

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Biometrická identifikace na základě otisku prstu

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Hart, Ph.D.

Autor: Tomáš Blažíček

Praha 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Blažiček

Technologická zařízení staveb

Název práce

Biometrická identifikace na základě otisku prstu

Název anglicky

Biometric identification based on fingerprint

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku biometrických identifikačních systémů. Hlavním cílem je provést zhodnocení systémů pro biometrickou identifikaci na základě otisku prstu.

Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- charakterizovat typy snímání otisků prstů
- zhodnotit jednotlivé druhy systémů

Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Vlastní řešení je realizováno formou hodnocení systémů pro biometrickou identifikaci na základě otisků prstů. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek.

Klíčová slova

otisk prstu, předloha, biometrický systém, snímač

Doporučené zdroje informací

ASHBOURN, J. Biometrics Advanced Identity Verification. London, Springer Verlag, 2000, ISBN 1-85233-243-3.

HEŘMAN, J., et al.: Elektrotechnické a telekomunikační instalace. Praha: Verlag Dashöfer, 2008. ISSN 1803-0475.

RAK, R.; MATYÁŠ, V.; ŘÍHA, Z. a kolektiv. Biometrie a identita člověka ve forezních a komerčních aplikacích. Praha, Nakladatelství Grada, 2008. 664 s. Profesionál. ISBN 978-80-247-2365-5.

Předběžný termín obhajoby

2016/05 (květen)

Vedoucí práce

Ing. Jan Hart, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 10. 1. 2014

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 10. 2015

Čestné Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „, biometrická identifikace na základě otisku prstu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Harta, Ph. D. pouze s použitím zdrojů uvedených v seznamu použité literatury.

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

Jsem si vědom 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

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Janu Hartovi, Ph. D. za odborné vedení, věcné připomínky a vstříčný přístup. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za jejich podporu během mého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce má za záměr vytvořit literární rešerši týkající se dané problematiky biometrické identifikace uživatele pomocí otisku prstů. V práci je uvedeno několik kapitol, které jsou dále rozčleněny na podkapitoly. Nejrozsáhlejší částí je kapitola 4, která pojednává o rozdělení biometrických identifikačních systémů a otisku prstů. Detailně je popsáno několik dalších podkapitol, které se zabývají například daktyloskopií, snímáním či senzory. V praktické části práce je provedeno porovnání zvolených čteček na otisky prstů s následným vyhodnocením. Toto vyhodnocení je doplněno grafickým znázorněním, které má za úkol usnadnit a zpřehlednit výsledky vzniklé po provedení multikriteriální analýzy. Na úplný závěr je uveden objektivní názor autora k dané problematice a možnosti dalšího vývoje v oblasti biometrické identifikace na základě otisku prstů.

Klíčová slova

Otisk prstů, snímač, biometrický systém, předloha

Abstract

The main intention of this thesis is to create a literature research which is related to the issue of biometric identification using fingerprints. The thesis contains several chapters which are further divided into subsections. The largest part is the Chapter 4, which deals with the distribution of biometric identification systems and fingerprints. Few chapters which deal with for example fingerprints, scan or sensors are described in detail. In the practical part the selected fingerprint readers were compared and at the end there was made a subsequent evaluation. This assessment is complemented by a graphic representation, which aims to facilitate and streamline the results arising after the multi-criteria analysis. On the end is pain an objective opinion of the author on the problem and possibilities for further development in the field of biometric identification based on fingerprints.

Key words

Fingerprints, scanner, biometric systém, pattern

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce	2
3. Metodika	3
4. Přehled o současném stavu poznání	4
4.1 Základní pojmy	4
4.1.1 Identita	4
4.1.2 Identifikace a verifikace	4
4.1.3 Biometrie	5
4.1.4 Historie biometrie	5
4.2 Rozdělení biometrický identifikačních systémů	6
4.3 Otisk prstů	6
4.3.1 Daktyloskopie	6
4.3.2 Daktyloskopie - historie	7
4.3.3 Daktyloskopie - anatomie prstů	8
4.3.4 Snímání otisků prstu	9
4.3.5 Senzory na snímání otisku prstu	10
4.3.6 Faktory ovlivňující snímání otisků prstů	13
4.3.7 Detekce živosti	18
4.3.8 Zpracování otisku prstů	21
4.3.9 Akceptovatelnost uživatele	23
4.3.10 Normy týkající se otisku prstů	24
5. Praktická část	26
5.1 Jednotlivé čtečky	26
5.2 Kritéria porovnání čtyř zvolených čteček	29
5.3 Multikriteriální analýza	30
6. Zhodnocení výsledků	31
7. Závěr	32
8. Seznam použité literatury	33
9. Seznam obrázků	35
10. Seznam tabulek	36
11. Seznam grafů	36

1. Úvod

V dnešní době je velký rozvoj moderních technologií v oblastech informatiky, telekomunikace, počítačových sítích. S vývojem moderních technologií je kladen čím dál větší důraz na zabezpečení všech možných zneužitelných dat. Tyto data mohou uvádět citlivé osobní údaje, platby, plány atd. S vývojem výpočetní technologie se převážná většina dat ukládá a zabezpečuje za pomoci informačních systémů. Všechny tyto data se ukládají do databázových serverů, které umožňují zpětné dohledávání. V důsledku ukládání dat na jedno místo začalo přibývat pokusů o neoprávněné získání těchto cizích informací. Obor daktyloskopie, který na přelomu 19. až 20. století dosáhl velkého rozmachu, se zasloužil o zavedení nového způsobu identifikace osob a to na základě otisku prstů. Způsob identifikace na základě otisku prstů nezvyšoval pouze bezpečnost, ale zároveň se stal vítaným ulehčením pro uživatele, který si už nemusel pamatovat dlouhé heslo, jež mohl zapomenout či omylem vyrazit. Otisk prstů je v tomto ohledu naprosto unikátní u každého z nás a tak vyhovoval všem možným požadavkům, které byly kladeny na identifikaci osob. Se stoupajícími pokusy o zfalšování otisku prstů se zavedlo několik opatření, které umožnily zvýšit bezpečnost při identifikaci osob. [3, 11]

K rychlému vývoji technologie otisků prstů přispělo počítačové vyhodnocení, které bylo rozpracováno převážně pro policejné – soudní účely. K rozšíření do oblasti komerčně - bezpečnostní napomohlo několik aspektů, jako například pokles výrobních cen či miniaturizace snímacích prvků. [3, 4, 11]

2. Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je zhodnocení jednotlivých biometrických systémů využívajících pro identifikaci otisk prstů. Dílčí cíle této bakalářské práce jsou rozděleny na několik částí, a to na:

- vysvětlit základní pojmy týkající se identifikace, biometrie
- popsat snímání otisků prstu
- uvést a popsat senzory na snímání otisku prstu
- definovat faktory ovlivňující snímání otisků prstů
- vylíčit způsoby ochrany proti zfalšování otisku prstu
- uvést zpracování otisku prstů
- popsat, porovnat a následně vyhodnotit zvolené čtečky na otisk prstu

3. Metodika

Na základě zadané bakalářské práce bylo při psaní literární rešerše postupováno podle prostudované odborné literatury, která se vztahovala, jak k teoretické, tak i k praktické části práce. Jednalo se převážně o odborné tištěné publikace a renomované internetové stránky. Použité literární a internetové zdroje byly převzaty z českých či zahraničních pramenů. Teoretická část byla zpracována převážně z českých odborných publikací, které je možné dohledat na internetu (viz použitá literatura).

Praktická část práce byla realizována pomocí čtyř zvolených čteček, které byly podle nastudované odborné literatury porovnány a analyzovány na základě několika parametrů. Například:

- Cena
- Rozměry
- Kapacita záznamů
- Design
- Uživatelská přívětivost

Výše uvedené parametry slouží k porovnání a analyzování, zpracovány byly za pomoci odborné literatury s použitím multikriteriální analýzy. Konkrétní informace, potřebné k porovnání a analyzování zvolených čteček, byly zjišťovány od společností, které nabízejí zabezpečovací technologie. Například společnosti EUROSAT či ZKaccess, které publikují potřebné informace na svých dostupných internetových stránkách (viz použitá literatura). Pro názornější pochopení dané problematiky byly získané poznatky převedeny do grafického znázornění. Grafické výsledky jsou vyhodnoceny pomocí sloupcového grafu. Na tomto grafu nalezneme srovnání čteček z hlediska jednotlivých parametrů a jejich vhodnost. Poté následuje slovní zhodnocení výsledků.

4. Přehled o současném stavu poznání

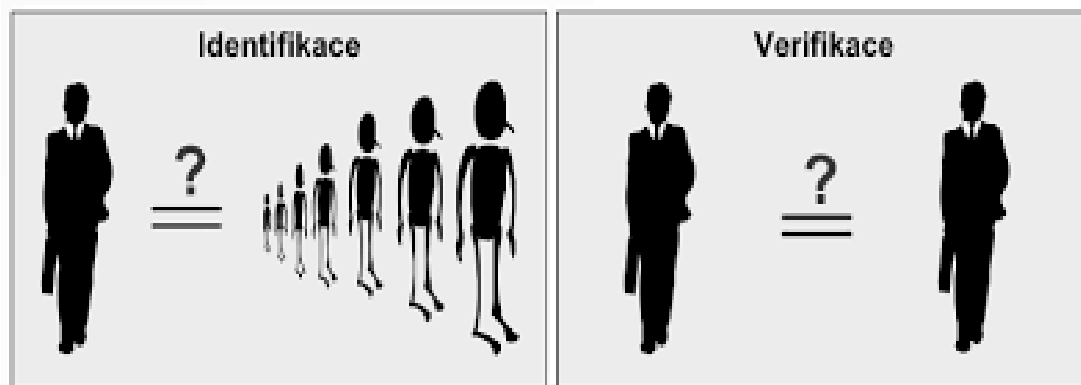
Tato teoretická část literární rešerše se bude zabývat pojmy týkající se biometrie a identifikace, ale hlavní důraz bude kladen na otisk prstů a jeho snímání, zpracování atd.

4.1 Základní pojmy

V této kapitole se budeme věnovat základním pojmům týkající se určení a ověření osoby, které jsou důležité pro další pochopení. Do těchto pojmů můžeme zařadit například: identitu, rozdíl mezi identifikací a verifikací atd.

4.1.1 Identita

Pod pojmem identita si můžeme jednoduše představit charakteristiku každého z nás. Rozlišujeme identitu fyzickou a elektronickou. Fyzickou identitu máme každý pouze jednu a je určována naším vzhledem a chováním. Není možné, aby na světě existoval člověk, který má shodnou fyzickou identitu s kýmkoliv z nás. Pro elektronickou identitu platí, že si můžeme vytvořit identitu tolik, kolik potřebujeme (popř. chceme), jedná se například o účty na e-mailových portálech. K identitě se váží dva základní pojmy a to je identifikace a verifikace (viz obrázek 1). [1, 3]



Obr. 1: Srovnání identifikace a verifikace [3]

4.1.2 Identifikace a verifikace

V dnešní době je pojem identifikace často skloňovaným výrazem, neboť pomocí něj lze zjistit identitu určité osoby. Osoba zadá svoji biometrickou vlastnost do určitého systému, ale neudá svoji identitu, systém následně porovná vzorky z databáze uložených vzorků a vyhodnotí výsledek „identita nalezena“ a nebo „identita nenalezena“. U rozsáhlejších databází je tento proces časově náročný. Probíhá zde porovnání 1:N a nebo 1:MANY. Nejčastěji se identifikace spojuje s použitím ve vojenských a bezpečnostních aplikacích. Další velký rozvoj zaznamenala nejen identifikace samotná, ale i identifikační metody a

postupy, což bylo způsobeno zejména celkovým vývojem lidstva, světové politiky, moderních technologií - především pak v telekomunikacích a informatice. [1, 2, 3]

Rozdílným význam má pojem verifikace. U verifikace uživatel sdělí systému svoji elektronickou identitu a poté na základě uvedených dat dojde k ověření fyzické identity. Jelikož uživatel uvedl na začátku svoji elektronickou identitu, je jeho záznam vyhledán v databázi, která obsahuje biometrická data. Jestliže je záznam nenalezen anebo neexistuje, je uživatelův přístup automaticky zamítnut. Pokud je ovšem záznam nalezen, tak následuje porovnání dat. Při shodě je výsledkem „Potvrzeno“, popřípadě „ Nepotvrzeno“. Pojem verifikace lze v literatuře také najít jako porovnání 1:1, neboť v průběhu dochází k porovnávání vstupních dat s daty v databázi. [3]

4.1.3 Biometrie

Slovo biometrie vzniklo z řečtiny, při spojení slov „bios“ v překladu život a „metron“ v překladu měřítko. Po doslovném překladu se tedy jedná o jakési „měření života“. Biometrie je charakterizována jako automatizované rozeznávání lidských jedinců podle jejich charakteristických rysů. Mezi výhody biometrie můžeme zařadit: eliminaci pokusů o popření identity, zvýšení bezpečnosti, odrazení útočníků od podvodů atd. Biometrie má i své nevýhody, mezi které lze zařadit: samotný biometrický systém je napadnutelný, nezachovává soukromí atd. [3]

4.1.4 Historie biometrie

Využívání biometrických metod je známo už od pradávna. První zmínka o využití biometrické identifikace osob se datuje od faraonské dynastie Egypta. Podle nalezených písemných dokladů zde byli pěstitelé obilí identifikováni podle jizev v obličeji, barvy pleti, rozměrů a váhy těla. Identifikace rolníků byla vykonávána v centrálních skladech, kde docházelo k vykupování obilí a sloužila k vyplacení mzdy. [1]

Již staří Číňané ve 14. století n. l. využívali otisk prstů jako způsob identifikace. Důkazem jsou kresby na skalních stěnách, které měly podobnou strukturu otisků prstů. Tyto důkazy o vzniku biometrie jsou však považovány za nepřímé. V 19. století našeho letopočtu se našly první přesvědčivé důkazy o využití biometrie. Z uchovaných materiálů je patrné, že se jednalo o anglického guvernéra Williama Jamese Herschela, který v roce 1858 zavedl otisk prstů na ověření identity zaměstnanců pracujících u dráhy. Hlavním důvodem bylo, že většina dělníků neuměla číst ani psát a tak bylo prakticky nemožné, aby se dělníci při převzetí výplaty podepsali. [1, 3]

Dalším významným anglickým vědcem byl Francis Galton. Tento vědec zavedl roku 1880 vědní obor zvaný antropometrie, což můžeme přeložit jako obor zabývající se měření lidských tělesných rozměrů. Galton je dále známý pro prosazování vědního oboru zvaného daktyloskopie, což je nauka o kožních a papilárních liniích na prstech ruky za účelem identifikace a verifikace osob. Pomocí této vědy dokázal určit neměnnost a jedinečnost papilárních linií (reliéfu kůže). Výsledkem bylo zavedení daktyloskopie do policejní praxe. [3, 8]

4.2 Rozdělení biometrický identifikačních systémů

Biometrické identifikační systémy se rozdělují především podle rozpoznávání:

1. Fyzických vlastností (anatomických rysů), do kterých můžeme zařadit otisk prstů, duhovku oka, obličej, sítnici oka, dlaň, geometrii ruky, termogram obličeje, termogram ruky, DNA, tvar ucha atd. Všechny tyto fyzické vlastnosti jsou i s přibývajícím časem neměnné a jedinečné, nejsou tedy lehce ovlivnitelné stářím člověka. [4]
2. Dynamických vlastností (behaviorálních rysů, tedy podle chování), do této skupiny lze zařadit chůzi, hlas, podpis, pohyb rtů, mimiku obličeje atd. Na rozdíl od anatomických rysů jsou behaviorální rysy s přibývajícím časem lépe ovlivnitelné, jako příklad si můžeme uvést úraz či prodělání určitého onemocnění. [4]

4.3 Otisk prstů

Tato kapitola je věnována technologii otisku prstů. Na začátek je uvedeno několik základních informací týkající se historie či reliéfu kůže. Následně jsou popsány jednotlivé druhy snímání a jejich senzory. Ke konci kapitoly jsou uvedeny faktory ovlivňující snímání a bezpečnostní opatření proti zfalšování otisku prstu.

4.3.1 Daktyloskopie

Tato věda je jednou z nejstarších a nejvíce používaných kriminalistických metod za účelem identifikace osob. U daktyloskopie je identifikace osob založena na vzniklých papilárních liniích, které se nachází na různých částech povrchu našeho těla, příkladem je vnitřní strana prstů u ruky, dlaně, chodidla a prsty u nohou. Papilární linii již není možné najít na jiné části lidského těla, než bylo uvedeno. [1]

4.3.2 Daktyloskopie - historie

První doložený doklad o znalosti papilárních linií se objevil v roce 1913 u indiánských kmenů, nacházejících se na místě současného státu Indiana. Tento doklad byl vyryt do kamene a znázorňoval lidskou ruku. [1]

Nalezené archeologické důkazy ukazují, že otisk prstů se pro účel identifikace používal už v Asýrii a Číně, zhruba okolo 6 až 7 tisíc let před Kristem. První spis, který uvádí používání otisků prstů jako způsob identifikace osob, pochází z Číny. Podle uvedeného spisu Číňané nejen že znali otisk prstů, ale dokonce ho i využívali při různých obchodních záležitostech. První doložená vědecká zmínka o otisku prstu na evropském kontinentu sahá až do roku 1686. Objevitelem byl profesor anatomie Marcello Malpighi, který vyučoval na Boloňské universitě. Později byla po profesoru pojmenována kožní vrstva na prstech, která má tloušťku okolo 1,8 mm. Další důležitá osoba, která se často uvádí v učebnicích kriminalistiky ve spojení s oborem daktyloskopie, je Jan Evangelista Purkyně. Roku 1820 se pokouší tento vystudovaný filozof a lékař využít uvolněného místa na patologii v Praze, bohužel bezvýsledně. Proto se rozhodne odejít do Vratislavi, kde od roku 1823 vyučoval. V zahraničí byl Jan Evangelista Purkyně velice uznáván za průkopnický počín v oboru daktyloskopie, který uvedl ve své práci. Jeho přínos byl neodmyslitelný. Nezajímaly ho aplikace, které by se daly využít v praxi, ale spíše daktyloskopie z pohledu fyziologie. Proto můžeme Jana Evangelistu Purkyně spojovat spíše se založením teoretických analýz fyziologických zákonitostí daktyloskopie. Dokázal odlišit až devět hlavních daktyloskopických vzorů, kterými byly:

- Příčné záhyby
- Střední podélný pruh
- Šikmý pruh
- Šikmý záliv
- Mandle
- Spirála
- Elipsa
- Kruh
- Zdvojený vrcholek

Další významnou osobností, jež se podílela na založení daktyloskopie, byl anglický úředník Wiliam James Herschel. Od roku 1853 tento úředník pracoval v bengálské

provincii. Tam si všiml, že čínští úředníci používají k potvrzení obchodních podmínek otisk palce. [1]

4.3.3 Daktyloskopie - anatomie prstů

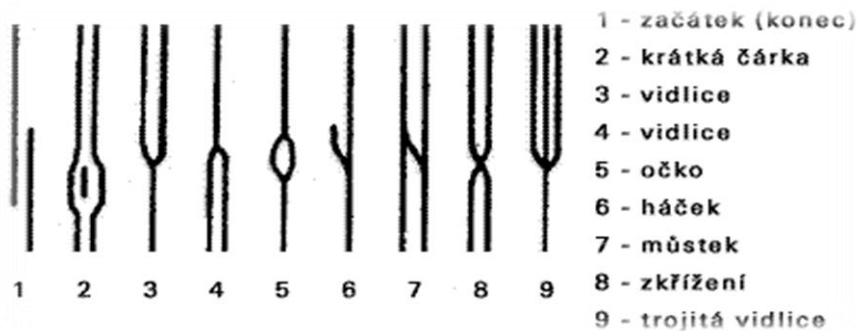
Jedná se zde o prostorovou kresbu, která je unikátní vyvýšeninou povrchu části lidské pokožky. Tuto vyvýšeninu lze nazvat papilární linií, která může dosahovat výšky 0,1-0,4 mm a šířky 0,2-0,7 mm (viz obr. 2). Tyto uvedené vyvýšeniny lidské pokožky tvoří souhrnný daktyloskopický obrazec, který slouží k identifikaci osob. V zárodečné vrstvě kůže se nachází důležité informace o struktuře těchto útvarů, které nelze bez použití většího násilí odstranit. Tyto informace dokážou odolat jak mechanickému, tak i chemickému poškození například poleptání. Po určitém čase, který je potřeba na zhojení, dochází k regeneraci kresby. V případě dojde-li k trvalému poškození zárodečné vrstvy a papilárních linií, je daktyloskopická identifikace znemožněna. [1, 6]



Obr. 2: Schéma stavby kůže s papilárními liniemi [5]

1 – pokožka, 2 – škára, a – rohová vrstva, b – zárodečná vrstva, c – póry,
d – vývody potních žláz, e – potní žlázy, f – cévy, g – podkožní tuk, h – svalstvo

S přibývajícím věkem dochází k odumírání buněk pokožky, ale tyto odumřelé buňky jsou neustále nahrazovány novými, proto nedochází ke změně charakteristických bodů otisku tzv. (markantů). Markanty jsou charakteristické body, které vznikají mezi různými prostorovými vztahy a jednotlivými papilárními liniemi, kam můžeme zařadit: křížení, ukončení, hák atd. Rozdělují se podle tvaru, umístění a vzdálenosti. Je prakticky nemožné, aby dva lidé měli totožný otisk prstů, důvodem je velký počet typů markantů a jejich množství v řádech desítek na každém prstu. Základní typy znaků jsou znázorněny na obrázku 3. [6, 7]



Obr. 3: Základní typy rozložení markantů v obrazech [7]

Uvedené zákonitosti byly prověřeny některými kriminalisty a to často velmi drastickým způsobem, například prof. Locard a Witkowski na sobě provedli několik pokusů. Tyto pokusy spočívaly v tom, že si nechali popálit konečky prstů vařící vodou nebo rozpáleným olejem. Po provedení pokusů si zhotovovali každý den otisk popáleného prstu a zjišťovali, jestli po zahojení prstu bude papilární linie shodná s původním tvarem. Výsledkem bylo, že následná papilární linie byla naprosto totožná s původní. [1]

4.3.4 Snímání otisků prstu

V biometrických systémech se používají k rozpoznání otisků prstů snímače, u kterých jsou důležité některé parametry jako například snímací plocha (obvykle je okolo 0,7 cm x 0,7 cm), rozlišení (pohybuje se okolo 500 dpi). Za možnou výjimku můžeme považovat daktyloskopické karty, kde se prst otiskne na daktyloskopickou kartu. Data z této karty jsou následně načtena do počítače pomocí skeneru. [3]

Snímání otisků prstů lze rozdělit do dvou základních skupin podle časové posloupnosti a technologičnosti snímání:

- klasické snímání daktyloskopických stop
- bezprostřední snímání daktyloskopických otisků

Klasické snímání daktyloskopických stop je převážně používáno v bezpečnostních složkách a to zejména u policie (v oddělení kriminalistiky). S vývojem prvních počítačů a počítačových aplikací se začala objevovat otázka převodu manuálních daktyloskopických archivních fondů do elektronické podoby. Tento problém byl vyřešen na základě uplatnění klasických optických skenerů (obrazových snímačů), které umožnily přenos obrazů do digitální podoby. [1]

Bezprostřední snímání daktyloskopických otisků je dnes převážně využito pro aplikace komerčně-bezpečnostní. Osoba, která nárokuje vstup do určitého areálu, položí prst na snímací senzor, dojde k sejmutí otisku a na základě toho následuje verifikace. Podobným

způsobem dnes může policista podezřelé osobě interaktivně sejmout otisk prstu. Poté na základě bezdrátové komunikace dojde k předání tohoto otisku na centrální policejní evidenci ke kontrole. V budoucnu se dá očekávat, že bezprostřední snímání bude mít čím dál větší uplatnění v aplikacích policejně-soudního charakteru, kde prozatím převažuje klasické snímání pomocí například tiskařské černě. Klasické snímání může probíhat následovně: místo, ze kterého chceme odebrat daktyloskopický otisk (prst nebo dlaň), se potřě černou barvou a otiskne se na klasickou daktyloskopickou kartu, z té se pak naskenuje pomocí skeneru do počítače. Zmíněný postup je v civilní sféře naprosto nedostatečný, jak z důvodu nedostatečné výkonnosti a pracnosti, tak i z hlediska psychologického a hygienického. [1, 3]

4.3.5 Senzory na snímání otisku prstu

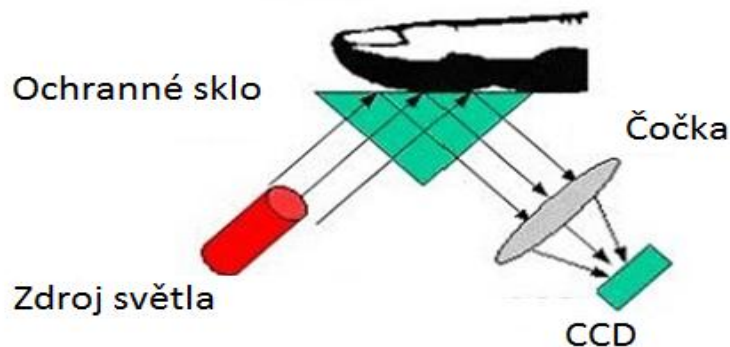
Senzory na snímání povrchu lidské tkáně se rozdělují na:

- **kontaktní**
- **bezkontaktní**

Do skupiny kontaktních senzorů zahrnujeme snímání otisku prstu na základě fyzikálních způsobů. Do této skupiny senzorů je možné zařadit jak starší technologie, tak i technologie novější. Kontaktní senzory se rozdělují na :

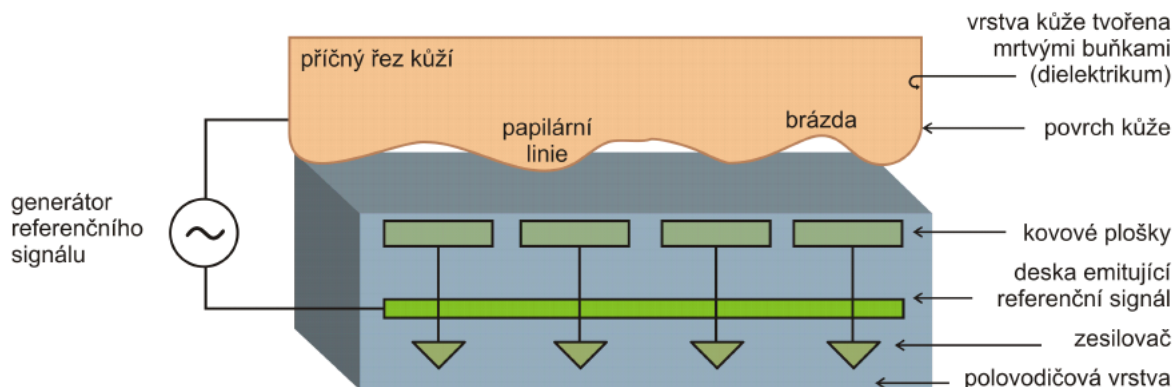
1. Optické
2. Elektronické
3. Opto-elektronické
4. Kapacitní
5. Tlakové
6. Teplotní

1. Optické senzory - první použití se datuje okolo 70. let. Fungují na principu laserového paprsku, který zespoda osvětluje povrch prstu, jenž je položen na průhledné desce senzoru (viz obr. 4). Světelný tok, který se odráží, je snímán pomocí kamery CCD (charge coupled device). Nevýhodou je, že na odraz má vliv pot a špína mezi sklem a kůží. [1, 3]



Obr. 4: Schéma optického senzoru [9]

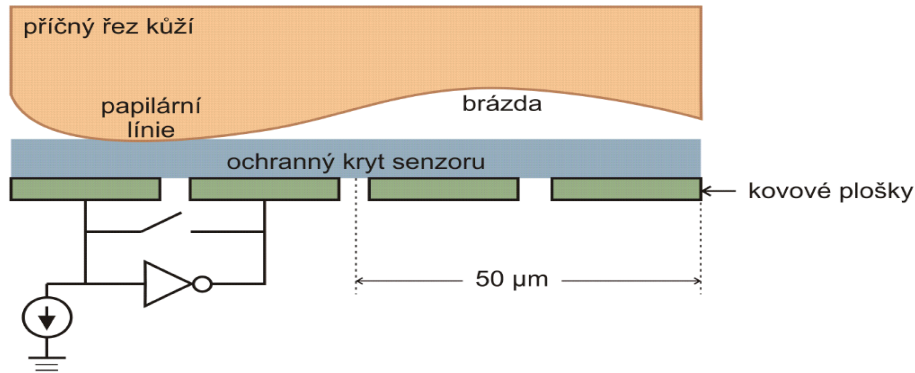
2. Elektronické senzory - jejich princip je závislý na vzniku elektrického pole, které se vytváří mezi dvěma paralelními a zároveň elektricky nabitými deskami. Jako horní deska elektronického senzoru se používá povrch kůže, přes kterou prochází řídicí elektrický signál (viz obr 5). V okamžiku kdy se prst dotkne vodivého prstence, který se nachází kolem senzoru, uzavře se elektrický obvod. Elektrické pole poté zachycuje referenční signál, který je vysílán z deskových ploch nacházejících se na základní desce. Následně dojde k zesílení signálu a vytvoření elektronického obrazu. [1]



Obr. 5: schéma elektronického senzoru [10]

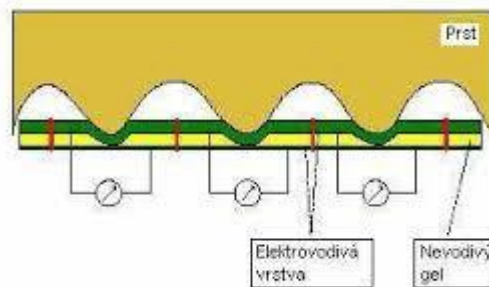
3. Opto-elektronické senzory - jejich funkce a princip je založen na předávání světelných impulsů (fotodiod) na elektrický impuls. Následně dochází k vytvoření elektronického obrazu. [1]

4. Kapacitní senzory – principem je zde snímání otisku prstu na základě měření elektrické kapacity (viz obr. 6). Při dotyku kůže se změní napětí a kapacitní úbytky u jednotlivých vodivých ploch, které jsou od sebe izolovány. [1, 3]



Obr. 6: schéma kapacitní senzoru [10]

5. Tlakové senzory – fungují na principu reakce tlaku na papilární linii. Senzor je složen ze tří vrstev: ze dvou vodivých a jedné nevodivé (nevodivý gel). Nevodivá vrstva se nachází mezi vodivými (viz obr. 7). Vyvolaný vzniklý tlak na papilární linii se následně transformuje do elektrického signálu a dochází k vytvoření daktyloskopického obrazu. Výhodou tlakových senzorů je, že nejsou ovlivněny prostředím. [1, 3]



Obr. 7: schéma tlakového senzoru [11]

6. Teplotní senzory – základním principem je reakce na teplotní změny mezi papilárními liniemi. Zejména z tohoto důvodu je prakticky nemožné podstrčit napodobený otisk například na papíru nebo se pokusit o snímání otisku neživé osoby. [1]

Bezkontaktní senzory

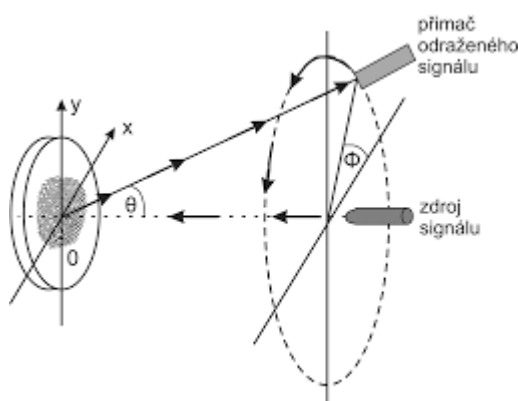
Do skupiny bezkontaktních senzorů můžeme zařadit:

1. Optické
2. Ultrazvukové

1. Optické senzory - princip bezdotykových optických senzorů je založen na světelném paprsku. Tento paprsek osvětluje prst ve vzdálenosti 30 až 50 mm od senzoru a dochází tím i ke snímání daktyloskopického otisku. Tento způsob má oproti optickému

kontaktnímu senzoru několik výhod a to zejména: eliminace znečištění snímacího senzoru, nedojde k lpění papilárních linií na povrchu snímače senzorů atd. [1, 3]

2. Ultrazvukové senzory - principem je odrazení krátkovlnných svazků od povrchu kůže (viz obr. 8). Tento princip můžeme přirovnat k činnosti sonaru. Funkce snímání je založena na vysílání zvukových vln (až několik megahertz) směrem ke snímanému otisku a následně dochází k vyhodnocení odražených zvukových vln v přijímači. Uvedený přijímač můžeme nalézt v rovině kolmé na vysílaný paprsek. Vysílaný signál je charakteristický krátkými impulzy, které na povrchu prstu vytváří vzájemné působení zvukových vln s papilárními liniemi. Na rozdíl od optického senzoru je obraz otisku prstu trojrozměrný s vysokým kontrastem a vysokou přesností 0.1 mm. Jelikož ultrazvukové vlny se dokážou dostat až pod povrch pokožky, dokáže tato technologie rozpoznat daktyloskopický podvrh, který je zpravidla dvourozměrný. [1, 3]



Obr. 8: Schéma ultrazvukového senzoru [1]

4.3.6 Faktory ovlivňující snímání otisků prstů

Správnost konečného vyhodnocení se odvíjí od kvality nasnímaného obrazu otisku prstu. Při špatné kvalitě nasnímaného obrazu se zvyšuje pravděpodobnost případné chyby v identifikaci osoby. Na zhoršení kvality nasnímaného obrazu má vliv několik faktorů. Patří sem například: dermatologické faktory, palmární hyperhidróza, atmosférické vlivy a další. [12]

1. Dermatologické faktory

Do dermatologických faktorů zahrnujeme onemocnění kůže, které výrazně snižuje kvalitu nasnímaného obrazu otisku prstů. U většiny případů se jedná o ekzém či lupénku, ale samozřejmě existují i jiné druhy onemocnění kůže. Pro samotný proces snímání otisků prstů jsou důležitá některá onemocnění, jež zasahují části lidského těla, jako jsou dlaně

nebo konečky prstů. Tato onemocnění se dále rozdělují do tří základních kategorií s ohledem na typ použitého senzoru, ale i na konkrétní vliv onemocnění:

- a) Histopatologické změny v oblasti epidermis a dermis - což znamená změny probíhající ve svrchní části kůže (epidermis) a škůry (dermis).
- b) Změny zbarvení kůže - u tohoto onemocnění, dochází pouze ke změně barvy kůže. Proto je možné tímto druhem onemocnění ovlivnit pouze technologii optickou.
- c) histopatologické změny v oblasti dermoepidermální junkce, kde probíhá kódování tvaru papilárních linií

V případě kategorie a), c) je většinou nemožné rozpoznat původní průběh papilárních linií. Toto zjištění může způsobit značné problémy při procesu rozhodování. Uvedené problémy se mohou projevit skoro u všech senzorů a můžou znamenat selhání přístroje. Příkladem těchto senzorů jsou: optické, elektrooptické, termální, tlakové či kapacitní. [13]

Konkrétní druhy onemocnění:

V této podkapitole je popsáno několik onemocnění, které můžou vést k chybné identifikaci uživatele.

- a) Histopatologické změny v oblasti epidermis a dermis

1) Ekzém ruky

Jedná se o neinfekční zánětlivé onemocnění, které má nejčastější výskyt v porovnání s ostatními kožními nemocemi. Vyznačuje se velmi suchou a popraskanou kůží, která je nejčastěji vyvolána alergickou reakcí. Dochází ke znemožnění případné identifikace na základě otisků prstů (viz obr. 9). Uvádí se, že většině případů trpící ekzémem jsou zaměstnanci pracující v průmyslu. [13]



Obr. 9: Ukázka ekzému ruky [13]

2) Tuberkulóza kůže

Je způsobena ve většině případů patogenní bakterií z rodu *Mycobacterium*. V dnešní době dochází k zvyšování počtu nemocných a to převážně u rozvojových zemí v oblastech, kde mají pacienti oslabený imunitní systém z důvodu drogové závislosti nebo jsou nakaženi smrtelnou nemocí AIDS. [13]

3) Tinea manuum

Jedná se o plísňové onemocnění, které je vyvoláno houbou druhu trichophyton. Na povrchu kůže se onemocnění projevuje jako oválné zarudlé ložisko. Okraj ložiska je mírně vyvýšené a projevuje se buď neštovičkami či šupinkami. U ruky se často uvádí toto onemocnění jako sekundární, kterému předchází postižení nohou (tinea pedis). Uvádí se, že plísňové onemocnění nohou - tinea pedis je nakaženo 10-30% populace v Evropě, ale i v USA. [13]

b) Změny zbarvení kůže

1) Nemoc nohou, rukou a úst - anglická zkratka HFMD

Tento druh onemocnění postihuje převážně malé děti, ale jsou známi i případy, kdy se tato nemoc objevila i u dospělého člověka. Jedná se o bezpříznakovou nemoc, která se projevuje začervenalými skvrnami na nohách a rukách. Uvedené skvrny se následně mění na malé šedé puchýřky, které jsou ohraničeny červeným okrajem (viz obr. 10). [13]



Obr. 10: Nemoc HFMD (nohou, rukou) [13]

2) Svrab

Spadá do infekčního onemocnění, které je způsobuje nepříjemné svědění a kožní změny v podobě skvrn. Tento druh nemoci vyvolává parazit zákožky svrabové. Vzniká v prostředí s velkým počtem lidí a zároveň s menší úrovní hygienických podmínek, například lůžka v sociálních zařízeních atd. [13]

3) *Spála*

Můžeme ji zahrnout do infekčního onemocnění, které se vyznačuje horečkou či angínou. Je způsobeno patogenními bakteriemi, které produkují toxin. Tento toxin se projeví kožním onemocněním, které vyvolává poškozování jemných cév vedoucí k prosakování krve do kůže. Onemocnění je ve většině případů ukončeno odlupováním kůže, především na dlaních ruky. Popsanou nemocí trpí převážně děti a to ve věku 3-10 let. [13]

c) histopatologické změny v oblasti dermoepidermální junkce

1) *Lupénka*

V tomto případě se jedná o chronické kožní onemocnění, které se z hlediska výskytu řadí mezi častější kožní choroby. Je dokázáno, že nejčastěji se vyskytuje u bílé rasy, poté u asijské a nakonec u africké populace. Průběh nemoci je ve většině případů nevyzpytatelný. Vzniká v důsledku infekce či stresu. Ve většině případů postihuje kůži nad lokty, kolena, ale může se objevit i na nehtech, dlaních a dalších místech lidské pokožky. Na obr. 11 je znázorněn průběh nemoci, projevující se stříbřitě bílými šupinami, jež jsou utvořeny na dlaních a prstech ruky. Při odstranění bílých šupin dochází k odkrytí zaníceného či zarudlého ložiska. [13]



Obr. 11: lupénka na ruce [13]

2) *Verruca vulgarit*

Je označována jako přenosné virové onemocnění, které má vysoký výskyt v celé Evropě. Toto virové onemocnění se nejčastěji objevuje okolo prstů u nohou. Je tvořeno bradavicemi, které jsou ohraničeny tuhými vyvýšenými hrbolky, převážně s drsným povrchem. [12]

Samozřejmě existuje více druhů kožního onemocnění, které lze zařadit do dermatologických faktorů. Já jsem si vybral několik z nich, které měli danou problematiku lépe vystihnout. [13]

2. Palmární hyperhidróza

Jako další důležitý faktor ovlivňující snímání otisků prstů je nadměrné pocení rukou, které se v odborné literatuře uvádí pod pojmem palmární hyperhidróza. Je dokázáno, že každý člověk má po celém těle potní žlázy, jež slouží k vylučování potu. Vylučovaný pot ulpívá mezi papilárními liniemi a tím pádem zhoršuje podmínky při snímání otisku prstů. Kvůli nahromaděnému potu na sklíčku snímací plochy, může nastat problém s identifikací a s následným vyhodnocením uživatele. Samozřejmě nesmíme zapomenout, že vylučovaný pot neobsahuje pouze vodu, ale i stopové prvky (chemické prvky) a soli. Tyto stopové prvky se při snímání otisku prstů zanechávají na snímací ploše a mohou způsobit chybné vyhodnocení. Jako dost pravděpodobné se může jevit fakt, že na dané snímací zařízení by stačilo jen dýchnout, došlo by k vytvoření kondenzace vody a uvolnění iontů soli, které by zviditelnily otisk prstů, a mohlo by dojít ke špatnému rozpoznání neoprávněné osoby. U většiny snímačů se to jeví jako nereálné, protože mají zabudované bezpečnostní metody založené na detekci živosti, které jsou popsány v následující podkapitole. [12]

3. Atmosférické faktory

Snímače na otisky prstů mohou být vystavovány různým faktorům, které dokážou způsobit chybu při procesu rozhodování, zda umožnit uživateli přístup či nikoliv. Většina těchto faktorů úzce souvisí s prostředím. Při nevhodném umístění snímače na otisk prstů, dochází k nárůstu negativního působení atmosférických faktorů. Tyto faktory jsou: prašnost, vlhkost, teplota, srážky atd. Všechny uvedené faktory mohou mít vliv na špatné vyhodnocení, tedy na chybnou verifikaci. [12]

4. Pracovní faktory

Do těchto lidských faktorů se řadí: ovlivnění identifikace otisku prstů na základě vykonávaného zaměstnávání (práce). Druh vykonávaného zaměstnání může negativně ovlivnit rozpoznávání otisku prstů. Proto si musíme uvědomit, že snímače na otisky prstů není vhodné aplikovat do firem, kde zaměstnanci vykonávají manuální („špinavou“) práci. Takové prostředí můžeme nalézt například ve strojírenské hale, kde se svařuje, brousí atd. Také nelze počítat s tím, že pracovník pracující manuálně si neušpiní, případně nepořeže ruce. Všechny tyto aspekty mají vliv na identifikaci oprávněné osoby. Proto se v praxi upřednostňuje využívání přístupového systému, zakládajícího se na otisku prstů, převážně

tam, kde je prakticky nemožné, aby došlo k poškození papilárních linií. Tyto podmínky splňují zaměstnání, která jsou převážně fyzicky nenáročná. Ale i v těchto zaměstnání může dojít k zamítnutí vstupu oprávněného uživatele, příčinou může být kosmetika či různé mastičky, které mají zkrášlující či regenerační účinky. U přehnaně mastné pokožky může nastat problém při samotné verifikaci oprávněné osoby, což vede k zamítnutí přístupu. [12]

5. Chyby v procesu snímání

Jedná se převážně o chyby ze strany uživatele, které mohou být způsobeny například špatnou manipulací se čtečkou. Nesmíme také zapomenout na důležitost úhlu mezi přiloženým prstem a čtečkou. V případě použití malého snímače se může stát, že část prstu se vůbec nedotkne snímací plochy, což může vést k chybné identifikaci. Další častou chybou je, že uživatel silně přitlačí prst na snímací plochu, což může zapříčinit spojení papilárních linií. Většinu uvedených chyb lze potlačit při použití vhodného algoritmu. Moderní doba nám však přináší mnoho postupů, které dokážou i poškozený či špatně sejmutý otisk prstu vyhodnotit s velmi dobrými výsledky. Ale i přes to všechno si musíme uvědomit, že každá případná chyba od uživatele může vést k chybné identifikaci. [12]

4.3.7 Detekce živosti

Představuje velmi podstatnou roli u otisků prstů. V dnešní době není obtížné získat otisk prstu, za účelem zneužití biometrické vlastnosti určité osoby. Z většiny materiálů, kterých se dotkneme je možnost získat daný otisk prstu. K získání otisku prstu můžeme využít speciální napařovací (naprašovací) techniky či daktyloskopického prášku. Těmito metodami docílíme zviditelnění otisku prstu i na málo očekávaných materiálech. Samotná výroba falešného otisku prstu není nic složitého, je možné ji realizovat i v domácích podmínkách. Z uvedených důvodů je proto nezbytné zabránit případnému zneužití. [3, 14]

Existuje spousta metod na detekci živosti otisku prstů, například:

1. Detekce potu
2. Spektroskopické vlastnosti
3. Ultrazvuková technologie
4. Fyzické vlastnosti

1. Detekce potu

Tato metoda je založená na detekování aktivity potních pórů. Provádí se to následujícím postupem: prst se přitiskne na plochu snímače, tam se ponechá zhruba 5 sekund. Po uplynutí této doby dochází k výronu kapiček potu z potních pórů a zároveň dochází ke

ztmavnutí barvy v papilárních liniích. Nenastane-li uvedený proces, snímač to vyhodnotí jako přístup neoprávněného uživatele. [3]

2. Spektroskopické vlastnosti

Základní podstata této metody je snímat a zpracovávat vlastnosti prstu i pod povrchem lidské kůže. Dochází k ozáření snímaného povrchu prstu světelnými zdroji, s různými vlnovými délkami, které se odráží a částečně pohlcují. [3]

3. Ultrazvuková technologie

Tato technologie funguje na stejném principu jako ultrazvukové senzory. A to na pronikání ultrazvukových vln až pod povrch kůže, kde snadno rozpoznají např. nalepené falzifikáty otisku prstu. [3]

4. Fyzické vlastnosti

Fyzické vlastnosti jsou uvedeny jako jedny z nejjednodušších metod k určení detekce živosti otisku prstu. Do těchto vlastností můžeme zařadit:

- Teplotu
- Teplý a studený podnět
- Změny při přitlaku
- Elektrické vlastnosti kůže
- Srdeční aktivita – puls
- Oxidace krve

Teplota

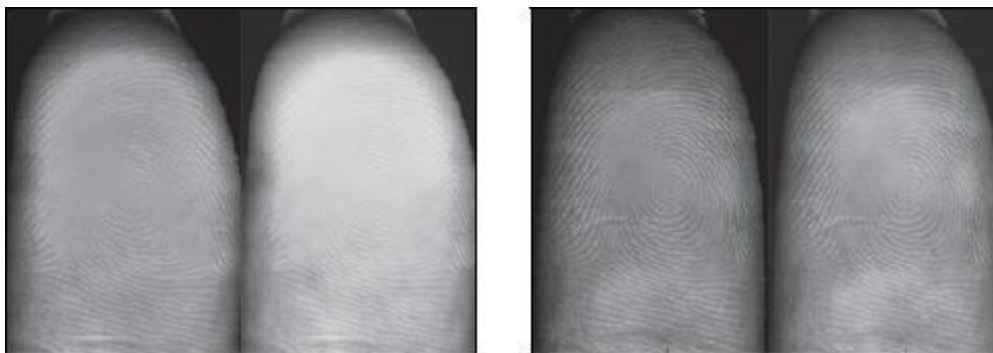
Bylo zjištěno, že teplota lidského prstu se v závislosti na ročním období, fyzickém a psychickém stavu pohybuje mezi 25 °C až 37 °C. Ke změnám teploty dochází i při samotném snímání otisku prstu v závislosti na každém jedinci zvlášť, proto je tento princip z hlediska bezpečnosti nevyhovující pro detekci živosti. [3]

Teplý a studený podnět

Princip je následující: Uživatel položí prst na plošku, kde dochází buď ke snížení teploty či zvýšení teploty. Následně uživatel vyhodnotí, jestli cítí chlad nebo teplo a podle toho zmáčkne červené či modré tlačítko. Tento způsob detekce živosti nepatří mezi nejvhodnější už jen kvůli tomu, že útočník má 50% šanci na uhodnutí. [3]

Změny při přitlaku

Princip této metody je založen na přitlačování prstu na plochu senzoru. Čím větší přitlačnou silou přitlačujeme prst na plochu senzoru, tím dochází jednak ke změně tloušťky papilárních linií, ale také ke změně barvy pokožky z červené na bílou (viz obr. 12). [3]



Obr. 12: Vzniklá reakce pokožky prstu při přitlaku, zblednutí pravého prstu na obrázku (vlevo), falešné prsty na obrázku (vpravo) [15]

Elektrické vlastnosti kůže

Princip této metody je založen na vodivé vlastnosti kůže, u které můžeme změřit odpor či vodivost. Na základě provedených pokusů bylo prokázáno, že vodivost (převrácená hodnota elektrického odporu) kůže může dosahovat až 3 M Ω . V závislosti působení okolního prostředí, psychického či fyzického stavu uživatele dochází ke změně odporu kůže. Tato metoda je pro detekci živosti nedostačující z důvodu velkého počtu jedinců, kteří mají podobný nebo dokonce stejný odpor kůže. [3]

Srdeční aktivita – puls

Principem této metody spadající do detekce živosti je měření pulsu (srdeční aktivity). Problémem ovšem je, že každý jedinec má odlišný puls v závislosti na fyzické a psychické aktivitě v průběhu snímání otisku prstu. Není složité odhalit puls nebo krevní tok, nýbrž definovat správný rozsah senzoru, aby se zabránilo případnému zneužití. Existuje několik způsobů na detekování pulsu a srdeční aktivity. Jedním z možných příkladů je využití změny objemu (tepny, žíly) způsobované pumpováním srdce. Tyto změny (zvětšování a zmenšování) objemu jsou pro lidské oko téměř nepostřehnutelné, ale to neplatí pro přístroje. Uvedené změny objemu můžeme detekovat pomocí laserového senzoru, který dokáže při srdeční aktivitě zaznamenat nepatrné pohyby pokožky. Další možným příkladem k detekování pulsu a srdeční aktivity je využití optické vlastnosti pokožky (např. polopropustnost pokožky na světlo atd.). [3, 15]

Oxidace krve

V našem těle koluje buď okysličená či neokysličená krev. K detekování okysličené či neokysličené krve nám slouží infračervené osvětlení, jež se odlišuje pouze použitou vlnovou délkou a to buď 660 nm či 940 nm. Tato technologie dokáže rozeznat amputované prsty, které nedokážou reagovat na oba typy osvětlení. [3]

4.3.8 Zpracování otisku prstů

Zpracování otisku prstů pomocí počítače lze rozdělit do tří základních etap:

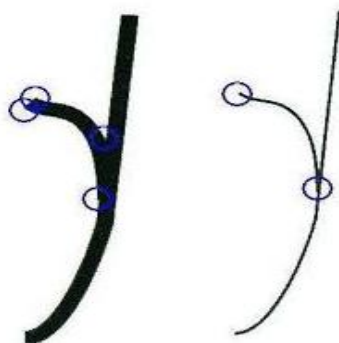
- Předzpracování obrazu
- Extrakce markantů
- Porovnání otisků

Předzpracování obrazu otisku prstů

Jako první krok se provede nasnímaní vstupního obrazu. Tento nasnímaný obraz otisku prstu se získá ze snímacího zařízení (optické, ultrazvukové atd.). Kvalita nasnímaného obrazu je závislá nejen na kvalitě snímacího zařízení, ale i na vlivu prostředí. V praxi se kvalita otisku prstu liší z důvodu vysokého procenta šumu. Uvedený pojem šum se dá vysvětlit, jako nadbytečné obrazové prvky (nečitelné oblasti, jizvy atd.). [1, 3]

Základní podstatou počítačového předzpracování obrazu otisku prstu je zvýraznit kresbu papilárních linií a zároveň docílit odstranění nežádoucích šumů. Hlavním účelem je zvýšit kontrast v plastické kresbě otisku prstu, což se v praxi provádí nejrůznějšími filtry (např. adaptivními filtry). Uvedené adaptivní filtry, nejen že zvýrazní všechny obrazové body, ale odstraní i nežádoucí šum. Po odstranění šumu dochází k nalezení papilárních linií, které mají v obraze odlišné odstíny. Tyto odlišné odstíny jsou převedeny do jednobarevného odstínu- *binarizace*. [1, 3]

Konečným krokem předzpracování obrazu otisku prstu je tzv. *skeletizace*. Tento pojem lze vysvětlit jako ztenčování papilárních linií (čar) na tloušťku 1 bodu (jednoho obrazového pixelu). K uvedenému ztenčování se využívá jednoduchý algoritmus, který má za úkol zredukovat počet bodů v obraze na danou tloušťku 1 bodu (pixelu). Zároveň dochází k odstranění problému s duplicitou bodů, které jsou způsobeny rozvětvením či ukončením tlustých čar (viz obr. 13). [1, 3]



Obr. 13: Vlevo je obrázek před skeletizací a vpravo po ní [1]

Extrakce markantů

Důležitým úkolem při počítačovém zpracování otisků prstů je nalezení tzv. markantů. K tomuto účelu se používá několik metod například metoda detekce papilárních linií podle Honga a další. Vesměs dochází k detekci dvou základních typů markantů a to: začátek a konec papilární linie a vidlice. Zbývající typy markantů jsou odvozeny od základních, nebo mohou vzniknout jejich kombinací (viz obr. 3). Převážná část aplikací využívá uvedené základní typy markantů pro vytvoření šablony (např. FBI). [1, 3]

Prostřednictvím příslušných extrakčních algoritmů je třeba vyloučit veškeré falešné markanty, které nemůžeme zařadit do základních typů. Do vyloučení zahrnujeme přímočaré jizvy, jež kříží kresbu papilárních linií a hraniční (koncové) body obrazu, které se sice tváří jako krajní body v papilárních liniích, ale vymezují pouze vnější hranici otisku prstu. Následně se přidělí každému nalezenému a reálnému markantu jeho orientace (směr), typ (začátek a konec linie) a souřadnici x , y . Nalezené markanty poté vytváří tzv. šablonu. Dílčí body markantů se následně spojí (např. prostřednictvím úseček či polygonů) a tím vzniká vazba mezi jednotlivými markanty (viz obr. 14). [1]



Obr. 14: Vzniklé šablony z markantních bodů [1]

Porovnání otisků

Vzniklá šablona se následně porovnává s již uloženou šablonou v počítači. Ukládání originálních obrazů otisků prstů se převážně používá u policejné - soudních aplikací, kde dochází k využívání tohoto otisku pro účely hlavního důkazního materiálu. Ten může být vyžadován soudem. Opakem jsou bezpečnostně - komerční aplikace, kde je nežádoucí ukládání originálních otisků prstů za účelem ochrany soukromí občanů a znemožnění odcizení nebo zneužití biometrických dat. Samotný proces porovnání obecně funguje na principu ztotožňování vytvořené šablony otisku prstu s uloženými šablonami v databázi. Dochází k porovnání dílčích markantů a těch, které s nimi sousedí. Může se stát, že dříve nasnímaná a uložená šablona má jiné sousední markanty, než aktuálně nasnímaná a uložená šablona z totožného prstu. Důvodem možného zkreslení v obraze je nejen elasticita lidské kůže, ale také působení nežádoucího šumu. Jednotlivě porovnané šablony jsou většinou vyjádřeny graficky (viz obr. 14). K ukončení porovnání je potřeba nalézt dostatečnou shodu počtu markantů nebo vyčerpát všechny možné kombinace těchto markantů. [1, 16]

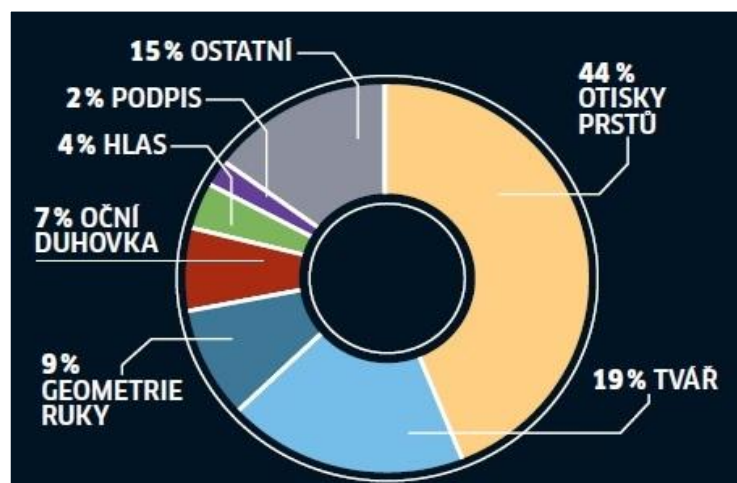
Konečné vyhodnocení

Při porovnání dvou obrazů otisků prstů je výsledkem číslo, které se pohybuje v rozmezí 0 až 1 nebo 10 až 100, případně kterýkoliv jiný celočíselný interval. Čím vyšší hodnota čísla ve zvoleném intervalu, tím vyšší jistota porovnání. Pakliže nastane případ, kdy je výsledek vyšší než předem stanovená tzv. prahová hodnota (určí se experimentálně), mluvíme o shodě otisku. Nastane-li opačný případ, výsledek je menší než prahová hodnota, otisky se neshodují. Jediný parametr, který dokáže uživatel ovlivnit je již zmíněná prahová hodnota. K ovlivňování této hodnoty dochází pomocí procedury uživatelského nastavení tzv. zpětné přizpůsobení nebo přizpůsobení předem. [1]

4.3.9 Akceptovatelnost uživatele

Z důvodu velkého rozšíření technologie otisku prstu, s kterou se můžeme setkat i v běžném životě, nedochází k problému při samotné akceptovatelnosti uživateli. Jednotlivé snímače na otisky prstů mohou být integrovány do mobilních telefonů, notebooku či jiných elektronických zařízení. Větší část lidí se otisků prstů bojí z důvodu lehkého získání a následného zfalšování. Proto se do čteček přidávají různé senzory na detekci živosti, které byly vysvětleny v předchozí kapitole. Dalším možným důvodem vysoké rozmachu technologie otisku prstu je jeho využívání v kriminalistice. [3]

Tento odstavec je věnován zastoupení již probrané technologie založené na otisku prstu s ostatními biometrickými systémy, které jsou dostupné na trhu (viz obr. 15). [3]



Obr. 15: Procenta zastoupení technologie otisku prstů na trhu. [3]

Dalším významným faktorem je kvantita informací, které nalezneme v daném otisku prstu. Na uvedeném množství informací je závislá pravděpodobnost shody dvou otisků prstů. Tato shoda se pohybuje v rozmezí od 10^{-7} až 10^{-80} . [3]

4.3.10 Normy týkající se otisku prstů

Ve většině případů se normy spojují do všech biometrik, do kterých můžeme zařadit i otisk prstu. V Následujícím rozdělení byly uvedeny některé základní normy, jež jsou spojovány právě s otisky prstu. Tyto normy týkající se otisku prstu jsou následující:

- ISO/IEC 19794-2: Informační technologie - tato norma zajišťuje umístění a formátování markantů v otisku prstu
- ISO/IEC 19794-4: Informační technologie - udává výměnu a porovnání obrazových dat prstu
- ANSI/INCITS 381-2004: norma udává formát výměny dat, které jsou založeny na obrazu prstu
- ANSI/INCITS 377-2004: udává formát výměny dat, které jsou založeny na vzoru prstu
- ANSI/INCITS 378-2004: formát, který je založen na markantech v prstu
- ANSI/NIST CSL 1-1993: norma je založena na datovém formátu pro výměnu informací o otisku prstů

- ANSI/NIST ITL 1-2000: norma udává formát otisků prstů, obličejů a informací o jizvách či tetování
- IAFIS-IC-0010: norma udává specifikaci elektronického přenosu otisků prstů u FBI
- IAFIS-IC-0110V2: norma, která udává specifikace komprese šedotonových obrázků u otisků prstů, používané u FBI
- CJIS-IC-0020: norma udávající specifikaci rozhraní (pro přenos otisků prstů) WAN, používaná u FBI

Další normy nebo jejich části jsou na ČSN ISO/IEC 19795. Tyto normy se týkají obecně biometrických systémů, ale jsou zde uvedeny i náležitosti, které pojednávají o uvedeném otisku prstu. [3]

5. Praktická část

Praktická část bakalářské práce bude věnována čtyřem čtečkám otisků prstů, které budou popsány a následně porovnány.

5.1 Jednotlivé čtečky

Zvolené čtyři čtečky jsou jednak běžně dostupné na trhu, ale i finančně a uživatelsky přijatelné. Jsou to tyto čtečky:

1. TAC-05 MFF
2. F7
3. Multibio 700
4. IFace 302

1. Čtečka: TAC-05 MFF

Tato čtečka (viz obr. 16) se řadí mezi systémy, které využívají docházkové a přístupové terminály. Tyto terminály jsou rozděleny do čtyř samostatných systémů, které slouží jako identifikace pro vstup do daného areálu nebo budovy. Tyto čtyři samostatné systémy používané k identifikaci jsou: zvolený pin (kód), čipová karta, otisk prstu nebo kombinace otisku prstu a zvoleného kódu. Mezi důležité technické parametry tohoto zařízení můžeme zařadit: rozlišení 500 DPI, vysokou kapacitu záznamů řádově až 100 000, ale i wifi připojení nebo dotykovou obrazovku. Uplatnění nachází většinou u menších firem, kde se předpokládají horší provozní podmínky (např. venkovní umístění). [17, 18]



Obr. 16: Čtečka TAC-05 MFF [18]

2. Čtečka: F7

Je to zařízení, které umožňuje pouze kombinaci dvou bezpečnostních prvků a to: pinu (kódu) a otisku prstu. Tato čtečka otisku prstů (viz obr. 17) se považuje za jednu z mála, jenž má rychlou odezvu (pod 2 sekundy) a zároveň málo míru chybovosti. Samotné zařízení je možné propojit s PC na základě připojení přes sériový port (RS 232) nebo přes protokol TCP/IP (kříženým kabelem). Důležité technické parametry jsou: kapacita otisku prstů až 500 osob, celkový počet záznamů až 30 000, rozlišení displeje 122 x 32. Mezi hlavní použití této čtečky lze zařadit: povolení vstupu do budov (např. škol, hotelů), terminálové zaznamenávání příchoďů a odchodů atd. Je zde použit jeden z nejmodernějších algoritmů. [19]



Obr. 17: Čtečka F7 [19]

3. Čtečka: Multibio 700

U této čtečky (viz obr. 18) je samotná identifikace řešena na základě rozpoznávání rysů obličeje. Do těchto rysů můžeme zahrnout: velikost, tvar a vzdálenost očí, nosu, lícních kostí, úst atd. Z uvedených rysů se následně vytvoří šablona, která slouží jako ověření a určení totožnosti dané osoby. Dále tato čtečka umožňuje identifikaci na základě otisků prstů, pinu (kódu) nebo využitím identifikační karty. Většinou jsou jako výchozí identifikační znaky nastaveny otisky prstů a rozpoznávání na základě rysů obličeje. Zařízení dokáže uložit až 400 tváří, 5000 otisků prstů a 1000 osob, které jsou držiteli identifikačních karet. Je zde také možnost využívání zabudované 3D technologie. Z důvodu používání nového algoritmu je rychlost ověření a určení totožnosti dané osoby menší než 2 sekundy. Čtečku je možno využít i jako venkovní přístupový systém, ke kterému lze připojit: elektrický zámek, alarm, senzory, zvonek atd. [20, 21]



Obr. 18: Čtečka Multibio 700 [20]

4. Čtečka: IFace 302

Slouží jednak k identifikaci docházky, která si nárokuje vstup do areálu či budovy, tak i k přijímání a řízení přístupového terminálu. Identifikace osoby je zaručena pomocí algoritmů, které dokážou ověřit totožnost uživatele do 2 sekund. Čtečka (viz obr. 19) má několik komponentů, které umožňují umístění v nepříznivých podmínkách (např. místa se špatným osvětlením). Tyto komponenty jsou: vysokorychlostní procesor řádově až 630 MHz, infračervená kamera s vysokým rozlišením, která dokáže identifikovat osobu i v tmavých místech. Další významným komponentem je vestavěná baterie, která dokáže při výpadku proudu zajistit chod zařízení na cca 4 hodin při stálém provozu. Samozřejmě nesmí být opomenuto na možnost bezdrátové komunikace pomocí vestavěné Wifi. Zařízení dokáže uložit až 2000 otisků prstů, 10 000 identifikačních karet a 400 tváří. Čtečka se dá použít jak pro venkovní, tak i pro vnitřní účely. Dále může být použita jako: dveřní senzor, elektrický zámek, zvonek, alarm atd. [22, 23]



Obr. 19: Čtečka IFace 302 [22]

5.2 Kritéria porovnání čtyř zvolených čteček

Pro účely této bakalářské práce bude provedeno porovnání podle následujících parametrů: cena, použití atd. (viz tabulka 2)

Parametry porovnání	Čtečky			
	TAC-05 MFF	F7	Multibio 700	IFace 302
Cena (s DPH)	10 515,- Kč	12 800,- Kč	5 300,- Kč	5 800,- Kč
Cena (bez DPH)	8 690 Kč	10 112,- Kč	4187,- Kč	4520,- Kč
Povrch sklíčka	Pogumované Sklo	Sklo	Sklo	Sklo
Rozměry:	Šířka 100 mm Výška 150 mm Hloubka 50 mm	82 mm 180 mm 55 mm	100 mm 275 mm 195 mm	193,6 mm 146,8 mm 111 mm
Materiál	Plast	Plast	Plast	Plast
Identifikace pomocí	Otisk prstů, karta, PIN, kombinace	Otisk prstů, PIN	Otisk prstů, obličej, karta, PIN, kombinace	Otisk prstů, obličej, karta, PIN, kombinace
Čas verifikace	≤ 2 sekundy	≤ 2 sekundy	≤ 2 sekundy	≤ 2 sekundy
Použití	Dovnitř i ven	Dovnitř i ven	Dovnitř i ven	Dovnitř i ven

Tabulka 1: porovnání zvolených čteček

5.3 Multikriteriální analýza

Byla provedena multikriteriální analýza čtyř zvolených kontaktních čteček na otisk prstů. Analýza bude závislá na několika parametrech (viz tabulka 2).

Parametry analýzy	Čtečky			
	TAC-05 MFF	F7	Multibio 700	IFace 302
Cena	3	4	1	2
Design	2	4	3	1
Rozměry	2	1	3	4
Hmotnost	1	2	3	4
Uživatelská přívětivost	1	3	2	2
Krytí IP	1	1	1	1
Kapacita záznamů	1	3	1	1
Obtížnost zadávání do systému	1	2	1	1
Rozlišení otisku	2	3	1	1
Vyhodnocení	5,77	8,61	5,20	5,78

Tabulka 2: multikriteriální analýza [24]

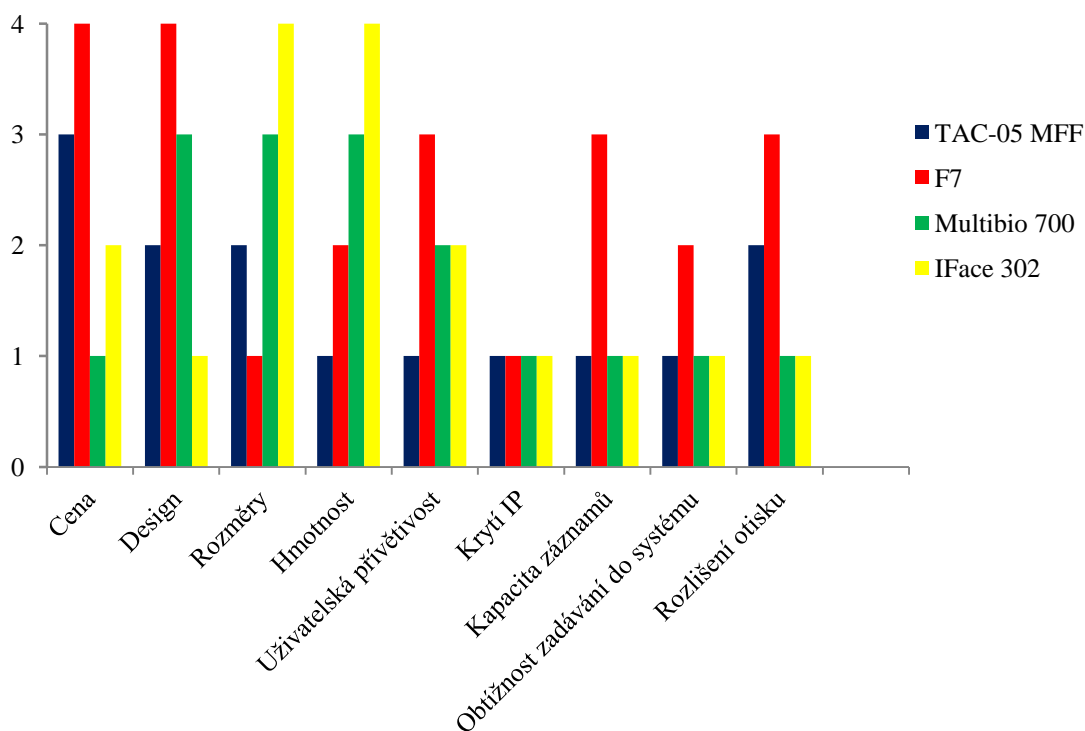
Vysvětlivka k tabulce: Hodnocení bude prováděno podle vhodnosti k jednotlivému parametru analýzy: 1 - vhodné, 2 - středně vhodné, 3 - méně vhodné, 4 - nevhodné

K výpočtu multikriteriální analýzy bylo využito maticové funkce, která nejlepší variantě přiřadila číslo 1 a nejhorší variantě číslo 4. Celkové vyhodnocení bylo provedeno jako součet jednotlivých čísel děleno pořadím jednotlivých parametrů. [24]

6. Zhodnocení výsledků

Z tabulky 2 je patrné, že nejvhodnější čtečkou podle zvolených parametrů analýzy je čtečka Multibio 700, která má nejnižší číslo v celkovém hodnocení. Naopak nejhorší je v tomto porovnání čtečka F7. Pro lepší přehlednost jsem k tabulce 2 vytvořil graf 1, kde jsou graficky znázorněny jednotlivé parametry analýzy, které se nachází na vodorovné ose grafu a jejich vhodnost - svislá osa grafu.

Z pohledu uživatele jsou důležité některé parametry, které rozhodují o budoucím pořízení vybrané čtečky. Tyto parametry jsou uvedeny převážně v tabulce 2. Mezi ně můžeme zařadit například cenu, uživatelskou přívětivost a obtížnost zadávání do systému. Jak je patrné z tabulky 2, je v těchto ohledech nejvhodnější čtečka Multibio 700. Důvodem není jenom nejnižší cena, ale i jednoduché zadávání do systému či dobrá uživatelská přívětivost. Naopak jako nejnevhodnější zařízení ze čtyř zvolených čteček je čtečka F7, která má nejvyšší pořizovací cenu a zároveň špatnou uživatelskou přívětivost. Všechny parametry, zvolené k porovnání či k multikriteriální analýze, byly zvoleny podle dostupných informací.



Graf 1: grafické znázornění tabulky 2 ve výsledcích

7. Závěr

Otisky prstů se v dnešní době řadí mezi nejpoužívanější biometrické technologie sloužící k identifikaci jednotlivých uživatelů. Nejvýznamnější faktory, které čím dál více ovlivňují prosazení této technologie, jsou zejména dobrá akceptovatelnost uživateli, spolehlivost či vyspělost systému. Otisk prstů může sloužit nejen jako identifikace u komerčně bezpečnostních aplikací, ale i jako hlavní důkazní materiál u policejně soudních aplikací. Velký rozmach zaznamenaly snímače na otisky prstů, které mají malou spotřebu elektrické energie a nachází svoje uplatnění mimo jiné u notebooků. Avšak u většiny notebooků, které mají integrovanou čtečku otisků prstů, se jedná převážně o ozdobu, kterou nelze zařadit do funkčního zabezpečovacího prvku.

Záměrem této práce bylo popsat a zhodnotit biometrický systém, využívající pro identifikaci uživatele otisk prstů. Hlavním cílem teoretické části této práce bylo detailní popsání a vymezení kapitol či podkapitol, které se zabývaly jak otiskem prstu, tak i samotným průběhem identifikace. Při psaní bylo postupováno podle nastudované odborné literatury.

V závěrečné části bylo provedeno porovnání zvolených čteček na otisk prstů prostřednictvím multikriteriální analýzy. Parametry hodnocení byly zvoleny technické i ekonomické.

S ohledem na budoucnost tato technologie nejspíše nalezne uplatnění v mnoha oblastech (například v bankovníctví). Další možnost využití této technologie je v přísně chráněných budovách, kde je cílem co nejvyšší bezpečnost. V neposlední řadě je snaha rozšířit tuto technologii i do mobilních zařízení. První mobilní přístroje, které měly implementovanou čtečku otisku prstů, byly modely G500 a G900 od firmy Toshiba. Pro zatím ale můžeme tvrdit, že zabudování čtečky otisku prstu do mobilního zařízení je spíše otázkou budoucnosti.

8. Seznam použité literatury

- [1] RAK, Roman, Václav MATYÁŠ, Zdeněk ŘÍHA a kolektiv. *Biometrie a identita člověka: ve forenzních a komerčních aplikacích*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 631 s. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [2] JEŽEK, Vladimír. *Systémy automatické identifikace: [aplikace a praktické zkušenosti]*. 1. vyd. Praha: Grada, 1996, 124 s. ISBN 80-7169-282-4
- [3] DRAHANSKÝ, Martin a Filip ORSÁG. *Biometrie*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 294 s. ISBN 978-80-254-8979-6
- [4] ONDRŮŠEK, Roman. *Identifikační biometrické prostředky* [online]. Zlín, 2006 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/743/ondr%C5%AF%C5%A1ek_2006_bp.pdf?f?sequence=1. Bakalářská práce. Universita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [5] Porada, V. A KOL. *Kriminalistika*, BRNO: CERM, 2001, ISBN 80-7204-1904-0
- [6] *DAKTYLOSKOPIE* [online]. [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://krimi-spk.sweb.cz/02_exper/expertiz/02a_dakt/02a_hlav.htm
- [7] *Obrazce a znaky kůže* [online]. [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://krimi-spk.sweb.cz/02_exper/expertiz/02a_dakt/02a_kuze.htm
- [8] JEDLIČKA, Miloslav. *Kriminalistická daktyloskopie* [online]. [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://kriminalistika.eu/daktyl/daktyl.html>
- [9] *Biometrics* [online]. [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://sphinxtech.com.sg/AboutBio.htm>
- [10] KONČICKÝ, Martin. *Biometrický snímač otisku prstů* [online]. Zlín, 2013 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/6566221-Biometricky-snimac-otisku-prstu-biometric-scanner-of-fingerprint-martin-koncicky.html>. Bakalářská práce. Universita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [11] TALANDOVÁ, Hana. *Studie využití biometrických systémů v průmyslu komerční bezpečnosti* [online]. Zlín, 2010 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/13364/talandov%C3%A1_2010_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Universita Tomáše Bati ve Zlíně.

- [12] KAŠNÝ, Pavel. *Reálné hodnocení parametrů snímačů otisku prstu na základě praktických měření* [online]. Zlín, 2011 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/15471/ka%C5%A1n%C3%BD_2011_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [13] DRAHANSKÝ, Martin, Eva BŘEZINOVÁ, Filip ORSÁG a Dana HEJTMÁNKOVÁ. *Dermatologické faktory ovlivňující snímání otisků prstů* [online]. Brno, 2011 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/dermatologicke-faktory-ovlivnujici-snimani-otisku-prstu.aspx>
- [14] STRAUS, Jiří a Viktor PORADA. *Kriminalistická daktyloskopie*. 1. vyd. PRAHA: Policejní akademie ČR, 2005. 286 s. ISBN 80-7251-192-0
- [15] DRAHANSKÝ, Martin. Liveness Detection in Biometrics. *Advanced Biometric Technologies* [online]. InTech, 2011 [cit. 2015-05-01]. DOI: 10.5772/17205. ISBN 978-953-307-487-0.
- [16] WAYMAN, J., et al. *Biometric systems: Technology, Design and Performance Evaluation*. London: Springer, 2005. 370 s. ISBN 1-85233-596-3.
- [17] *Propojto* [online]. © 2009 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://www.alarmy-zabezpeceni.cz/elektronicke-vstupni-systemy/dochazka-a-pristup/tac-05-mff-dochazkovy-terminal/>
- [18] *CZ Alarm* [online]. 2007 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://obchod.czalarm.cz/zbozi/4377/Dochazkovy-terminal-s-otiskem-prstu---TAC-%E2%80%93-05-MFF.htm>
- [19] *Eurosat CS* [online]. [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://www.eurosat.cz/2602-f7.html>
- [20] *ZK Technology FZCO* [online]. 2011 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://www.zktechnology.ae/products_details.php?id=179
- [21] *ZKAccess* [online]. 2015 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://www.zkaccess.com/product/multibio-700/>
- [22] *Businesszone* [online]. ©2014-2015 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://businesszone.me/6/Time-Attendance/Time-Attendance-and-Access-Control/16-ZK-iFace-302-Biometric-Access-Control-and-Time-Attendance>

[23] ZKTeco [online]. 2014 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z:
<http://www.hilite.com.pk/datasheet/attendance/iFace302.pdf>

[24] Kalina, J., Sloupová, K., Vertěši, M., *Správným směrem* [online]. Jiří Kalina, 2014
[cit. 2016-03-21]

Dostupné z: <http://spravnym.smerem.cz/Tema/Multikriteri%C3%A1ln%C3%AD%20anal%C3%BDza>.

9. Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Srovnání identifikace a verifikace</i>	4
<i>Obr. 2: Schéma stavby kůže s papilárními liniemi</i>	8
<i>Obr. 3: Základní typy rozložení markantů v obrazcích</i>	9
<i>Obr. 4: Schéma optického senzoru</i>	11
<i>Obr. 5: schéma elektronické senzoru</i>	11
<i>Obr. 6: schéma kapacitní senzoru</i>	12
<i>Obr. 7: schéma tlakového senzoru</i>	12
<i>Obr. 8: Schéma ultrazvukového senzoru</i>	13
<i>Obr. 9: Ukázka ekzému ruky</i>	14
<i>Obr. 10: Nemoc HFMD (nohou, rukou a úst)</i>	15
<i>Obr. 11: lupénka na ruce</i>	16
<i>Obr. 12: Vzniklá reakce pokožky prstu při přitlaku, zblednutí pravého prstu na obrázku (vlevo), falešné prsty na obrázku (vpravo)</i>	20
<i>Obr. 13: Vlevo je obrázek před skeletizací a vpravo po ní</i>	22
<i>Obr. 14: Vzniklé šablony z markantních bodů</i>	22
<i>Obr. 15: Procenta zastoupení technologie otisku prstů na trhu.</i>	24
<i>Obr. 16: Čtečka TAC-05 MFF</i>	26
<i>Obr. 17: Čtečka F7</i>	27
<i>Obr. 18: Čtečka Multibio 700</i>	28
<i>Obr. 19: Čtečka IFace 302</i>	28

10. Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: porovnání zvloných čteček</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 2: multikriteriální analýza</i>	<i>30</i>

11. Seznam grafů

<i>Graf 1: grafické znázornění tabulky 2</i>	<i>31</i>
--	-----------