1: Parametry mobilních telefonů se čtečkou otisků prstů (5,34,35,36,37,38,39,40,41,42).

V Tabulce číslo 2 jsou hodnoceny jednotlivé parametry u všech tří telefonů a je stanoveno pořadí hodnot v daném řádku. Nejlepší hodnota je označena číslem 1, prostřední číslem 2 a nejhorší hodnota je označena číslem 3. Pokud jsou dvě hodnoty totožné, dělí se o dvě náležící příčky. Pořadí je určeno dle charakteru parametru. Vysoké hodnoty jsou preferovány u výkonu, rozlišení displeje, kvality kamery a výdrže baterie, naopak nízké hodnoty jsou upřednostňovány u ceny telefonu. Váhy byly nastaveny dle významnosti parametru pro zákazníka při výběru telefonu. Tyto hodnoty jsou subjektivní. Nižší hodnota vah značí o vyšší důležitosti, která je při dalších výpočtech zohledněna.

Parametry	Apple iPhone 6s	Nokia 8	Huawei P10	Váhy
Výkon	3	1	2	1
Rozlišení	3	1	2	5
Kamera	2	3	1	2
Výdrž baterie	3	1	2	4
Cena	2,5	2,5	1	3

Tabulka 2: Multikriteriální analýza dat 1.

Principem multikriteriální analýzy dat je zohlednění uživatelských vah při hodnocení jednotlivých produktů. Hodnoty uvedené v Tabulce číslo 3 odpovídají podílu pořadí daného parametru a jeho váhy. Dle součtu všech hodnot pro každý telefon je určeno výsledné pořadí těchto telefonů. Nižší skóre značí o lepších vlastnostech daného produktu. Výsledkem analýzy je pořadí produktů dle jejich technických vlastností a ceny zohledňující požadavky zákazníka.

Parametry	Apple iPhone 6s	Nokia 8	Huawei P10
Výkon	3	1	2
Rozlišení	0,6	0,2	0,4
Kamera	1	1,5	0,5
Výdrž baterie	0,75	0,25	0,5
Cena	0,833	0,833	0,333
Suma	6,183	3,783	3,733
Pořadí	3.	2.	1.

Tabulka 3: Výsledky multikriteriální analýzy dat 1.

Nejlepší hodnocení v multikriteriální analýze získal model Huawei P10. Nízké skóre má hlavně kvůli nižší ceně oproti ostatním modelům a nejvyšší kvalitě kamery. Rozdíl v ceně je pouze 1 000 Kč, ale kvůli relativně vysokým vahám parametru a systému hodnocení klade analýza na cenu velký důraz. Nokia 8 skončila na druhém místě jen s těsným rozdílem 0,05. Z hlediska parametrů má nejvyšší výkon, nejvyšší rozlišení a nejdelší výdrž baterie. Oproti Huawei P10 má však nižší kvalitu fotoaparátu a vyšší cenu. Apple iPhone 6s byl vybrán do této kategorie vzhledem k odpovídající ceně. Nicméně se jedná o starší model oproti ostatním telefonům ve skupině. Tomuto faktu odpovídají i výsledky analýzy. Apple iPhone 6s skončil téměř ve všech kategoriích jako nejhorší. Výkon, kvalita kamery a výdrž baterie jsou víceméně srovnatelné se skupinou, ale rozlišení displeje nedosahuje ani poloviny hodnoty následujícího modelu.

6.1.2 Mobilní telefony s funkcí rozpoznávání obličejů

Hodnocení prostřednictvím multikriteriální analýzy dat bylo provedeno na těchto modelech mobilních telefonů:

- Apple iPhone X 64 GB,
- Samsung Galaxy Note 8 N950F 64GB Dual SIM,
- Huawei Mate 10 Pro Dual SIM.

V Tabulce číslo 4 jsou uvedeny konkrétní parametry vybraných telefonů. Hodnoty výkonu telefonu, kvality kamery, výdrže baterie a ceny byly odebrány z příslušných webových stránek jmenovaných výše. Hodnoty rozlišení obrazovky telefonu byly vypočítány dle Vzorců číslo 1 a 2.

Parametry	Apple iPhone X	Samsung Galaxy Note 8	OnePlus 5T
Výkon	226 058	201 778	212 558
Rozlišení	463 dpi	522 dpi	402 dpi
Kamera	97	94	87
Výdrž baterie	74 h	89 h	82 h
Cena	29 990 Kč	26 291 Kč	16 991 Kč

Tabulka 4: Parametry mobilních telefonů s funkcí rozpoznávání obličejů (5,37,39,42,43,44,45,46)

V Tabulce číslo 5 jsou hodnoceny jednotlivé parametry u všech tří telefonů a je stanoveno pořadí hodnot v daném řádku. Nejlepší hodnota je označena číslem 1, střední číslem 2 a nejhorší hodnota je označena číslem 3. Pořadí je určeno dle charakteru parametru.

Vysoké hodnoty jsou preferovány u výkonu, rozlišení displeje, kvality kamery a výdrže baterie, naopak nízké hodnoty jsou upřednostňovány u ceny telefonu. Váhy byly nastaveny dle významnosti parametru pro zákazníka při výběru telefonu. Tyto hodnoty jsou subjektivní. Nižší hodnota vah značí o vyšší důležitosti, která je při dalších výpočtech zohledněna.

Parametry	Apple iPhone X	Samsung Galaxy Note 8	OnePlus 5T	Váhy
Výkon	1	3	2	1
Rozlišení	2	1	3	5
Kamera	1	2	3	2
Výdrž baterie	3	1	2	4
Cena	3	2	1	3

Tabulka 5: Multikriteriální analýza dat 2

Principem multikriteriální analýzy dat je zohlednění uživatelských vah při hodnocení jednotlivých produktů. Hodnoty uvedené v Tabulce číslo 6 odpovídají podílu pořadí daného parametru a jeho váhy. Dle součtu všech hodnot pro každý telefon je určeno výsledné pořadí těchto telefonů. Nižší skóre značí o lepších vlastnostech daného produktu. Výsledkem analýzy je pořadí produktů dle jejich technických vlastností a ceny zohledňující požadavky zákazníka.

Parametry	Apple iPhone X	Samsung Galaxy Note 8	OnePlus 5T
Výkon	1	3	2
Rozlišení	0,4	0,2	0,6
Kamera	0,5	1	1,5
Výdrž baterie	0,75	0,25	0,5
Cena	1	0,667	0,333
Suma	3,65	5,117	4,933
Pořadí	1.	3.	2.

Tabulka 6: Výsledky multikriteriální analýzy dat 2

Nejlepší hodnocení získal telefon Apple iPhone X s relativně velkým náskokem. Tento model vykazuje nejvyšší výkon, nejlepší kvalitu fotoaparátu a velmi dobré rozlišení displeje. Na druhé příčce se umístil OnePlus 5T, který je téměř o polovinu levnější než iPhone X a je tudíž nejlevnější z porovnávaných modelů. Kvalita jeho fotoaparátu a rozlišení displeje jsou naopak hodnoceny jako nejhorší. Tento model má dvojnásobnou uživatelskou paměť oproti ostatním modelům v kategorii, ale tato vlastnost není v analýze hodnocena. Samsung Galaxy Note 8 skončil s těsným rozdílem na poslední příčce

z hlediska požadavků uživatele. Příčinou je nízký výkon, který je označen jako nejdůležitější parametr. Samsung má nejdelší výdrž baterie a nejvyšší rozlišení obrazovky, tyto vlastnosti jsou však ohodnocené jako nejméně důležité a proto mají na konečný výsledek jen malý vliv.

7 Závěr

Od svého vzniku prošly smart technologie pro identifikaci osob významným vývojem a jejich uplatnění se neustále rozšiřuje. V současné době existují technologie pro zjišťování totožnosti osob na základě následujících fyziologických charakteristik:

- otisky prstů, dlaní a chodidel,
- geometrie prstů a ruky,
- kresba krevního řečiště,
- tvar ucha a jeho otisky,
- hlas a řeč,
- vzor oční duhovky atd. (47)

Mezi nejpoužívanější biometrické metody se řadí programy pro rozpoznávání otisků prstů a kamerové systémy s rozpoznáváním tváře, jejichž technologie byly důkladně rozepsány v teoretické části práce. (47)

Biometrické metody nachází využití zejména v bezpečnostním sektoru. Mohou být využity pro kontrolu a regulaci vstupu do vládních, zdravotnických, komerčních nebo soukromých objektů. Technologie zaměřené na otisky prstů jsou používány k autentizaci, čili potvrzení totožnosti, při vstupu do budov nebo k přístupu k výpočetním a komunikačním prostředkům, jako pracovní stanice, servery nebo mobilní telefony. Informace o otiscích prstů může být uložena na speciálních čipových identifikačních nebo platebních kartách, což zvyšuje jejich bezpečnost. (4,47)

Aplikace pro rozpoznávání obličeje jsou používány k monitorování vnitřních a venkovních prostor, k vyhledávání obličejů při fotografování, k přihlašování do počítačů a mobilních telefonů. Výše zmíněné metody jsou hojně využívány i v policejně-forenzní praxi, například při dálkovém pozorování, při identifikaci podezřelé osoby v davu, nebo při identifikaci sejmutých otisků prstů. Při výběru biometrické technologie je kladen důraz její bezpečnost, spolehlivost, uživatelskou přívětivost a cenu. (47)

Hlavní výhodou biometrických identifikačních metod je jednoduchost jejich užívání, jelikož detektory hodnotí samotného uživatele dle jeho fyziologických vlastností, nikoli podle předmětů, které nosí u sebe, nebo podle hesla, jež si musí pamatovat. Další výhodou

je bezpečnost, protože biometrické charakteristiky nemůžou být uživateli odcizeny, ztraceny či zapomenuty. Použití neživých replik by také mělo být aplikací rozpoznáno a zamítnuto. (4)

Nevýhodou biometrických systémů oproti znalostním a vlastnickým ověřovacím metodám je jejich chybovost. Zatímco vyhodnocení správnosti hesla nebo vloženého klíče je jednoznačné, snímání a porovnávání biometrik je náročnější. S tím souvisí i požadavky na vysoký výkon hodnotícího systému. Kvůli vysoké pracnosti zpracování a porovnávání sejmutých znaků jsou současné systémy vhodné spíše pro verifikaci, čili ověření shody s jednou šablonou nebo několika málo šablonami, než pro identifikaci, kdy se vyhledává největší shoda snímaného parametru s databází vzorů uložených v aplikaci. (4)

Dalšími nevýhodami jsou vysoká cena, nutná pravidelná údržba a krátká životnost. Hodnotící zařízení musí být zabezpečené proti zneužití například tak, že musí kontrolovat živost uživatele, aby nebyl možný přístup na základě kopie fyzického znaku. Zařízení musí být odolné vůči narušení, aby nedošlo k prolomení zabezpečení třetí osobou, nebo naopak, aby nemohlo dojít k úniku citlivých osobních dat registrovaných uživatelů. Toto však není jednoduché zabezpečit. (4)

V praktické části práce bylo zhodnoceno tříměsíční měření kamerou Netatmo s funkcí rozpoznávání obličejů a s funkcí nočního vidění. Z naměřených hodnot bylo zpracováno porovnání správně přiřazených obličejů v závislosti na podmínkách osvětlení. Dále bylo zjištěno, že chyby rozpoznávání obličejů byly způsobeny detekcí neživých objektů a záměnou osob. Počty detekcí neživých předmětů a záměn osob byly porovnány v závislosti na druhu osvětlení při měření.

Výsledkem měření bylo zjištění, že nejvyšší úspěšnosti v identifikaci osob dosahuje kamera Netatmo při plném osvětlení. Za šera je úspěšnost jen o málo nižší, přičemž naměřený rozdíl je téměř zanedbatelný. Za tmy je správnost identifikace výrazně nižší než za světla. Důvodem může být horší kvalita obrazu a tudíž i horší kvalita dat, která jsou hodnocena.

Dále byla zpracována technicko-finanční analýza, kde byly hodnoceny tři chytré mobilní telefony se čtečkou otisků prstů a tři telefony s funkcí rozpoznávání obličejů. V analýze byly hodnoceny ekonomické a technické parametry (výkon, rozlišení obrazovky, kvalita

kamery, výdrž baterie) prostřednictvím metody multikriteriální analýzy dat. Cílem bylo určit, který z vybraných modelů je nejlepší v kategoriích mobilních telefonů se čtečkou otisků prstů a telefonů s funkcí portrétní identifikace.

Jako nejlepší z telefonů se čtečkou otisků prstů z hlediska technických vlastností a ceny se umístil Huawei P10, druhá byla Nokia 8 a třetí Apple iPhone 6s. Z telefonů s funkcí rozpoznávání osob byl nejlépe hodnocen Apple iPhone X, dále OnePlus 5T a Samsung Galaxy Note 8 jako poslední.

Současné smart technologie pro identifikaci osob pracují velmi dobře a jejich výsledky jsou uspokojivé. Tyto technologie jsou hojně využívány v civilní i policejně-forenzní sféře. V budoucnu se jejich využití pravděpodobně ještě rozšíří, jelikož jsou jednoduché, praktické a uživatelsky přívětivé. Systémy pro identifikaci osob mají však stále prostor pro zlepšení, zejména v přesnosti, rychlosti a funkčnosti. Vzhledem k neustálému technickému pokroku mohou být v budoucnu vytvořeny nové postupy a technologie snímání a porovnávání měřených znaků. Do budoucna bude nutné zajistit dostatečnou bezpečnost systémů, aby bylo zabráněno jejich napadení a úniku osobních údajů uživatelů. (47)

8 Seznam použitých zdrojů

1. History Of Smart Technology. *Imgur* [online]. Copyright © 2016 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://imgur.com/gallery/zEeYS>
2. Sogeti things - smact and the city - new technologies in urban envi.... *Share and Discover Knowledge on LinkedIn SlideShare*[online]. Copyright © 2018 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/polenumerique33/sogeti-things-smact-and-the-city-new-technologies-in-urban-environments-vint-report-4>
3. SMART CITY: Cesta za lepším životem ve městě.. *403 Forbidden* [online]. Dostupné z: <https://service.ihned.cz/smartcity/>
4. RAK, Roman, Vašek MATYÁŠ a Zdeněk ŘÍHA. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008. Profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.
5. Dotykové smartphone mobilní telefony | CZC.cz. *CZC.cz - rozumíme vám i elektronice* [online]. Copyright © oXyShop X7 od společnosti oXy Online s.r.o. [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.czc.cz/dotykové-mobilni-telefony/produkty>
6. NĚMEC, B. a kol. *Základy kriminalistiky*. Praha: Ministerstvo vnitra, 1954.
7. Pojem a podstata daktyloskopie. *302 Found* [online]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/97401/>
8. KREIDL, Marcel a Radislav ŠMÍD. *Technická diagnostika: senzory, metody, analýza signálu*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-158-6.
9. Čtečky otisku prstů pod drobnohledem – jak fungují? - Mobilizujeme.cz. *Mobilizujeme.cz* [online]. Copyright © 2007 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://mobilizujeme.cz/clanky/ctecky-otisku-prstu-pod-drobnohledem-jak-funguji>
10. Technologie otisku prstu: (ne)bezpečné zabezpečení – Živě.cz. *Živě.cz – O počítačích, IT a internetu* [online]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/technologie-otisku-prstu-nebezpecne-zabezpeceni/sc-3-a-170784/default.aspx>
11. Fingerprint Scanners: How They Work | Ubergizmo. *Ubergizmo* [online]. Dostupné z: <http://www.ubergizmo.com/articles/fingerprint-scanners-how-they-work/>

12. Somatoskopické znaky člověka. *Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita* [online]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/somatoskopie/>
13. EyeDentity - Eyedea Recognition s. r. o. *Eyedea Recognition s. r. o.* [online]. Copyright © Eyedea Recognition Ltd. 2012 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <http://www.eyedea.cz/cs/eyedentity/>
14. Česká firma pomáhá Europolu rozpoznat tváře zločinců a teroristů. *Technet.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: https://technet.idnes.cz/eyedea-europol-rozpoznani-obrazu-db9-/software.aspx?c=A160704_154924_software_pka
15. Mobile Phones with Face Recognition | Price & Specifications, 26th March 2018. *Pricebaba | Find the Best Prices for Mobiles, Laptops & other Electronics in India* [online]. Copyright © 2012 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://pricebaba.com/mobile/pricelist/phones-with-face-recognition-in-india>
16. Vše, co byste měli vědět o Face ID. *Letem světem Applem - Magazín o společnosti Apple a produktech Apple* [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.letemsvetemapplem.eu/2017/09/16/face-id/>
17. Veřejně dostupná aplikace, která umí identifikovat tváře na fotografiích | E15.cz. *Věda a technika - aktuality | E15.cz* [online]. Copyright © 2001 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <http://e-svet.e15.cz/technika/verejne-dostupna-aplikace-ktera-umi-identifikovat-tvare-na-fotografii-1296882>
18. Eigenfaces - Christopher de Coro. *Christopher de Coro* [online]. Dostupné z: <http://chrisdecoro.com/eigenfaces/>
19. Úvod do neuronových sítí. *StatSoft* [online]. 2013 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2013_02_05_StatSoft_Neuronove_site_lianky.pdf
20. HÖLL, K. *Aplikace metod detekce a rozpoznání obličeje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 73 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Petr Petyovský
21. *Aktuality pro veřejnost | Fakulta biomedicínského inženýrství* [online]. Copyright © [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <http://fbmi.cvut.cz/files/predmety/3528/public/Detekce%20pohybu%20ve%20videu.pdf>

22. Zabrodsky, H., Peleg, S., Avnir, D.: „Symmetry as a Continues Feature“, IEEE Trans. PAMI, vol. 17, str. 1154–1166, 1995.
23. Reisfeld, D., Wolfson H., Yshurun Y.: „Context-Free Attentionall Operators: The Generalized Symmetry Transform“, Int J. Computer Vision, vol. 14, str. 119–130, 1995.
24. Cox, I. J., Ghosn, J., Yianilos P.N.: „Feature-based Face Recognition Using Mixture Distance“, CVPR '96, str. 209–216, 1996.
25. Zhang, J., Yan, H., Lades M.: „Face Recognition: Eigenface, Elastic Matching and Neural Nets“, Proc. IEEE, vol. 85, str. 1423–1435, 1997.
26. Intrator, N., Reisfeld, D., Yeshurun Y.: „Face Recognition Using a Hybrid Supervised/Unsupervised Neutral Network“, PR Letters, vol. 17, str. 67–76, 1996.
27. Waters, K., Terzopoulos, D.: „The computer sythesis of expressive faces“, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, vol. 335, str. 87–93, 1992.
28. dTest: Jak vybrat mobilní telefon - Nezávislé testy, víc než jen recenze. *dTest: Nezávislé testy, víc než jen recenze* [online]. Copyright © dTest, o.p.s., Všechna práva vyhrazena. [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: https://www.dtest.cz/clanek-1636/jak-vybrat-mobilni-telefon?gclid=CjwKCAjwnLjVBRAdeiwAKSGPI0G4_q_AdpKjItUNa2Wfn_01Hi804C6bRYEtRelejG6IfJF_PBS98hoCd9IQAvd_BwE
29. AnTuTu Benchmark - zjistěte výkon u svého mazlíka. *Smart Mobil* [online]. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <http://www.smart-mobil.eu/clanky/64-antutu-benchmark---zjistete-vykon-u-sveho-mazlika/>
30. Co znamená jednotka DPI a kde se s ní můžeme setkat? - Grafika.cz - vše o počítačové grafice. *Grafika.cz - vše o počítačové grafice*[online]. Copyright © Grafika.cz [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <http://www.grafika.cz/rubriky/photoshop/co-znamenajednotka-dpi-a-kde-se-s-ni-muzeme-setkat--130235cz>
31. Body na palec – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Body_na_palec
32. DxOMark Mobile test protocol and scores - DxOMark. *DxOMark - The Reference for Image Quality* [online]. Copyright © 2008 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/dxomark-mobile-testing-protocol-scores/>

33. Battery life tests - GSMArena.com. *GSMArena.com - mobile phone reviews, news, specifications and more...* [online]. Copyright © 2000 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.gsmarena.com/battery-test.php3>
34. Specifikace Apple iPhone 6S 32GB - Heureka.cz. *Mobilní telefony - Heureka.cz* [online]. Dostupné z: <https://mobilni-telefony.heureka.cz/apple-iphone-6s-32gb/specifikace/#section>
35. Specifikace Nokia 8 Dual SIM - Heureka.cz. *Mobilní telefony - Heureka.cz* [online]. Dostupné z: <https://mobilni-telefony.heureka.cz/nokia-8-dual-sim/specifikace/#section>
36. Specifikace Huawei P10 64GB Dual SIM - Heureka.cz. *Mobilní telefony - Heureka.cz* [online]. Dostupné z: <https://mobilni-telefony.heureka.cz/huawei-p10-64gb-dual-sim/specifikace/#section>
37. Ranking - AnTuTu Benchmark - Know Your Android Better. *安兔兔(ANTUTU)_专业性能评定·不服跑个分!* [online]. Copyright © 2010 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <http://www.antutu.com/en/ranking/rank1.htm#>
38. Antutu Benchmark of Apple iPhone 6s. *Redirecting to /en/* [online]. Copyright ©2018 Kimovil.com [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.kimovil.com/en/apple-iphone-6s-16gb/antutu>
39. Mobile Reviews - DxOMark. *DxOMark - The Reference for Image Quality* [online]. Copyright © 2008 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/category/mobile-reviews/>
40. Huawei P10 mobile review: Top performer - DxOMark. *DxOMark - The Reference for Image Quality* [online]. Copyright © 2008 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/huawei-p10-mobile-review-top-performer/>
41. Apple iPhone 6s review: Solid and compelling performance - DxOMark. *DxOMark - The Reference for Image Quality* [online]. Copyright © 2008 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/apple-iphone-6s-review-solid-and-compelling-performance/>
42. Battery life tests - GSMArena.com. *GSMArena.com - mobile phone reviews, news, specifications and more...* [online]. Copyright © 2000 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.gsmarena.com/battery-test.php3>

43. Specifikace Apple iPhone X 64GB - Heureka.cz. *Mobilní telefony - Heureka.cz* [online]. Dostupné z: <https://mobilni-telefony.heureka.cz/apple-iphone-x-64gb/specifikace/#section>
44. Specifikace Samsung Galaxy Note 8 N950F 64GB Dual SIM - Heureka.cz. *Mobilní telefony - Heureka.cz* [online]. Dostupné z: <https://mobilni-telefony.heureka.cz/samsung-galaxy-note-8-n950f-64gb-dual-sim/specifikace/#section>
45. Antutu Benchmark of Apple iPhone X. *Redirecting to /en/* [online]. Copyright ©2018 Kimovil.com [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.kimovil.com/en/apple-iphone-x/antutu>
46. OnePlus 5 review: A serious shooter - DxOMark. *DxOMark - The Reference for Image Quality* [online]. Copyright © 2008 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <https://www.dxomark.com/oneplus-5-review-a-serious-shooter/>
47. *posterus.sk, portál pre odborné publikovanie* [online]. Copyright ©4 [cit. 25.03.2018]. Dostupné z: <http://www.posterus.sk/?p=11511&output=pdf>

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Přehled základních markantů (4)	6
Obrázek 2: Principiální schéma kapacitního senzoru. (4)	9
Obrázek 3: Schéma ultrazvukového snímání otisku prstu: 1 - zdroj signálu, 2 - přijímač odraženého signálu (4).....	11
Obrázek 4: Prostorová konvoluce a následná binarizace otisku (4)	12
Obrázek 5: Problém duplicity bodů před a po skeletizaci (4).....	13
Obrázek 6: Vzory grafického znázornění šablon (4)	14
Obrázek 7: První fáze (detekce a lokalizace), druhá fáze (rozpoznání tváře) (4).....	17
Obrázek 8: Normalizované portréty. (18).....	18
Obrázek 9: Příklad uspořádání neuronové sítě. (4).....	19
Obrázek 10: Spojováním identifikačních bodů vznikají geometrické obrazce. (4).....	23
Obrázek 11: Základní identifikační body (1-2: vnější koutky rtů, 3: špička nosu, 4-5: vnitřní koutky oka, 6-7: vnější koutky oka, 8: kořen nosu, 9-10: pravý a levý chránící vnější zvukovod, 11-12: pravý a levý přechod ušního lalůčku do tváře.) (4)	23
Obrázek 12: Úsměv zobrazený metodou optického toku. (4).....	24
Obrázek 13: Deformační model tváře. (4)	25
Obrázek 14: Princip jednoduché neuronové sítě. (4).....	26
Obrázek 15: Princip komplexní neuronové sítě. (4).....	26
Obrázek 16: Snímky v infračerveném spektru. (4).....	27
Obrázek 17: Správné přiřazení obličeje.....	29
Obrázek 18: Přiřazení neživého objektu.....	29
Obrázek 19: Záměna osob.	30

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry mobilních telefonů se čtečkou otisků prstů (5,34,35,36,37,38,39,40,41,42).....	33
Tabulka 2: Multikriteriální analýza dat 1.	34
Tabulka 3: Výsledky multikriteriální analýzy dat 1.	34
Tabulka 4: Parametry mobilních telefonů s funkcí rozpoznávání obličejů (5,37,39,42,43,44,45,46).....	35
Tabulka 5: Multikriteriální analýza dat 2	36
Tabulka 6: Výsledky multikriteriální analýzy dat 2	36