



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Murad Aushev

**NÁVRH IMPLEMENTACE IDENTIFIKAČNÍHO
SYSTÉMU PRO PŘÍSTUPOVÉ SYSTÉMY ČVUT**

Bakalářská práce

2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K614..... Ústav aplikované informatiky v dopravě

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Murad Aushev

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – MED – Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Název tématu (česky): **Návrh implementace identifikačního systému pro přístupové systémy ČVUT**

Název tématu (anglicky): Implementation design for identification systém in CTU access control systems

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Přehled biometrických metod
- Analýza vybraných metod vhodných pro identifikační systémy ČVUT
- Návrh algoritmu multikriteriální optimalizace
- Vyhodnocení výsledků
- Návrh řešení v rámci ČVUT

- Rozsah grafických prací: Dle vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: 1. Ščurek R.: Biometrické metody identifikace osob v bezpečnostní praxi, 2008
2. Rak R., Matyáš V., Říha Z.: Biometrie a identita člověka ve forezních a komerčních aplikacích, 2008

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Kaliková, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **21. října 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

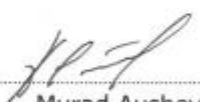
Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Dr. Ing. Tomáš Brandejský
vedoucí
Ústavu aplikované informatiky v dopravě


prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Murad Aushev
jméno a podpis studenta

V Praze dne 21. října 2015

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat své vedoucí Ing. Janě Kalikové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi ochotně poskytla během zpracování bakalářské práce. Dále bych poděkoval soudně - lékařské expertize republiky Ingushetia a jejím zaměstnancům za poskytnutí dat, vstřícnost a pomoc.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 24. srpna 2016


.....
Murad Aušhev

Název práce: **Návrh implementace identifikačního systému pro přístupové systémy ČVUT**

Autor: Murad Aushev

Obor: Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Jana Kaliková, Ph.D.

ABSTRAKT

Bakalářská práce na téma návrh implementace identifikačního systému pro přístupové systémy ČVUT je zaměřena na hodnocení vybraných biometrických metod z hlediska použitelnosti pro ČVUT. Pozornost je věnována spolehlivosti, pořizovací ceně, komfortu a rychlosti. Cílem práce je analyzovat současný stav a zpracovat návrh implementace nevhodnější biometrické metody jako přídatného identifikátoru k id kartě pro zvýšení bezpečnosti určitých prostor ČVUT.

Klíčová slova:

Biometrie, identifikace, identifikační metoda, otisk prstů, geometrie ruky, duhovka, sítnice, žíly, snímání, senzor, rozpoznávání

Title: **Implementation design for identification system in CTU access control systems**

Author: Murad Aushev

Branch: Management and economics of transport and telecommunications

Document type: Bachelor's thesis

Thesis advisor: Ing. Jana Kaliková, Ph.D.

ABSTRAKT

The thesis has a topic implementation design for identification system in CTU access control systems and it is focused on evaluation of usability for CTU selected biometric methods. Attention is paid to the reliability, cost, convenience for users and rapidity. The aim is to analyze the current state and prepare a proposal for the implementation of the most appropriate biometric methods as adjunctive identifier for id card to increase security of certain areas of CTU.

Key words:

Biometrics, identification, identification method, fingerprint, hand geometry, iris, retinal, vein, scanning, sensor, recognition

Obsah

Seznam zkratk.....	8
Úvod.....	9
1 Přehled biometrických metod.....	10
1.1 Základní pojmy.....	10
1.2 Rozdělení biometrických identifikačních metod.....	11
1.3 Historie biometrických systémů.....	11
1.4 Efektivnost biometrických systémů.....	12
1.4.1 Chybné odmítnutí žadatele – FRR (False Rejection Rate).....	12
1.4.2 Chybné přijetí žadatele – FAR (False Acceptance Rate).....	13
1.5 Rozdělení biometrických metod.....	14
1.6 Výhody a nevýhody biometrických metod.....	14
1.6.1 Výhody biometrických metod.....	14
1.6.2 Nevýhody biometrických metod.....	14
2 Analýza vybraných metod vhodných pro identifikační systémy ČVUT.....	15
2.1 Identifikace podle otisku prstů.....	15
2.1.1 Historie daktyloskopie.....	15
2.1.2 Papilární linie.....	16
2.1.3 Daktyloskopické stopy.....	18
2.1.4 Typy senzorů pro snímání otisků prstů.....	18
2.2 Identifikace podle geometrie ruky.....	22
2.2.1 Historie.....	23
2.2.2 Princip snímání.....	23
2.2.3 Metody rozpoznávání podle geometrie ruky.....	24
2.2.4 Oblasti využití metody geometrie ruky.....	26
2.2.5 Výhody a nevýhody geometrie ruky.....	26
2.3 Identifikace pomocí sítnice oka.....	28
2.3.1 Anatomie sítnice.....	28

2.3.2	Historie rozpoznávání pomocí sítnice	29
2.3.3	Technologie snímání sítnice	29
2.3.4	Výhody a nevýhody identifikace pomocí sítnice oka	30
2.4	Identifikace pomocí oční duhovky	31
2.4.1	Historie	31
2.4.2	Technologie rozpoznávání duhovky	31
2.4.3	Detekce duhovky	32
2.4.4	Výhody identifikace pomocí duhovky	32
2.5	Identifikace podle struktury žil na ruce	34
2.5.1	Metody snímání žil	34
2.5.2	Výhody identifikace pomocí struktury žil na ruce	35
3	Důvody zavedení biometrické identifikační metody	37
3.1	Zabezpečení budov a jednotlivých učeben	37
3.2	Ověření osobnosti studenta u zkoušky nebo testu	37
3.3	Fakulty a studenti na ČVUT	38
3.4	Současný stav bezpečnostního přístupu do prostor ČVU	40
3.4.1	Vstup do budov a učeben	40
3.4.2	Počet místností potřebujících bezpečnostní vstup	40
4	Návrh algoritmu multikriteriální optimalizace	43
4.1	Porovnání biometrických metod pomocí vzorce	43
4.1.1	Vzorec	43
4.1.2	Vysvětlení významu koeficientů použitých ve vzorci pro porovnání biometrických metod	43
4.1.3	Ohodnocení koeficientů	48
4.1.4	Vyhodnocení výsledků	49
4.2	Porovnání biometrických metod pomocí přiřazení vah	50
4.2.1	Přiřazení vah jednotlivým koeficientům	50
4.2.2	Přepočtení koeficientů	52
4.2.3	Přepočtení koeficientů (stanovení procentuálního podílu) a výpočet F'	53

4.2.4	Výpočet F' pro sítnice	54
4.2.5	Výpočet F' pro duhovku	55
4.2.6	Výpočet F' pro geometrii ruky	56
4.2.7	Výpočet F' pro žíly na dlani	58
4.2.8	Výpočet F' pro otisk prstů	59
5	Návrh řešení v rámci ČVUT	61
	Závěr	62
	Seznam použitých zdrojů	64
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek	66
	Seznam grafů	67
	Seznam příloh	68

Seznam zkratek

ČVUT	České vysoké učení technické
DNA	Deoxyribonucleic Acid
FRR	False Rejection Rate
FAR	False Acceptance Rate
NFR	Number of False Rejection
NEIA	Number of Enrolle Identification Attempts
NEVA	Number of Enrolle Verification Attempts
NFA	Number of False Acceptance
NIIA	Number of Impostor Identification Attempts
NIVA	Number of Impostor Verification Attempts
LED	Light-emitting diode
CCD	Charge-coupled device
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
MAE	Mean Alignment Error
FBI	Federal Bureau of Investigation
CIA	Central Intelligence Agency
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ISIC	International Student Identity Card

Úvod

V současné době je vstup do budov a jednotlivých místností ČVUT řízen pomocí čipové karty. Některé karty umožňují držitelům vstup do místností s vyšší úrovní bezpečnosti, jako jsou například počítačové učebny, laboratoře s drahým technickým zařízením atd. Jelikož žijeme v době technického progresu, snažíme se usnadnit si život: počítače a telefony jsou každý rok tenčí a lehčí, peníze jsou na účtech v bankách, abychom nemuseli s sebou mít velké množství hotovosti, ale mohli platit kartou. Už ani nemáme na fakultě papírové indexy.

Technický progres rozhodně nestojí na místě, stále se zdokonaluje. I když bankovní karta chrání její držitele proti krádeži peněz PIN kódem, k využití čipové karty ČVUT nebo ISIC není nutný žádný kód. Stačí kartu přiložit k čtečce. Tím pádem kdokoliv, kdo si půjčil nebo ukradl kartu, má přístup do většiny chráněných místností. Bezpečnost na škole je ale velmi důležitá.

Tato bakalářská práce je věnována zajištění vyšší úrovně bezpečnosti a nejlepším způsobem umožňujícím její zajištění je v dnešní době zavedení vstupu pomocí biometrické identifikační metody.

Cílem práce je analyzovat současný stav a zpracovat návrh implementace identifikačního systému pro přístupové systémy ČVUT.

Pro dosažení daného cíle budou řešeny následující úkoly:

- Posuzování teoretických základů týkajících se pojmu „biometrie“ a „biometrické metody“;
- Popis vybraných biometrických identifikačních metod;
- Analýza biometrických metod z hlediska spolehlivosti, pořizovací ceny, komfortu pro uživatele;
- Návrh řešení v rámci ČVUT.

První část své bakalářské práce zaměřím na rešerši odborné literatury. U praktické části se budu nejdříve věnovat popisu současného stavu bezpečnostního vstupu do místností ČVUT. Určím problémy, které ovlivňují kvalitu bezpečnosti. Následně budu analyzovat a hodnotit jednotlivé biometrické metody dvěma způsoby. Pomocí vyhodnocení stanovím nejvhodnější biometrickou identifikační metodu pro zvýšení bezpečnosti určitých prostor ČVUT.

1 Přehled biometrických metod

1.1 Základní pojmy

Biometrická identifikace/verifikace je využití jedinečných, měřitelných, fyzikálních charakteristik člověka k jednoznačnému zajištění (identifikace) nebo ověření (verifikace) jeho identity.

Biometrie je automatická metoda autentizace založená na zkoumání s cílem následné jednoznačné identifikace nebo verifikace jedinečných biologických charakteristik subjektu - živé osoby. Metoda vychází z přesvědčení, že některé biologické charakteristiky jsou pro každého živého člověka jedinečné a stálé.

V angličtině se tento soubor jmenuje biometrics, v němčině die Biometrie, ve francouzštině biométrie.

Biometrie je vědní obor, který se zabývá zkoumáním živých organismů (bio-) a měřením (-metric) jejich biologických (anatomických a fyziologických) vlastností.

Pojem biometrika je odvozený z řeckých slov „bios“ – „život“ a „metron“ - „měřit, měření“.

Anatomicko-fyziologické biometrické charakteristiky jsou neměnitelné a unikátní. Zahrnují metody založené na identifikaci/verifikaci otisku prstů, dlaní, geometrii prstů a ruky, oční duhovky, oční stínice, DNA apod.

Behaviorální biometrické charakteristiky jsou unikátní, ale mohou se s časem měnit. Zahrnují metody založené na identifikaci/verifikaci hlasu, podpisu, dynamiky psaní na klávesnici.

Autentizace – proces, při kterém se ověřuje totožnost uživatele. Výsledkem procesu je pak povolení, nebo zamítnutí přístupu do systému.

Identifikace – je proces, při kterém systém sejme biometrická data neznámého uživatele, která následně porovná se všemi referenčními šablonami uloženými v seznamu a zjistí, která referenční šablona (pokud existuje v seznamu) odpovídá šabloně z nasnímaného vzorku. Jedná se o princip „one-to-many“. Odpovídá na otázku „Kdo to je?“.

Verifikace – je proces, při kterém uživatel nejdříve zadá systému svoji totožnost, následně systém sejme biometrická data, která porovná s uloženou referenční šablonou. Jedná se tedy o princip „one-to-one“. Cílem aplikace je potvrdit, nebo popřít identitu prověřované osoby.

Rozpoznávání - označuje proces verifikace nebo identifikace na základě porovnání známých rysů z databáze s rysy získanými z digitálního snímku člověka [1].

1.2 Rozdělení biometrických identifikačních metod

Biometrické identifikační metody můžeme rozdělit podle spolehlivosti na identifikaci/verifikaci:

- Policejně-soudní – patří k nejspolehlivějším. Aby nedošlo k jakékoliv chybě v identifikačním závěru, která může negativně ovlivnit lidský osud, je kladen velký důraz na vyloučení případné chyby. Na konci identifikačního procesu výsledek vždy zhodnocuje člověk. V aplikacích převládá identifikace nad verifikací.
 - Daktyloskopie;
 - Hlas;
 - DNA.
- Bezpečnostně-komerční – je odvozena od policejně-soudní identifikace, proto v komerční sféře vzniká velké množství aplikací, které se dají zpětně využít i pro policejně-soudně identifikační potřeby. Základní charakteristikou aplikací je automatizované zpracování. V aplikacích převažuje identifikace nad verifikací.
 - Otisk prstů;
 - Geometrii ruky;
 - Dynamika psaní na klávesnici;
 - Oční sítnice;
 - Oční duhovka.
- Ezotorická identifikace – patří do ní metody, které jsou známé jen úzkému okruhu specialistů. Nejsou běžně používány v praxi. Mohou se ale časem stát rovnocennými partnery pro soudní nebo bezpečnostně-komerční identifikaci [2].
 - Topografie žil zápěstí;
 - Tvar vnějšího ucha;
 - Pach lidského těla.

1.3 Historie biometrických systémů

Identifikace osob podle jejich fyziologických znaků je velmi stará. První dochované písemné zmínky o identifikaci osob jsou datovány do starověkého Egypta, kde byly používány

i ke „komerční identifikaci“ farmářů a dělníků v povodí řeky Nil. Producenti obilí zde byli identifikováni na základě svého unikátního vzhledu (jizev, viditelných zranění, charakteristiky pleti, barvy očí, váhy a antropometrických měření) a řádně vyplaceni za prodané zboží státu, případně byly zaznamenány jejich platby za zakoupené zboží (obilí) od státu.

Tímto způsobem staří Egypťané předcházeli dvojímu nebo neoprávněnému vyplácení měsíčních mezd, neboť záznamy o vzhledu jedinců byly velmi detailní. Moderní základy biometrických systémů položil francouzský vědec Alphonse Bertillon koncem 19. století svojí antropometrickou metodou. Touto metodou přeměřil, popsal a vyfotografoval každého odsouzeného zločince, který pak mohl být jednoznačně identifikován při dalším zadržení. Tuto metodu po několika málo desetiletích nahradila daktyloskopie.

K masivnímu rozvoji biometrických systémů však došlo teprve v posledních čtyřiceti letech. Biometrická identifikace byla vždy nejdříve využívána bezpečnostními a policejně-soudními aplikacemi. Teprve další rozvoj technologií umožnil využití těchto systémů i pro komerční a civilní sféru. Prudký růst oblíbenosti biometrických systémů výrazně podpořila událost z 11. září 2001, kdy nároky na bezpečnost výrazně stouply a důkladněji chránit své hodnoty začali nejen soukromé firmy, ale i jednotlivci.

Pro identifikační účely se používají charakteristiky, které jsou pro každého jedince unikátní, a předpokládá se, že jsou časově neměnné. Pro identifikační účely využíváme poznatky z různých vědních oborů a zaměření, jako jsou lékařství, antropologie, počítačové vidění, robotika, umělá inteligence, matematika, fyzika, biologie. Vytvoření identifikačních metod pro civilní využití (tzn. vytvoření softwaru) je proto nadmíru obtížná záležitost vzhledem ke složitosti zpracovávaných dat a použitých algoritmů, které musí být kombinovány a dále vyvíjeny k dosažení co nejlepších výsledků [1].

1.4 Efektivnost biometrických systémů

Efektivnost biometrických systémů je udávána procentuální mírou pravděpodobnosti selhání zařízení. Patří sem koeficient nesprávného vyhodnocení odmítnutí žadatele (FRR) a koeficient nesprávného vyhodnocení přijetí žadatele (FAR).

1.4.1 Chybné odmítnutí žadatele – FRR (False Rejection Rate)

Koeficient chybného odmítnutí žadatele je označován jako chyba I. druhu. Udává, s jakou pravděpodobností zařízení nerozpozná oprávněnou osobu, která má uloženou svou referenční biometrickou šablonu. Nerozpoznání uživatele způsobuje zamezení přístupu osoby, která je oprávněná, v systému registrovaná a přístup má mít povolen. Chybné

odmítnutí je nežádoucí, ale tato chyba pouze snižuje komfort verifikace/ identifikace a neohrožuje bezpečnost chráněného objektu. Z pohledu policejně-soudních aplikací se jedná ale o závažný nedostatek: chybné odmítnutí znamená, že osoba, jejíž identitu je potřeba potvrdit, není rozpoznána, a proto uniká z okruhu vyšetřovacích činností.

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EIA}} \times 100[\%]$$

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EVA}} \times 100[\%]$$

NFR - počet chybných odmítnutí (Number of False Rejection).

NEIA - počet pokusů oprávněných osob o identifikaci (Number of Enrolle Identification Attempts).

NEVA - počet pokusů oprávněných osob o verifikaci (Number of Enrolle Verification Attempts).

1.4.2 Chybné přijetí žadatele – FAR (False Acceptance Rate)

Koeficient chybného přijetí žadatele je označován jako chyba II. druhu. Udává, s jakou pravděpodobností zařízení povolí přístup osobě, která nemá v systému uloženou svou referenční biometrickou šablonu. Důvodem může být, že osoba, u níž má dojít k potvrzení identity, je mylně ztotožněna s jinou osobou, nebo je to úspěšné cílené oklamání systému pachatelem. Chybné přijetí žadatele vytváří vážné bezpečnostní riziko [3].

$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IIA}} \times 100[\%]$$

$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IVA}} \times 100[\%]$$

NFA - počet chybných přijetí (Number of False Acceptance).

IIIA - počet pokusů neoprávněných osob o identifikaci (Number of Impostor Identification Attempts).

NIVA - počet pokusů neoprávněných osob o verifikaci (Number of Impostor Verification Attempts).

1.5 Rozdělení biometrických metod

Biometrické metody lze rozdělit do dvou základních skupin:

Biologické metody – identifikují jedince na základě unikátních fyziologických a anatomických parametrů lidského těla.

Behaviorální metody – identifikují jedince na základě jeho unikátních vlastností. Ty jsou dány jednak fyzickými parametry, které člověk získává na základě DNA (pouze jednovaječná dvojčata ji mají naprosto shodnou), a také získanými zkušenostmi během života. Tyto jedinečné vlastnosti nelze napodobit. Nevýhodou je, že se mění poměrně rychle v čase.

1.6 Výhody a nevýhody biometrických metod

1.6.1 Výhody biometrických metod

Hlavní výhodou těchto metod je, že autentizační údaje není možné zapomenout nebo ztratit a v průběhu času se moc nemění nebo jen nepatrně. Na uživatele tak nejsou kladeny v podstatě žádné požadavky. Je třeba však vzít v úvahu, že je možné ztratit hlas, přijít o prst, o ruku apod.

1.6.2 Nevýhody biometrických metod

Hlavní nevýhodou těchto metod je, že je ve většině případů nutný speciální HW nebo minimálně SW, který musí být na počítači, kde se má uživatel autentizovat, nainstalován a spuštěn. Další nevýhodou těchto metod je, že se na ně nedá stoprocentně spolehnout.

2 Analýza vybraných metod vhodných pro identifikační systémy ČVUT

2.1 Identifikace podle otisku prstů

2.1.1 Historie daktyloskopie

Archeologové říkají, že otisky prstů byly používány v Asii a Číně již 6 až 7 tisíc let před naším letopočtem. Otisky prstů byly nalezeny i na babylonských hliněných tabulkách a keramice. Prvním, kdo popsal možnost zjišťování totožnosti osob pomocí otisku prstů, byl Číňan Kio Kung-yen. Otisk prstů byl využíván při obchodních záležitostech: například otisky prstů, které byly vytlačeny do hlíny, sloužily jako značka a měly identifikovat výrobce.

Starý čínský zákoník (618-906 n.l.) nařizuje, aby manžel, který se chtěl rozvést, připojil otisky prstů k dokumentu, kde uvádí písemnou formou důvody k rozvodu. První zmínky o využívání otisků prstů v kriminálních procesech v Číně pochází z doby dynastie Sung (1107 n.l.).

Jan Evangelista Purkyně (1787 – 1869) – významný český lékař- je zakladatelem teoretické analýzy fyziologických zákonitostí daktyloskopie. Vystudoval lékařství a filozofii v Praze. V roce 1839 vybudoval fyziologický ústav v německé Vratislavi, kde byl od roku 1823 profesorem fyziologie. Jako první popsal a klasifikoval devět základních vzorů papilárních linií na posledních člancích prstů, o čemž v roce 1823 publikoval dílo s názvem „*Comentatio de examine physiologico organi visus et systematis cuntanei*“. J. E. Purkyně se zabýval papilárními liniemi pouze z biologického hlediska, nejsou v jeho práci patrné žádné kriminalistické aplikace.

William James Herschel (1833 – 1917) – vnuk anglického astronoma. Od roku 1853 působil služebně v Hooghly, kde v roce 1858 poprvé použil metodu čínských obchodníků, kteří své dohody zpečetí otiskem palce. Po několika letech praktického zkoušení William Herschell zjistil, že kresba papilárních linií se v průběhu života nemění. Jeho návrh zavést daktyloskopii do praxe se setkal s neúspěchem.

Henry Faulds (1843 – 1930) – setkal se s otisky prstů v Japonsku, kde přednášel fyziologii v tokijské nemocnici Sukii. V roce 1880 Faulds zjistil, že otisky prstů z místa trestného činu mohou posloužit ke zjištění totožnosti zločince. Tato originální myšlenka vznikla díky pachateli, který zanechal své otisky prstů na čerstvé zdi, kvůli čemuž Henry Faulds zachránil

chybně zatčenou osobu a potvrdil skutečného pachatele podle otisku prstů. Výsledky zkoumání a návod ke snímání otisku prstů Faulds zpracoval a publikoval v roce 1880.

Francis Galton (1822 – 1911) – stanovil tři fyziologické zákony, ze kterých kriminalistická daktyloskopie vychází dodnes. „Galtonovy body“ – charakteristické body na prstu, které slouží k identifikaci člověka. Tyto body položily základ vědnímu zkoumání otisku prstů. Galton zjistil, že každý otisk obsahuje malou trojúhelníkovou oblast (delta), kde se linie sbíhají. Na jejím základě stanovil čtyři základní typy otisků prstů: otisky bez delty (vzor obloukový), otisky s deltou doleva (smyčka vlevo), otisky s deltou doprava (smyčka vpravo) a otisky s několika deltami (spirála).

Edward Richard Henry (1850 – 1931) – policejní inspektor, jeden ze dvou zakladatelů kriminalistické daktyloskopie, který chtěl realizovat svůj plán k všeobecnému zavedení daktyloskopie jako nové posily.

Juan Vucetich (1858 – 1925) - narodil se v Chorvatsku, ale od roku 1884 žil v Argentině. V roce 1888 začal pracovat u policie v La Platě, kde byl za tři roky jmenován vedoucím *statistického a identifikačního úřadu* policejního ředitelství. Za pomoci daktyloskopie usvědčil vraha dvou dětí v Argentině. V roce 1923 byla realizována Vucetichova myšlenka zřízení mezinárodní organizace identifikačních služeb.

Praktické využití daktyloskopie v Rusku začíná od konce roku 1906, kdy v Sankt-Peterburgu byla vytvořena *Centrální daktyloskopická kancelář*. Jejím vedoucím se stal N. F. Lučinskij.

František Protiwensky (1865 – 1927) – studoval gymnázium a práva v Praze, začal sloužit u policie. Daktyloskopie v Česku má začátek v roce 1903, kdy byly na základě iniciativy Protiwenského vytvořeny první daktyloskopické karty s otisky deseti prstů podle kombinací metodiky Vucetichovy a Henryho [1].

2.1.2 Papilární linie

Daktyloskopie je jedna z nejstarších a nejznámějších biometrických metod, zabývající se identifikací osob. Identifikace osob v oblasti daktyloskopie je založena na principu snímání a porovnávání otisku vnitřní části článků prstů, dlaně nebo chodidla, na kterých jsou vytvořeny papilární linie.

Papilární linie se vyskytují pouze u člověka. Tvoří unikátní souvisle vyvýšené reliéfy o výšce v rozmezí 0,1 – 0,4 mm a šířce v rozmezí 0,2 – 0,7 mm.

Kůže má dvě základní vrstvy, vrchní pokožku (epidermis) a spodní vazivovou vrstvu (cutis neboli corium), mezi kterými se nachází vrstva stratum malpighii. Hranice mezi nimi tvoří brázdy a hřebínkovité výběžky (papilae). Papilární linie se objeví u člověka již v embryonálním životě (mezi čtvrtým a pátým měsícem).

Z povrchu kůže, a tedy i z papilárních linií, neustále odpadávají zrohovatělé buňky, které jsou nahrazovány novými buňkami ze zárodečné vrstvy kůže. Během 75 let života člověka odpadne takovýchto buněk v průměru 20 kg. Kvůli neustálému datování papilárních linek novými buňkami místo buněk odumřelých zůstávají jejich tvar, obrazec a markanty s věkem neměnné.

Zákonitosti existence papilárních linií

- Zákon o neměnitelnosti papilárních linií – obrazce tvořené papilárními liniemi zůstávají po celou dobu života člověka relativně neměnné. Papilární linie se u člověka objevují ještě před narozením, a to mezi čtvrtým a pátým měsícem embryonálního stavu, a zůstávají patrné nějakou dobu po smrti.
W. J. Herschel a antropolog Walker nezávisle na sobě daktyloskopovali několik osob a porovnávali změny jednotlivých otisků v mnohaletých odstupech, čímž dokázali, že během lidského života zůstávají obrazce papilárních linií se všemi charakteristickými znaky neměnné. Mohou být narušeny při poškozeních nebo při tvorbě vrásek na stárnoucí kůži.
- Zákon o neodstranitelnosti papilárních linií – papilární linie jsou relativně neodstranitelné, pokud není odstraněna i zárodečná vrstva kůže. To, že setřením, seříznutím, spálením povrchové vrstvy kůže nedojde k trvalému odstranění papilárních linií, dokázali kriminalisté z Francie Wikovsky a Locard. Popálili si konečky prstů různými způsoby a zjistili, že papilární linie se odstraní jen dočasně do té doby, než se zranění zahojí a papilární linie se objeví bez nejmenší změny ve svých původních tvarech. Znemožnit daktyloskopickou identifikaci je možné pouze tehdy, pokud bude odstraněna zárodečná vrstva kůže, přičemž se vytvoří jizevnatá tkáň bez papilárních linií.
- Zákon o individuálnosti obrazců papilárních linií – na světě nejsou dva lidé se stejnými obrazci papilárních linií. Pokud budeme uvažovat existenci pouhých 20 markantů na posledním článku prstu (může jich však být i více), pak podle Galtonova výpočtu můžeme nalézt teoreticky možných šedesát čtyři miliard variant obrazců. Toto nesmírně vysoké číslo umožňuje předpokládat, že reálná možnost výskytu dvou zcela shodných kreseb papilárních linií je vysoce nepravděpodobná, což je velkou výhodou pro kriminalistiku. Dokonce ani jednovaječná dvojčata nemají

stejný vzor otisku [2].

2.1.3 Daktyloskopické stopy

Daktyloskopické stopy vznikají vzájemným kontaktem člověka a předmětu, který přijme a uchová obraz papilárních linií. Několik způsobů vzniku daktyloskopické stopy:

- Na předmět se přenese látka, nacházející se na povrchu papilárních linií;
- Na papilární linie se přenese látka z povrchu předmětu;
- Vytvoří se zrcadlově obrácený reliéf povrchové struktury papilárních linií.

Čím delší je doba od zanechání stopy, tím jsou stopy pro vyvolání méně citelné. Při zvýšené vlhkosti se rozplývají a v důsledku působení teploty vysychají. Stopy potně-tukové mají daleko větší trvanlivost (asi pětinašobně delší) než stopy potní.

2.1.4 Typy senzorů pro snímání otisků prstů

- Kontaktní;
 - Optické;
 - Elektronické;
 - Optoelektronické;
 - Kapacitní;
 - Tlakové;
 - Teplotní;
- Bezkontaktní;
 - Optické;
 - Ultrazvukové.

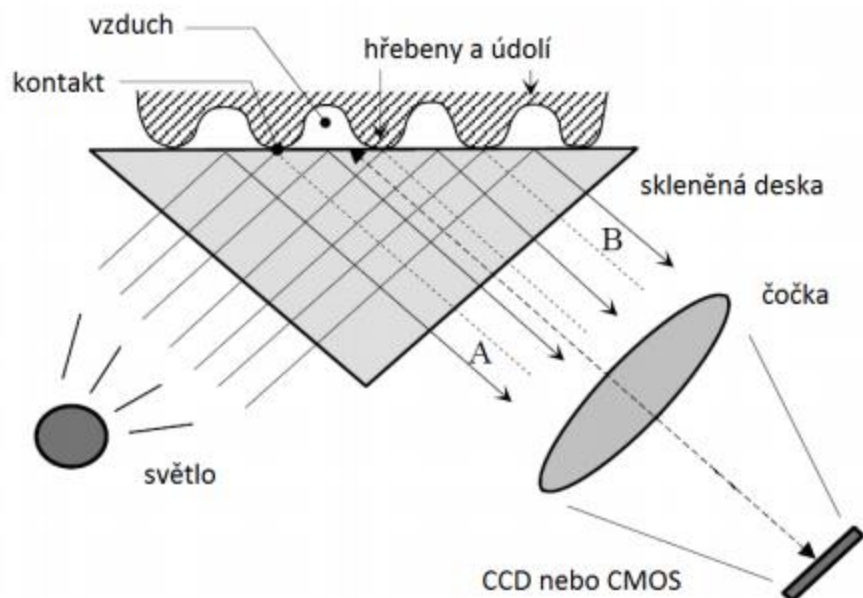
Kontaktní senzory

V případě kontaktních senzorů je technologie založena na fyzikálních metodách a poznacích v oblastech elektrických vlastností kůže.

Optická technologie

Jejich první použití se definuje od 70. let. Jedná se o relativně jednoduchý optický princip. Zdroj světla (LED) osvětluje povrch prstu, který se dotýká plochy senzoru. Kamera CCD/CMOS snímá odražený světelný tok. Množství odráženého světla záleží na hloubce papilárních linií a údolí. Na odraz má vliv i potně- tukový výměšek, příp. smíšený se špínou, mezi kůží a sklem. Existují ale i bezkontaktní 3D optické senzory, kde prst nemusí být

přiložen na plochu. Světelný paprsek umožňuje snímat daktyloskopický otisk na vzdálenost 30 až 50 mm. Tento způsob eliminuje znečištění snímacího senzoru dotyky špinavých prstů. Princip optického snímače je znázorněn dole (obrázek č. 1).



Obrázek č. 1 Princip optického snímače [7]

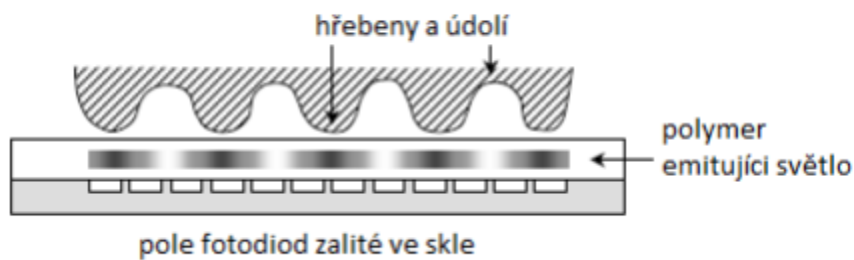
Elektronické senzory

Mezi dvěma paralelními deskami (vodivými a elektricky nabitými) vznikne elektrické pole. Horní desku elektronického senzoru tvoří povrch kůže, do které je pouštěn řídicí elektrický signál. Když se prst dotkne vodivého prstence, který se nachází kolem senzoru, elektrický obvod se uzavře. Tím dojde k zachycení elektrického pole deformovaného papilárními liniemi, polem snímacích antén.

Výhodou tohoto typu senzoru je, že proniká hlouběji pod povrch kůže, není citlivý na znečištění nebo poškození vrchní vrstvy kůže ani na „suché“ nebo „mokrý“ otisky.

Optoelektronické senzory

Skládají se ze dvou vrstev. Horní vrstva emituje světlo po dotyku s kůží. Princip činnosti optoelektronického snímače je založen na rozdílném odrazu světla. Světlo je potom zachyceno v skleněné vrstvě, kde se převede světelný impuls na impuls elektrický, čímž se vytvoří elektronický obraz daktyloskopického otisku. Obraz otisku se přenese na maticový CCD detektor, je následně digitalizován a dále předán pro zpracování.

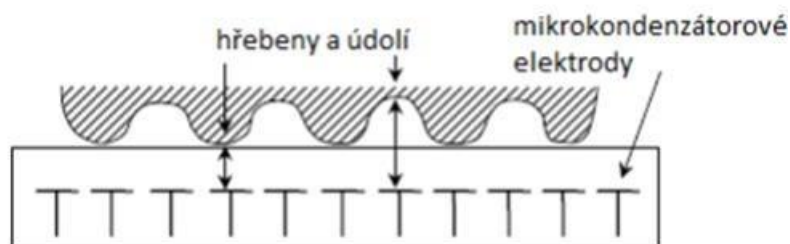


Obrázek č. 2 Princip optickoelektronického snímače [7]

Kapacitní senzory

Jsou založeny na měření elektrické kapacity. Sensor je složen z matice malých vodivých plošek, na nichž je napařena vrstva nevodivého oxidu křemičitého. Princip činnosti je založený na využití rozdílu kapacity mezi deskou snímače a povrchem prstu. Z toho je zřejmé, že snímač bude představovat jednu desku kapacitoru a druhou desku interpretují jednotlivá místa na povrchu prstu. Pro získání obrazu se prst přikládá na citlivou plochu snímače. Elektrody neboli vodivé plošky převádějí kapacitně otisk prstu na digitální obraz, který je dále možné zpracovat. Papilární linie na prstu jsou k senzoru více přilehlé než mezery mezi nimi, a tedy mají vyšší kapacitní odpor.

- Výhody - malý rozměr, jednoduchý princip funkce, vysoká kvalita.
- Nevýhody – krátká doba životnosti snímače, k jeho zničení dochází vlivem statické elektřiny. Snímače je nutné měnit v rozmezí 3 let, nejedná se o cenový problém jako spíše o problém z organizačního hlediska.



Obrázek č. 3 Princip kapacitního snímače [7]

Tlaková technologie

Senzor založený na tlakové technologii je složený ze tří vrstev, přičemž mezi elektrovedivé vrstvy je vložen nevodivý gel. Přiložením prstu na plochu senzoru dojde ke stisku nevodivého gelu v místě dotyku papilárních linií tak, že se elektrovedivé vrstvy dotknou. Povrch je tvořen elastickým, piezoelektrickým materiálem, který tlak papilárních linií transformuje do

elektrického signálu a tak vytváří obraz daktyloskopického obrazu. Papilární linie vyvolávají na snímané ploše lokální tlakové působení, kdežto v brázdách je tlak nižší. Pro tlakové senzory pro snímání otisků obecně platí, že pracují stejně dobře v suchém a mokřém prostředí [4].

Teplotní biometrické snímače

Princip termické technologie je založen na tepelném záření. Tyto senzory obsahují citlivý čip – pyrodetektor. Pyrodetektor snímá teplotní rozdíly mezi papilárními liniemi a prostoru mezi nimi. K získání obrazu otisku prstu je nutné po snímači přejet prstem. Získáme tím obraz otisku ve formě digitálních pásů. Tyto pásy se pak následně skládají do výsledného obrazu otisku. Teplota napoví, zda snímání otisk patří živé osobě. Eliminuje tím pádem různé pokusy o podvrh neživého padělku nebo napodobeniny otisku. Je obtížné vytvořit databázi otisků prstů, jelikož se snímají pouze pohybem prstu, po několika sejmutích může být sejmuta jiná část prstu. Špatná kvalita obrazu otisku dále činí tento snímač nevhodným pro použití v přístupových systémech.

Bezkontaktní senzory

U bezkontaktních metod se jedná zejména o využití optiky nebo ultrazvuku.

Optické senzory

Princip práce je podobný dotykovým optickým sensorům. Zdroj světla (LED) osvětluje povrch prstu, který se nedotýká plochy senzoru. Světelný paprsek umožňuje snímat daktyloskopický otisk na vzdálenost 30 až 50 mm. Kamera CCD/CMOS snímá odražený světelný tok. Množství odráženého světla záleží na hloubce papilárních linií a údolí. Tento způsob eliminuje znečištění snímacího senzoru dotyky špinavých prstů.

Ultrazvukové senzory

Ultrazvukové senzory jsou založeny na podobném principu jako senzory optické. Na povrch kůže s daktyloskopickými liniemi dopadá krátkovlnný svazek, který se odráží od povrchu. Papilární linie a brázdy ovlivňují odražený svazek, který je vyhodnocován. Snímání má vysokou přesnost, jejíž hodnota je 0,1 mm. Ultrazvukové vlny proniknou i pod povrch kůže, tato technologie tedy může lehce odhalit falešné prsty. Nedochozí ke zkreslení znečištěním otisku nebo nízkou či vysokou vlhkostí povrchu kůže.

Na následujících obrázcích č. 4 a č. 5 jsou pro představu znázorněny snímače otisků prstů.



Obrázek č. 5 F2/F702 ZEM500 Fingerprint Door Access [8]



Obrázek č. 4 Sebury F007 EM-II [9]

V tabulce č. 1 jsou uvedeny některé parametry, se kterými se bude dále pracovat.

Tabulka č. 1 Parametry identifikace pomocí otisku prstů [zpracováno autorem práce]

FRR	0,2 [%]
FAR	0,0001 [%]
Rychlost verifikace	2 [s]
Míra spolehlivosti	Vysoká

2.2 Identifikace podle geometrie ruky

Člověk je schopen rozpoznat identitu druhého člověka na základě tvaru jeho ruky. Díky tomu se začala používat geometrie ruky pro identifikaci člověka.

Metoda je založena na identifikaci podle geometrie ruky, na rozdílnosti rozměrů prstů, dlaně a velikosti nehtových lůžek. Zařízení měří fyzikální charakteristiky ruky a prstů z hlediska třídimensionální perspektivy. V počátcích vývoje byla tato metoda založena jen na měření délek prstů. Následně se měření zdokonalilo i na snímání délky a šířky dlaně i prstů a bočního profilu ruky [5].

2.2.1 Historie

První zařízení pro měření geometrie ruky vyvinul v Stafordském výzkumném institutu pan Robert P. Miller. V roce 1971 Robert P. Miller obdržel patent na zařízení, které umožňovalo měření délky jednotlivých prstů ruky. Byla to jednorozměrná geometrie. Zařízení bylo mechanické a nazývalo se identimat.

Druhá vývojová řada byla dvourozměrná. Měřila se nejen délka, ale i šířka všech prstů na ruce. Vyvinul jej a nechal si jej patentovat David Sidlauskas v roce 1985. V roce 1996 byly tyto systémy použity pro identifikaci na olympijských hrách v Atlantě.

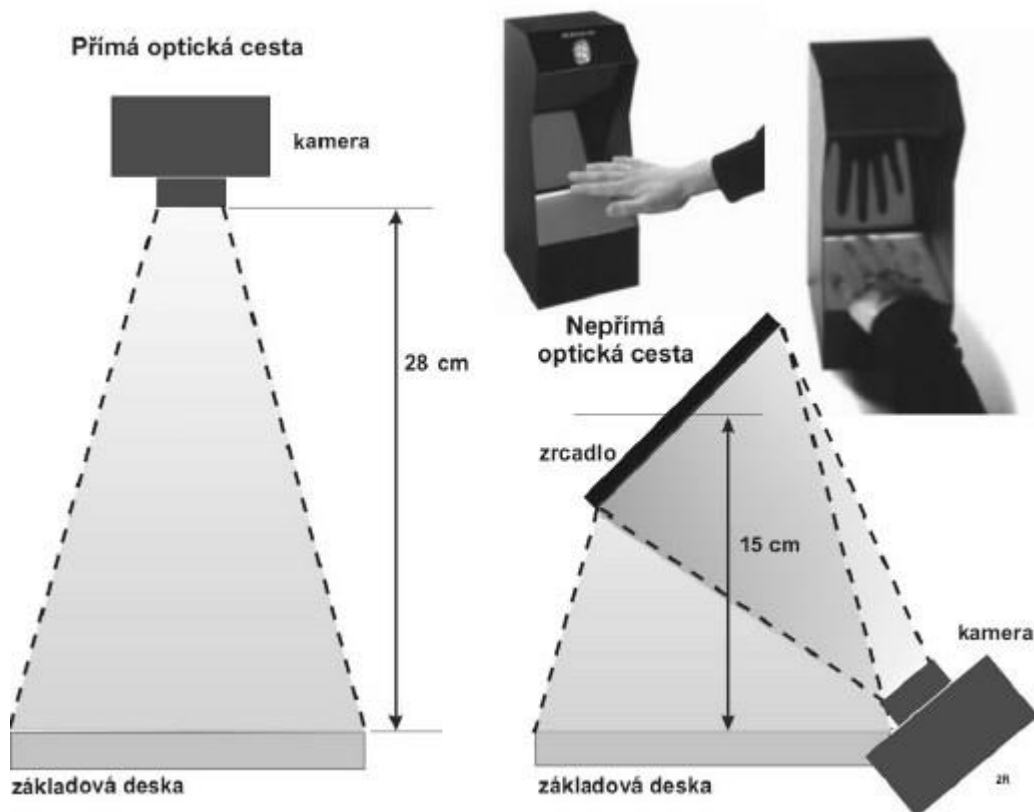
Moderní opto-elektronické komponenty dnes umožňují 3D měření. Oproti předchozí generaci přibývá ještě rozměr výšky.

2.2.2 Princip snímání

Délka, šířka a tloušťka, které se měří na všech pěti prstech jedné ruky, jejich tvar a rozměry jsou jedinečné. Identifikační charakteristiky ruky se časem nemění. Případné změny jsou způsobovány buď změnou tloušťky prstů a dlaně, nebo některými nemocemi, popřípadě úrazy.

Snímání probíhá CCD kamerou s malým rozlišením od 100 do 200 dpi. Skener snímá pouze siluetu dlaně s prsty, nikoliv však otisky prstů či dlaně. Většina systémů vlastní světelný zdroj, ať už ve viditelném, nebo blízkém infračerveném spektru. Většina systémů snímá siluetu ruky shora – hřbet ruky nebo zespodu – dlaň ruky.

První optické kamery používaly přímou optickou cestu a snímaly geometrie ruky kamerou. Vzdálenost mezi základovou deskou a snímací kamerou byla v průměru 28 cm. Pro redukci této vzdálenosti se používá soustava zrcadel, která kromě snížení rozměrů umožňuje třírozměrné snímání. Jde o nepřímou optickou cestu, která snižuje velikost skeneru o polovinu. Na následujícím obrázku č. 6 je vidět, jak vypadá snímání geometrie ruky.



Obrázek č. 6 Princip snímání geometrie ruky [2]

Při snímání se používá podložka, která reflektuje dopadající světlo pod rukou. To se dělá pro zvýšení kontrastu mezi rukou a podložkou, čímž se usnadní proces separace ruky od pozadí. Pokud je snímána i boční silueta ruky, je reflexní podložka umístěna i na boční stěnu.

Z výsledného snímku se kontroluje délka, šířka a tloušťka jednotlivých prstů a dlaně. Získaný snímek se poté redukuje na 9-ti nebo 20-ti bytovou předlohu. Tato předloha je velmi paměťově nenáročná. Díky velkému objemu paměti a vlastnostem biometrické metody geometrie ruky je možné v jediném zařízení uchovávat desítky tisíc referenčních šablon [3].

2.2.3 Metody rozpoznávání podle geometrie ruky

Metoda založená na přímých měřeních

Princip metody je založen na přímém měření významných rozměrů na snímku ruky. Její postup je následující:

- Na začátku se odstraňují distanční kolíky, které jsou umístěny proto, aby zamezovaly uživateli chybně umístit ruku.

- Ve většině zařízení se používají standardní vlastnosti ruky jako příznaky. Z jednotlivých příznaků (například délka prstů, šířka prstů v různých místech, šířka dlaně) se vytvoří šablona.
- V procesu porovnávání referenční šablony se šablonou právě sejmoutou skenerem se porovnávají vzdálenosti předem takto určených bodů a vyhodnocuje se skóre porovnání těchto identifikačních markantů.

Metoda založená na zarovnání rukou

Tato metoda je založena na tom, že se pokoušíme natočit ruce do předem definované polohy a poté měříme, jak se od sebe liší vzor a právě nasnímaný snímek. Proces se skládá z několika kroků:

- Je potřeba z obrazu odstranit distanční kolíky – k jejich odstranění se používá maska, která obsahuje známé pozice všech pěti kolíků.
- Dále sleduje extrakce kontury – pro extrakci tvaru ruky se používá binarizace (adaptivní prahování).
- Potom následuje extrakce a zarovnání prstů – nejprve jsou extrahovány pozice a směry prstů, které se překrývají se šablonou, se kterou je daný snímek porovnáván.
- Dalším krokem je výpočet párových vzdáleností – každé zarovnání z předchozího kroku produkuje množinu shody bodů. Dochází k výpočtu průměrné vzdálenosti mezi odpovídajícími body (MAE – Mean Alignment Error).
- Na konci se provádí proces verifikace – pokud bude $MAE < T$, potom se jedná o shodné ruce, kde T je treshold (práh) [3].

Metoda založená na analýze šířky prstů

Pro tuto metodu používáme šířku jednotlivých prstů ruky.

- Nejprve je celý obrázek binarizován, čímž se ruka oddělí od pozadí. Po binarizaci v oblasti ruky mohou vzniknout trhliny, které jsou zceleny použitím morfologického operátora dilatace.
- Potom je nalezena hlavní osa ruky, vypočítávaná pomocí vlastních vektorů matice setrvačnosti.
- Dále následuje analýza okraje prstu. Algoritmus začíná v bodě, kde dochází k průtnutí hlavní osy se spodní vedlejší osou.
- Poté dochází k segmentaci na jednotlivé prsty, na základě nalezených špiček prstů

a údolí mezi nimi (lokální maxima a minima vzdáleností).

- Každý bod na okraji prstu je promítnut na osu prstu a jsou spočítány všechny vzdálenosti bodů od osy a je vytvořen histogram délek.
- Histogram délek se přepočítá na 100 úrovní a je normalizován počtem promítnutých bodů na prstu. Výsledkem je pravděpodobnostní rozložení těchto délek, které je vyhlazeno Gaussovým filtrem. [3]

2.2.4 Oblasti využití metody geometrie ruky

Oblasti, ve kterých se používají skenery geometrie ruky:

- výrobní závody,
- obchodní domy, sklady,
- hraniční kontroly,
- zdravotnictví,
- školství (menzy, knihovny, počítačové učebny),
- maloobchod.

2.2.5 Výhody a nevýhody geometrie ruky

Výhody

Metoda identifikace podle geometrie ruky je velice rychlá a jednoduchá. Už během několika málo pokusů se uživatel naučí správně klást ruku na snímací plochu. S touto metodou však mohou mít problém starší osoby, a to z důvodu třesoucích se rukou, nebo také osoby nemocné artritidou, postihující prsty horní končetiny. Používá lehce naležitelné rysy, je robustní vůči vlivům prostředí.

Další výhodou je velice malá velikost referenční šablony, která může být buď to 9 bytů (patří k nejmenším u biometrických metod) nebo 20 bytů.

Nevýhody

Přesnost biometrické metody založené na geometrii ruky je nízká, ale je vyšší než behaviorální biometrické metody. Tuto metodu nelze používat pro identifikaci uživatelů, ale pouze pro verifikaci, protože pomocí biometrické šablony není možnost jednoznačně identifikovat osobu, které patří.

Skener geometrie ruky je citlivý na poranění nebo fyzické změny snímané charakteristiky. Podobně lidé trpící Parkinsonovou nemocí, pro kterou je typický třes rukou, nemohou využívat tuto metodu, protože nedokáží položit správně ruku mezi polohovací kolíčky.

Na následujících obrázcích č. 7 a č. 8 jsou pro představu znázorněny snímače geometrie ruky.



Obrázek č. 8 HandKeyII [10]



Obrázek č. 7 HandKeyII [11]

V tabulce č. 2 jsou uvedeny některé parametry, se kterými se bude dál pracovat.

Tabulka č. 2 Parametry identifikace pomocí geometrie ruky [zpracováno autorem práce]

FRR	0,1 [%]
FAR	0,1 [%]
Rychlost verifikace	3 [s]
Míra spolehlivosti	střední

2.3 Identifikace pomocí sítnice oka

Rozpoznávání pomocí oční sítnice je biometrická metoda, která provádí porovnávání osob na základě snímání a porovnávání vzoru sítnice. Je nutné pro získání obrazu cév oční sítnice použít speciální optickou kameru.

Sítnice oka obsahuje rovněž dostatek specifických anatomických bodů, které zajišťují vysokou identifikační schopnost. Snímání biometrického vzorku probíhá světelným paprskem. Bílá sítnice část paprsku pohlcuje a část odráží. Takto je zmapováno řečiště drobných žilek a cévek sítnice, které zůstává během celého života jedince téměř neměnné [6].

2.3.1 Anatomie sítnice

Sítnice je povrch zadní strany oka citlivý na světlo. Vzhledem ke svému vnitřnímu umístění je sítnice chráněna před změnami, které jsou způsobeny vlivem vnějšího prostředí. Díky tomu je vzor cév za oční sítnicí téměř neměnný. Obraz dopadající na sítnici je zaostřen čočkou, oční duhovka přitom upravuje množství světla dopadajícího na sítnici. Sítnice se skládá z velkého počtu specializovaných nervových buněk (tyčinek a čípků). Jsou to světločivné buňky, které mají za úkol převádět světelné paprsky na nervové signály. Čípky poskytují barevné vidění. Tyčinky jsou mnohem citlivější na světlo než čípky, ale poskytují pouze černobílé vidění. Každá tyčinka a čípek je spojen s nervy, jejichž signály vystupují z oka pomocí očního nervu. Oční nerv společně s artérií sítnice vystupují z oka v bodě, kde nejsou žádné čípky ani tyčinky. Jde o tzv. slepý bod na sítnici (slepá skvrna). Máme tedy jedinečný znak a přesně definovaný neměnný bod, což je pro identifikaci naprosto dokonalý materiál. Tyčinky a čípky musí být zásobovány krví, a tak je na pozadí oka velice rozvětvené krevní řečiště – choroidální vaskulatura. To je pro každého člověka jedinečné.

2.3.2 Historie rozpoznávání pomocí sítnice

Oční lékaři Dr. Carleton Simon a Dr. Isodore Goldstein v roce 1935 koncipovali myšlenku pro identifikaci pomocí sítnice. Během studování očních onemocnění zjistili, že každé oko má svůj vlastní zcela unikátní vzor krevního řečiště. Následně publikovali článek v New York State Journal of Medicine o použití sítnicových snímků pro identifikaci osob na základě vzorů cév. Jejich výzkum podpořil i Dr. Paul Tower, který publikoval článek o studiu jednovaječných dvojčat v roce 1955. Předpokládal, že jednovaječná dvojčata by měla mít podobné vzory cév na oční sítnici. Jeho studium identických dvojčat však ukázalo, že právě vzorem cév na oční sítnici se jednovaječná dvojčata značně liší.

Společnost Eydentify, kterou v roce 1976 založil Robert Hill, byla první společnost, která využila myšlenku skenování sítnice a začala se vývojem zařízení zabývat. Hill byl elektroinženýr, který přišel na nápad použít sítnicový skener jako způsob identifikace během doby, kdy vypomáhal svému otci, oftalmologovi, detekovat oční vady pomocí fotek. První pokusy při snímání obrazů oční sítnice vycházely konstrukčně z přístrojů očních lékařů. Byly však velice drahé a náročné na obsluhu [5].

Nejprve bylo používáno pro osvětlení sítnice viditelné světlo. Bylo však zapotřebí velkého množství světla pro získání dostatečného poměru signálu k šumu, které bylo často pro uživatele již nepříjemné. Použití viditelného světla se brzy ukázalo jako nevhodné. Modernější systémy pro osvětlení sítnice využívají světlo v blízké infračervené oblasti. Dané vlnové délky jsou pro lidské oko neviditelné a eliminují tak zdroj nepříjemného viditelného světla. Existují návrhy systémů s využitím laseru, v praxi však žádné takové systémy nebyly implementovány. První fungující prototyp zařízení pro identifikaci osob pomocí snímání obrazu sítnice byl vyroben v roce 1981.

Skenování sítnice bylo využito v několika vládních agenturách, jako je FBI, CIA a NASA. V posledních letech se skenování sítnice stává stále populárnějším i pro komerční účely. Snímání bylo použito ve věznicích, pro ATM ověřování totožnosti.

2.3.3 Technologie snímání sítnice

Sítnicový skener pracuje na principu osvětlení sítnice infračerveným zářením o nízké intenzitě. Tyto infračervené paprsky vstupují do očí a měří se odraz tohoto světla. V okamžiku, kdy se člověk podívá do skeneru, nízkoenergetický paprsek světla obkresluje kruhovou cestu sítnice na zadní straně oka. Cévy potom absorbují více infračerveného světla než okolní tkáň a jsou snadno identifikovatelné za pomoci vhodného osvětlení. Výsledky

jsou zpracovány do počítačového kódu, kde se následně tento kód porovnává se vzorky, které byly vloženy do počítačové databáze.

Princip snímání sítnice se dělí do následujících kroků:

- 1) Obraz, získání a zpracování signálů - optický systém a kamera musí být schopny zachytit snímek sítnice v digitální formě, která je vhodná pro další zpracování.
- 2) Porovnání – program v daném zařízení musí extrahovat klíčové příznaky z daného aktuálně nasnímaného snímku sítnice a porovnat je se vzory z databáze.
- 3) Reprezentace – každý otisk sítnice musí být reprezentován tak, aby bylo možné jeho rychlé porovnání se vzory v databázi a také aby bylo možné jeho uložení do dané databáze [6].

2.3.4 Výhody a nevýhody identifikace pomocí sítnice oka

Výhody

Hlavními výhodami této metody jsou vysoká přesnost a z ní plynoucí bezpečnost. Díky vysoké úrovni výpočetní techniky procesy verifikace a identifikace probíhají velmi rychle. Rychlost práce výpočetní techniky ovšem záleží na kvalitě získaného snímku. Pro spolehlivé fungování vyžaduje systém snímání sítnice spolupráci uživatele, schopnost se soustředit na jeden bod po dobu několika sekund.

Nevýhody

Nejvýznamější nevýhodou je malá příjemnost snímačů pro uživatele. Samotný proces snímání není nepříjemný. Jedná se o nutnost přiblížit oko k snímacímu zařízení a vydržet bez pohybu několik sekund. Další nevýhodou je strach uživatele z poškození zraku zářením světelného zdroje.

Navíc není možné použít snímače sítnice ve venkovním prostředí. Nemožnost použití je způsobena malou velikostí čočky a příliš velkým množstvím okolního světla.

V tabulce č. 3 jsou uvedeny některé parametry, se kterými se bude dále pracovat.

Tabulka č. 3 Parametry identifikace pomocí sítnice oka [zpracováno autorem práce]

FRR	0,4 [%]
FAR	0,001 [%]
Rychlost verifikace	4 [s]
Míra spolehlivosti	vysoká

2.4 Identifikace pomocí oční duhovky

2.4.1 Historie

Prvním, kdo v roce 1936 předložil koncept metody pro rozpoznávání jedinců pomocí lidské duhovky, byl oftalmolog Frank Burch. V roce 1985 oftalmologové Leonard Flom a Aran Safir předložili koncept, že žádné dvě oční duhovky nejsou stejné. Za dva roky jim byl udělen patent za tuto úvahu. V roce 1994 si John Daugman nechal patentovat první algoritmus pro automatickou identifikaci podle obrazu oční duhovky a ten je i v současnosti základem pro všechny biometrické systémy pro rozpoznávání pomocí lidské duhovky. První komerční produkty byly na trhu v roce 1995 [1].

2.4.2 Technologie rozpoznávání duhovky

Biometrické systémy pro rozpoznávání duhovky jsou relativně nově vyvinuté. Jedná se o metodu, která umožňuje spolehlivou identifikaci uživatele na základě jeho jedinečné reakce oční duhovky na vyzařované světlo. Vzhled struktury duhovky je velmi nahodilý s fyzickou strukturou extrémně bohatou na datové vzory, které se liší člověk od člověka, a to i dokonce mezi jednovaječnými dvojčaty. Unikátní vzor lidské duhovky je tvořen od 10 měsíců lidského života a zůstává beze změny po celou dobu života. Duhovka obsahuje specifické unikátní identifikační body, které umožňují s vysokou přesností stanovit identitu člověka. Duhovka se skládá z náhodně rozmístěných, v čase neměnných barevných struktur. Žádné dvě duhovky oka nejsou stejné. Snímání duhovky probíhá za pomoci standardní video technologie. Velikou výhodou při skenování duhovky je, že se jedná o bezkontaktní metodu, která je rychlá a nabízí bezkonkurenční přesnost při srovnání s jinou bezpečnostní alternativou ze vzdálenosti 7-25 cm [5].

Duhovka je tenká kruhová membrána, která se nachází uvnitř oka mezi rohovkou a čočkou. Reguluje velikost zornice na základě intenzity světla dopadajícího na oko. Střední průměr duhovky je 12 mm a velikost zornice se může měnit od 10 % do 80 % z průměru duhovky. Duhovka je extrémně viditelný barevný kroužek kolem zornice. Její zbarvení

odpovídá množství melatoninového pigmentu uvnitř svaloviny. Každé lidské oko je unikátní. Složitý vzor duhovky může obsahovat mnoho charakteristických znaků (například klenuté vazy, rýhy, hřebeny, krypty, prstence, koróny, pigmentové skvrny a klikaté čáry). Krypty jsou tmavá místa mezi řasnatou a zornicovou oblastí. Radiální rýhy paprskovitě vybíhají od zornice k okraji duhovky. Pigmentové skvrny jsou náhodné shluky pigmentových buněk, které se nacházejí na povrchu duhovky. Pigmentové záhyby vznikají jako důsledek vystupující spodní vrstvy duhovky okolo zornice. Barva duhovky je dána především hustotou melaninového pigmentu v její přední vrstvě a stromou, přičemž modrá barva duhovky je výsledkem absence pigmentu. Ve skutečnosti se odhaduje šance, že dvě duhovky budou totožné 1 ku 1078.

2.4.3 Detekce duhovky

Cílem segmentace je lokalizovat oblast duhovky v obraze. To spočívá v nalezení vnitřních hranic mezi zornicí a duhovkou a vnějších hranic mezi duhovkou a bělímou. Tyto hranice jsou modelovány ve většině případů jako dva nesoustředné kruhy (i když to nejsou vždy dokonalé kruhy). Může nastat výjimka, při které jsou hranice aproximovány jako elipsy.

Tvary zornice a duhovky jsou většinou detekovány pomocí Houghovy transformace jako kružnice a tvary víček jako parabolické oblouky. Tyto reprezentace však nejsou dokonalé. Vyvíjí se nové a přesnější metody, mezi ně patří např. metoda kruhových aktivních tvarů nebo metoda využívající integro-diferenciální operátor[2].

Algoritmy pro rozpoznávání duhovky:

- Houghova transformace.
- Daugmanův integro-diferenciální operátor.
- Metoda parametrických aktivních kontur.
- Metoda kruhových aktivních kontur.

2.4.4 Výhody identifikace pomocí duhovky

Na světě existuje jen málo lidí, kteří by tuto technologii nemohli použít. V několika případech dokonce i nevidomí používají úspěšně metodu pro rozpoznání duhovky, jelikož tato technologie je závislá pouze na vzoru duhovky, nikoli na lidském pohledu. Jako dvourozměrný objekt je její snímání relativně nezávislé na úhlu osvětlení a změny úhlu pohledu znamenají pouze afinní transformace. Charakteristický kruhový tvar duhovky umožňuje přesnou a spolehlivou identifikaci tohoto orgánu a vytvoření reprezentace duhovky s konstantní velikostí.

Vzor duhovky a struktura vykazují dlouhodobou stabilitu. Unikátní vzor lidské duhovky je tvořen od 10 měsíců lidského života a zůstává beze změny po celou dobu života. Takže jakmile je jedinec zapsán, potřeby aktualizace jsou méně časté.

Ideální pro manipulaci s velkými databázemi.

Zatímco ze začátku byla metoda navržena spíše pro identifikaci, tedy porovnání jednoho vzorku uživatele s n-počtem vzorků v databázi, tato metoda pracuje i velice dobře v režimu verifikace, tedy v porovnání referenčního vzorku se vzorkem právě získaným od uživatele, jedná se tedy o porovnání 1:1.

Na následujících obrázcích č. 9 a č. 10 jsou pro představu znázorněny snímače duhovky.



Obrázek č. 10 Iris ID iCAM TD100 [12]



Obrázek č. 9 Cross Match I Scan 2 [13]

V tabulce č. 4 jsou uvedeny některé parametry, se kterými se bude dál pracovat.

Tabulka č. 4 Parametry identifikace pomocí oční duhovky [zpracováno autorem práce]

FRR	0,00066 [%]
FAR	0,00078 [%]
Rychlost verifikace	4 [s]
Míra spolehlivosti	vysoká

2.5 Identifikace podle struktury žil na ruce

2.5.1 Metody snímání žil

Existují dvě metody snímání žil:

1. Identifikace podle struktury žil v dorzální části ruky.
2. Identifikace podle struktury žil na dlani.

Identifikace podle struktury žil v dorzální části ruky

Využívá se individuální struktury žil, jež má u dospělého jedince dostatečnou stálost a jedinečnost i u jednovaječných dvojčat.

Metoda využívá speciální kameru, která snímá v infračervené oblasti elektromagnetického spektra a získá černobílý obraz krevního řečiště. K dalšímu zpracování se využívá tvar a tloušťka žil. Zobrazením snímaného místa v infračervené oblasti získáme černobílý snímek ruky s černě vykresleným cévním řečištěm. To je způsobeno odkysličeným hemoglobinem, pohlcujícím světlo o vlnové délce přibližně 760 nm, což je hodnota blízká infračervenému světlu. Díky tomu, že IR záření proniká jen do hloubky cca 3 mm, se na snímku objeví pouze cévní řečiště dorzální části ruky. Pro získání vzorku pro porovnání s etalonem musí projít snímek čtyřmi fázemi úprav:

1. Segmentace obrazu – tento krok slouží k vycentrování snímku. K tomu je nutné oddělit ruku od černého pozadí.
2. Vyhlazení a redukce šumu – dochází k vyhlazení cévního řečiště a potlačení vlivu tvaru dorzální části ruky na získaný snímek.
3. Lokální prahování – v tomto kroku dochází k vyčlenění struktury řečiště na základě specifických metod.

4. Postprocessing – po upravení zůstane na snímku pouze struktura žil dorzální části ruky.

Metoda se využívá jak pro verifikaci, tak k identifikaci. Nachází uplatnění v přístupových systémech s vysokou úrovní bezpečnosti. Tato technologie se využívá především v Japonsku, kde slouží k verifikaci osob v nemocnicích, univerzitách a bankomatech.

Metoda je k dispozici pro veřejnost od roku 2000 [4].

Identifikace podle struktury žil na dlani

Obdoba identifikace podle struktury žil dorzální části ruky s tím rozdílem, že se využívá struktury žil na dlani. Opět se jedná o bezdotykové snímání pomocí speciální infračervené kamery.

2.5.2 Výhody identifikace pomocí struktury žil na ruce

Obrovskou výhodou této metody je obtížnost zfalšování, jelikož struktura žil je ukryta před zraky případných útočníků, navíc jsou některé systémy schopny rozpoznat, zda v žilách proudí krev. Pozměnit strukturu bez operace je tedy nemožné. Žíly jsou ideální vzory, poněvadž jsou dostatečně velké, stabilní a ukryté.

Mezi velké výhody patří spolehlivost, intuitivnost a bezkontaktní princip snímání na rozdíl od identifikace podle geometrie ruky.

Na následujících obrázcích jsou pro představu znázorněny snímače žil na ruce.



Obrázek č. 11 Biosmart PV-WTC-IC [14]



Obrázek č. 12 Bioscrypt 4G V-Station [15]

V tabulce č. 5 jsou uvedeny některé parametry, se kterými se bude dál pracovat.

Tabulka č. 5 Parametry identifikace pomocí struktury žil na dlani [zpracováno autorem práce]

FRR	0,01 [%]
FAR	0,0008 [%]
Rychlost	2,5
Míra spolehlivosti	vysoká

3 Důvody zavedení biometrické identifikační metody

3.1 Zabezpečení budov a jednotlivých učeben

Vstoupit do všech budov i poslucháren/učeben ČVUT může kdokoliv, kdo má ISIC čili kartu ČVUT. Tomu bychom chtěli zabránit, protože člověk, který nepatří na fakultu, může lehce poškodit univerzitní majetek. Zločincem může být ale i student naší fakulty. I když je většina počítačových učeben a laboratoří chráněna kamerovým systémem a vstup je umožněn pouze pomocí čipové karty, existují možnosti, jak tento systém obejít. Příkladem může být ztráta či krádež karty.

Poněvadž kamery a čipové karty nejsou schopné zajistit náležitou úroveň bezpečnosti v celém prostoru fakulty (chodba, posluchárny, učebny, laboratoře, knihovny, menzy), zavedení vyšší úrovně bezpečnosti pro vstup do některých místností pomocí biometrické identifikační metody je velice důležité.

3.2 Ověření osobnosti studenta u zkoušky nebo testu

U některých zkoušek není potřeba mít s sebou doklad totožnosti. Student napíše zkoušku, odevzdá práci a podepíše známku. U těžších předmětů je tomu věnována větší pozornost ze strany učitelů. Ale není tady 100% jistota, že na zkoušku přijde ten student, který má přijít. Na fotce na čipové kartě (která obvykle postačí k ověření osobnosti u zkoušky), která je poškrábaná, což se časem stane, někdy nevypadá člověk přesně tak, jak vypadá ve skutečnosti. Díky tomu je možnost napsat zkoušku namísto někoho, kdo má více či méně shodný obličej.

Jakousi výhodu v tomto případě měl papírový index, v němž fotka byla přilepena uvnitř indexu a nebyla poškrábaná do nepoznatelnosti.

Druhým důležitým detailem je to, že se fotka nemění v průběhu celého studia – 3-4 let. Je ale jasné, že člověk, zejména mladý, se může silně změnit i za jeden rok.

Tím pádem by mohlo zavedení biometrické identifikace osobnosti odstranit nyní existující možnost oklamání učitele.

3.3 Fakulty a studenti na ČVUT

České vysoké učení technické v Praze patří k největším a nejstarším technickým vysokým školám v Evropě.

V současné době má ČVUT osm fakult a studuje na něm přes 21 000 studentů:

- Fakulta stavební (FSv),
- Fakulta strojní (FS),
- Fakulta elektrotechnická (FEL),
- Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI),
- Fakulta architektury (FA),
- Fakulta dopravní (FD),
- Fakulta biomedicínského inženýrství (FBMI),
- Fakulta informačních technologií (FIT).

Fakulta stavební byla založena v roce 1707 a je tak historicky nejstarší a patří počtem studentů i dalšími parametry svého výkonu k největším fakultám ČVUT v Praze. Má celkem 4 budovy, které se nachází v Dejvicích.

Fakulta strojní byla založena v roce 1864. Nachází se celkem ve třech lokalitách Prahy: Dejvice, Karlovo náměstí, Horská.

Fakulta elektrotechnická vznikla v roce 1950. Fakulta má dvě budovy: v rámci hlavního kampusu ČVUT v Dejvicích a v historické budově fakulty na Karlově náměstí.

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská byla založena původně v rámci čs. jaderného programu v roce 1955, postupně rozšířila svou působnost na široké spektrum matematických, fyzikálních a chemických oborů. Fakulta je řešena bezbariérově a díky svému technickému vybavení umožňuje studium i zrakově postiženým.

Fakulta architektury vznikla v roce 1976. V roce 2011 se přestěhovala do nové budovy ČVUT, čímž zastavěla jednu z posledních volných parcel vysokoškolského kampusu v Dejvicích.

Fakulta dopravní získala akreditaci pro inženýrské studium 5. května 1993. Fakulta je rozmístěna ve třech budovách: Florenc, Konviktská a Horská.

Fakulta biomedicínského inženýrství je druhou nejmladší fakultou Českého vysokého učení technického v Praze. Vznikla v roce 2005 transformací Ústavu biomedicínského inženýrství. Budova fakulty se nachází v Kladně.

Fakulta informačních technologií byla oficiálně zřízena 1. 7. 2009 jako v pořadí osmá fakulta Českého vysokého učení technického v Praze.

Z důvodu omezeného objemu paměti biometrických čteček uvádím tabulku č. 6 s počtem studentů na jednotlivých fakultách.

Tabulka č. 6 Počet studentů na jednotlivých fakultách ČVUT [zpracováno autorem práce]

	Bakalářský program [studentů]	Magisterský program [studentů]	Doktorský program [studentů]
Fakulta stavební (FSv)	3420	1480	510
Fakulta strojní (FS)	1 580	633	289
Fakulta elektrotechnická (FEL)	1771	1109	489
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)	1184	252	433
Fakulta architektury (FA)	1037	1587	170
Fakulta dopravní (FD)	1283	471	149
Fakulta biomedicínského inženýrství (FBMI)	1300	400	100
Fakulta informačních technologií (FIT)	1700	490	65

3.4 Současný stav bezpečnostního přístupu do prostor ČVU

3.4.1 Vstup do budov a učeben

Vstup do všech budov ČVUT je zajištěn pomocí čipové karty, kterou může být buď průkaz studenta ČVUT, nebo průkaz ISIC se znakem ČVUT.

Kromě vstupu do budov a některých učeben se čipové karty používají:

- v knihovnách ČVUT a ve Státní technické knihovně,
- k nákupu služeb a zboží v provozovnách Správy účelových zařízení ČVUT,
- k identifikaci v zabezpečovacích systémech ČVUT,
- k identifikaci mimo ČVUT jako potvrzení o studiu pro mimoškolní aktivity studenta, pokud byly s externími organizacemi (s dopravními podniky, finančními institucemi apod.) uzavřeny smlouvy nebo pokud tyto organizace poskytují volné vstupy a slevy na studentské průkazy dle svých vnitřních pravidel,
- jako průkazka na městskou hromadnou dopravu,
- pro platby v Transakčním zúčtovacím systému.

U držitele průkazu ISIC jsou navíc některé slevy:

- slevy u dopravců mimo rámec žákovského jízdného (Busmat, CDS Náchod a další),
- slevy ve vybraných lyžařských střediscích,
- slevy v kinech a divadlech (multiplexy Village Cinemas, CineStar),
- slevy na festivalech (Rock for People, Colours of Ostrava, Sázava Fest, Okolo Třeboně),
- slevy ve vybraných obchodech a restauracích (Rock Point, Sportisimo, knihkupectví Beta, KFC, Einstein, Paneria a další).

3.4.2 Počet místností potřebujících bezpečnostní vstup

Skoro všechny levnější čtečky mají maximální kapacitu otisku od 1000 do 1500, což znamená od 500 do 750 osob (dva otisky pro jednoho uživatele). Z tohoto důvodu by bylo komplikovanější používat biometrické snímače pro vstup do všech počítačových učeben z důvodu většího počtu studentů, kteří potřebují do nich vstup v průběhu celého studia. To ale není velký problém, poněvadž za posledních několik let na fakultě dopravní nebyly zaznamenány mimořádné události spojené s poškozením či krádeží fakultního majetku.

Tím pádem nabízím zavedení biometrické identifikace pro vstup do:

- Počítačových učeben vybavených nejmodernějším zařízením;
 - 3
- Počítačových ústavů;
 - 2
- Všech ústavů:
 - 11 ústavů:
 - Ústav aplikované matematiky K611;
 - Ústav dopravních systémů K612;
 - Ústav aplikované informatiky v dopravě K614;
 - Ústav jazyků a společenských věd K615;
 - Ústav dopravních prostředků K616;
 - Ústav logistiky a managementu K617;
 - Ústav mechaniky a materiálů K618;
 - Ústav dopravní telematiky K620;
 - Ústav letecké dopravy K621;
 - Ústav soudního znalectví v dopravě K622;
 - Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství K623.
 - průměrný počet místností zabezpečených biometrickou čtečkou pro každý ústav – 2.
 - Celkem – 22.
- Děkanátu;
- Tiskárny
 - V současné době se tiskárny nachází ve dvou budovách: na Konviktu a na Horské. Problém je, že tiskárny mají poměrně krátkou provozní dobu, která nevyhovuje mnoha studentům:

Tabulka č. 7 Pracovní doba tiskárny FD ČVUT

Pondělí	8:30 – 11:00 (Horská)
Úterý	12:00 – 14:30 (Konvikt)
Středa	12:30 – 15:00 (Horská)
Čtvrtek	12:00 – 14:30 (Konvikt)

- Existuje možnost tisknout dokumenty ve vestibulu budovy B na Horské, ale tato tiskárna nemá připojení k počítači, tím pádem není možné dokument upravit nebo ho stáhnout z webu, pouze vložit Flash disk a vytisknout dříve uložený dokument, což také komplikuje i už tak složitý život studenta ČVUT.
- Je možnost převést tiskové zařízení z Konviktu do Horské a udělat tam jedinou tiskárnu pro celou Fakultu dopravní, zabezpečenou biometrickým vstupem. Tím pádem by tiskárna mohla být v provozu bez časového omezení a bez nutnosti sledování zaměstnancem. Studenti a zaměstnanci by mohli vstupovat do tiskárny na základě ověření své identity biometrickým zařízením a mohli by sami platit za využití služby.

4 Návrh algoritmu multikriteriální optimalizace

Vybral jsem 5 biometrických metod, které jsou popsány v teoretické části práci. Abych zjistil, která z metod je pro Fakultu dopravní nejpříjemnější, porovnal jsem tyto metody dvěma způsoby:

1. Pomocí vzorce,
2. Pomocí přiřazení vah.

4.1 Porovnání biometrických metod pomocí vzorce

4.1.1 Vzorec

Vytvořil jsem vzorec, podle kterého se dá zjistit, jaká metoda je pro zavedení na FD nejlepší.

$$F = 1 - \log_{10} \left(\frac{N}{K} \times \sqrt{R^2 + M^2} + (FRR + FAR)^2 \right)$$

4.1.2 Vysvětlení významu koeficientů použitých ve vzorci pro porovnání biometrických metod

- **F** – koeficient, který vyjadřuje nevhodnější biometrickou metodu, $F \in (0; 1 >$.
- **FRR (False Rejection Rate)** – Chybné odmítnutí žadatele: Koeficient chybného odmítnutí žadatele je označován jako chyba I. druhu. Udává, s jakou pravděpodobností zařízení nerozpozná oprávněnou osobu, která má uloženou svou referenční biometrickou šablonu. Nerozpoznání uživatele způsobuje zamezení přístupu osoby, která je oprávněná, v systému registrovaná a přístup má mít povolen. Chybné odmítnutí je nežádoucí, ale tato chyba pouze snižuje komfort verifikace/identifikace a neohrožuje bezpečnost chráněného objektu. Z pohledu policejně-soudních aplikací se ale jedná o závažný nedostatek: chybné odmítnutí znamená, že osoba, jejíž identitu je potřeba potvrdit, není rozpoznána, a proto uniká z okruhu vyšetřovacích činností.
- **FAR (False Acceptance Rate)** – Chybné přijetí žadatele: Koeficient chybného přijetí žadatele je označován jako chyba II. druhu. Udává, s jakou pravděpodobností zařízení povolí přístup osobě, která nemá v systému uloženou svou referenční biometrickou šablonu. Důvodem může být, že osoba, u níž má dojít k potvrzení

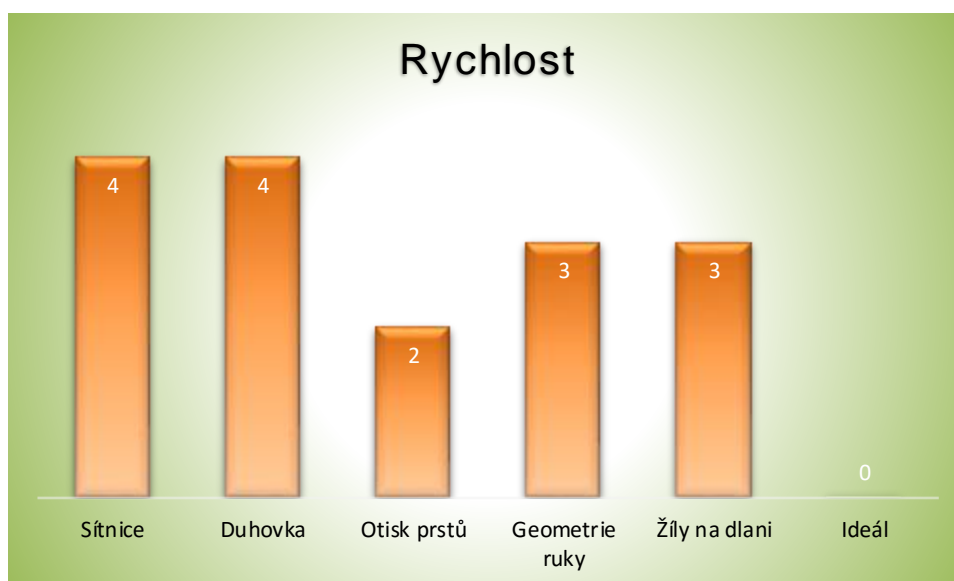
identity, je mylně ztotožněna s jinou osobou, nebo je to úspěšné cílené oklamání systému pachatelem. Chybné přijetí žadatele vytváří vážné bezpečnostní riziko.

- **R (Rychlost)** – Koeficient vyjádřený v sekundách. Tento koeficient ukazuje dobu potřebnou k povolení otevření dveře. Doba začíná od kontaktu člověka s biometrickou čtečkou, dále sleduje ověření identity člověka a povolení otevření dveří.

Význam jednotlivých koeficientů:

- $R = 0$: doba identifikace je rovna 0 s;
- $R = 1$: doba identifikace je v rozmezí $<0 - 1>$ s;
- $R = 2$: doba identifikace je v rozmezí $<1 - 2>$ s;
- $R = 3$: doba identifikace je v rozmezí $<2 - 3>$ s;
- $R = 4$: doba identifikace převyšuje 3 s.

Na následujícím grafu je vidět, jak se liší koeficienty rychlosti jednotlivých metod.



Graf č. 1 Koeficienty rychlosti jednotlivých metod [zpracováno autorem práce]

- **M (Míra spolehlivosti)** – Koeficient založený na bezpečnosti při ověření osoby pomocí vybrané biometrické identifikační metody. Je závislý na FRR a FAR a na možnosti obejít systém.

Význam jednotlivých koeficientů:

- $M = 1$:

- úroveň spolehlivosti vybrané metody – nejvyšší (ideální);
- metoda – ideální.
- $M = 1,5$:
 - úroveň spolehlivosti vybrané metody – velmi vysoká;
 - metoda – sítnice, duhovka.
- $M = 2$:
 - úroveň spolehlivosti vybrané metody – vysoká;
 - metoda – otisk prstů, žíly na dlani.
- $M = 2,5$:
 - úroveň spolehlivosti vybrané metody – střední;
 - metoda – geometrie ruky.

Na následujícím grafu je vidět, jak se liší koeficienty míry spolehlivosti jednotlivých metod.



Graf č. 2 Koeficienty míry spolehlivosti jednotlivých metod
[zpracováno autorem práce]

- **N (Náklady)** – Pořizovací náklady na jednu čtečku, vyjádřené z aritmetického průměru několika biometrických čteček různé cenové a kapacitní kategorie:
 - $N = 1$: cenová kategorie biometrických čteček dané identifikační metody je v rozmezí $<0 - 15\ 000>$ Kč;
 - $N = 2$: cenová kategorie biometrických čteček dané identifikační metody je v rozmezí $<15\ 000 - 30\ 000>$ Kč;
 - $N = 3$: cenová kategorie biometrických čteček dané identifikační metody je v rozmezí $<30\ 000 - 45\ 000>$ Kč;
 - $N = 4$: cenová kategorie biometrických čteček dané identifikační metody převyšuje 45 000 Kč.

Ceny jednotlivých čteček jsou uvedeny v příloze A.

Na následujícím grafu je vidět, jak se liší koeficienty nákladů jednotlivých metod.



Graf č. 3 Koeficienty nákladů jednotlivých metod [zpracováno autorem práce]

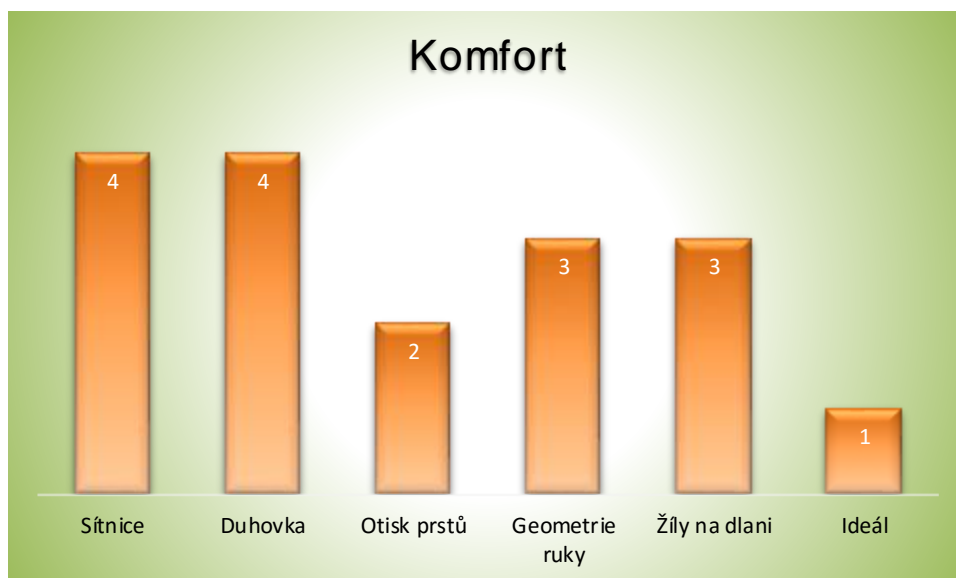
- **K (Komfort)** – Pohodlí osoby při kontaktu se čtečkou.

Závisí na:

- části těla identifikované osoby, která je v kontaktu s biometrickým zařízením;
- času, který musí být osoba v bezprostředním kontaktu s biometrickým zařízením;
- nepříjemném pocitu identifikované osoby při kontaktu s biometrickým zařízením, například vzhledem k záření, které vyzařuje čtečka při praxi.

Význam jednotlivých koeficientů:

- $K = 1$:
 - úroveň komfortu identifikované osoby – vyšší (ideální);
 - tělesný kontakt s biometrickým zařízením – žádný;
 - čekací doba – žádná;
 - nepříjemný pocit v procesu identifikace – žádný;
 - metoda – ideální.
- $K = 2$:
 - úroveň komfortu identifikované osoby – vysoká;
 - tělesný kontakt s biometrickým zařízením – minimální (prst);
 - čekací doba – krátká;
 - nepříjemný pocit v procesu identifikace – minimální;
 - metoda – otisk prstů.
- $K = 3$:
 - úroveň komfortu identifikované osoby – střední;
 - tělesný kontakt s biometrickým zařízením – střední (dlaň);
 - čekací doba – krátká;
 - nepříjemný pocit v procesu identifikace – nízký;
 - metoda – geometrie ruky, žíly na dlani.
- $K = 4$:
 - úroveň komfortu identifikované osoby – nízká;
 - tělesný kontakt s biometrickým zařízením – nejcitlivější část lidského těla (oči);
 - čekací doba – delší;
 - nepříjemný pocit v procesu identifikace – vysoký – kvůli záření, které vyzařuje čtečka při praxi.



Graf č. 4 Koeficienty komfortu jednotlivých metod [zpracováno autorem práce]

4.1.3 Ohodnocení koeficientů

V tabulce č. 7 jsou všechny koeficienty, které jsem využil k porovnání biometrických metod pomocí vzorce.

Tabulka č. 8 Koeficienty pro výpočet F [zpracováno autorem práce]

	Sítnice	Duhovka	Otisk prstů	Geometrie ruky	Žíly na dlani	Ideál
FRR	0,4	0,00066	0,2	0,1	0,01	0
FAR	0,001	0,00078	0,0001	0,1	0,0008	0
Rychlost (R)	4	4	2	3	3	0
Míra spolehlivosti (M)	1,5	1,5	2	2,5	2	1
Náklady (N)	4	3	1	2	2	1
Komfort (K)	4	4	2	3	3	1

4.1.4 Vyhonocení výsledků

Výsledky získané ze vzorce:

$$F = 1 - \log_{10} \left(\frac{N}{K} \times \sqrt{R^2 + M^2} + (FRR + FAR)^2 \right)$$

Pro ideální metodu by se F mělo rovnat 1:

$$F_I = 1 - \log_{10} \left(\frac{1}{1} \times \sqrt{0^2 + 1^2} + (0 + 0)^2 \right) = 1$$

Pro sítnice:

$$F_S = 1 - \log_{10} \left(\frac{4}{4} \times \sqrt{4^2 + 1,5^2} + (0,4 + 0,001)^2 \right) = 0,35$$

Pro duhovku:

$$F_D = 1 - \log_{10} \left(\frac{3}{4} \times \sqrt{4^2 + 1,5^2} + (0,00066 + 0,00078)^2 \right) = 0,49$$

Pro geometrie ruky:

$$F_G = 1 - \log_{10} \left(\frac{2}{3} \times \sqrt{3^2 + 2,5^2} + (0,1 + 0,1)^2 \right) = 0,58$$

Pro žíly na dlani:

$$F_Z = 1 - \log_{10} \left(\frac{2}{3} \times \sqrt{3^2 + 2^2} + (0,1 + 0,0008)^2 \right) = 0,62$$

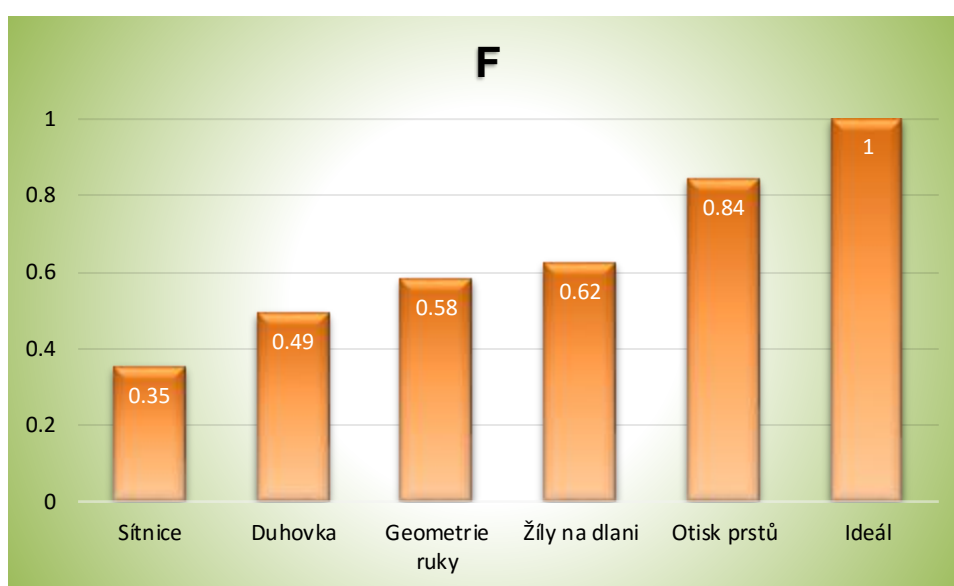
Pro otisk prstů:

$$F_O = 1 - \log_{10} \left(\frac{1}{2} \times \sqrt{2^2 + 2^2} + (0,2 + 0,0001)^2 \right) = 0,84$$

Hodnoty získané pomocí vzorce jsou uvedeny v tabulce č. 8 a znázorněny v grafu č. 5.

Tabulka č. 9 Hodnoty F pro jednotlivé biometrické metody [zpracováno autorem práce]

Biometrická metoda	F
Sítnice	0,35
Duhovka	0,49
Geometrie ruky	0,58
Žíly	0,62
Otisk prstů	0,84
Ideál	1



Graf č. 5 Hodnoty F pro jednotlivé biometrické metody [zpracováno autorem práce]

Podle vzorce vychází, že nejhodnější biometrickou identifikační metodou pro zavedení na Fakultu dopravní (případně na všechny fakulty ČVUT) je metoda založená na snímání otisku prstů.

4.2 Porovnání biometrických metod pomocí přiřazení vah

4.2.1 Přiřazení vah jednotlivým koeficientům

Jako druhou metodu vyhodnocení biometrických identifikačních metod chci zpracovat metodu přiřazení vah. Každému ze šesti koeficientů přiřadím určitou váhu na základě potřeb a možností Fakulty dopravní.

Největší váhu jsem se rozhodl přiřadit nákladům (N), poněvadž otázka ceny je pro vysokou školu důležitější, než například doba trvání procesů identifikace (samozřejmě, pokud se doba liší jen o několik vteřin, jako to je v našem případě).

Na druhém místě je komfort, který jsem považoval za důležitý, protože většinu předpokládaných uživatelů biometrických čteček budou představovat pracovníci fakulty, kteří nepatří do mladé věkové kategorie a kterým by podle mého názoromohlo vadit, budou-li muset přiložit k čtečce prst, nebo budou pokaždé skenovány jejich oči.

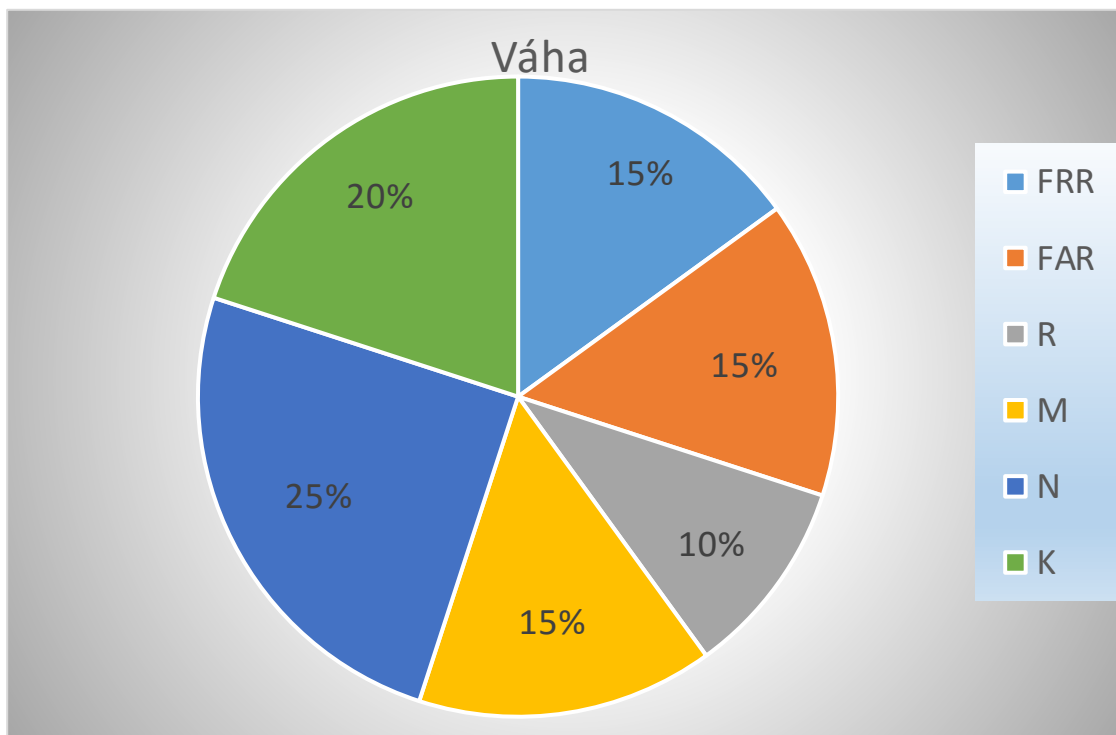
Chybu prvního druhu, chybu druhého druhu a míru spolehlivosti jsem ohodnotil stejnou váhou, protože tyto koeficienty jsou na sobě více méně závislé. Na třetím místě jsou kvůli tomu, že chráněné objekty nemají (neměly by mít) utajované skutečnosti, které by chtěl nějaký zločinec ukrást.

Na posledním místě podle důležitosti je rychlost (R). To vychází z toho, že korelace je velmi malá.

Váhy koeficientů jsou uvedeny v tabulce č. 9 a pro názornost jsou uvedeny na grafu č. 6.

Tabulka č. 10 Váhy jednotlivých koeficientů [zpracováno autorem práce]

Koeficient	Váha
FRR	15 %
FAR	15 %
R	10 %
M	15 %
N	25 %
K	20 %



Graf č. 6 Váhy jednotlivých koeficientů [zpracováno autorem práce]

4.2.2 Přepočet koeficientů

Abych mohl zjistit procentuální podíl každého koeficientu pro jednotlivou metodu, musím stanovit 100 %. Za 100 % pro všechny koeficienty stanovím „ideál“. Kvůli tomu, že se v koeficientech u „ideálu“ vyskytují nuly, přičítám ke všem koeficientům konstantu: $\lambda=1$.

Po přechtení konstanty λ se tabulka koeficientů č. 7 změní na následující tvar:

Tabulka č. 11 Přepočtené koeficienty pro výpočet F' [zpracováno autorem práce]

	Sítnice	Duhovka	Otisk prstů	Geometrie ruky	Zily na dlani	Ideál
FRR	1,4	1,00066	1,2	1,1	1,01	1
FAR	1,001	1,00078	1,0001	1,1	1,0008	1
Rychlost (R)	5	5	3	4	4	1
Míra spolehlivosti (M)	2,5	2,5	3	3,5	3	2
Náklady (N)	5	4	2	3	3	2
Komfort (K)	5	5	3	4	4	2

4.2.3 Přepočet koeficientů (stanovení procentuálního podílu) a výpočet F'

Následujícím krokem musím zjistit procentuální podíl všech koeficientů pro každou metodu v závislosti na koeficientech ideální metody.

Pro tento výpočet použiju pro každý koeficient jeden ze šesti následujících vzorců:

$$\boxed{FRR'_x = \frac{FRR_I}{FRR_x}} \quad \boxed{FAR'_x = \frac{FAR_I}{FAR_x}} \quad \boxed{R'_x = \frac{R_I}{R_x}} \quad \boxed{M'_x = \frac{M_I}{M_x}} \quad \boxed{N'_x = \frac{N_I}{N_x}} \quad \boxed{K'_x = \frac{K_I}{K_x}}$$

kde:

FRR'_x je přepočítaná hodnota chyby prvního druhu pro všechny $x \in X$;

FAR'_x je přepočítaná hodnota chyby druhého druhu pro všechny $x \in X$;

R'_x je přepočítaná hodnota rychlosti pro všechny $x \in X$;

M'_x je přepočítaná hodnota míry spolehlivosti pro všechny $x \in X$;

N'_x je přepočítaná hodnota nákladů pro všechny $x \in X$;

K'_x je přepočítaná hodnota komfortu pro všechny $x \in X$;

X je množina všech metod.

F' je koeficient, který vyjadřuje nejvhodnější biometrickou metodu, $F \in (0; 1 >$.

Pro stanovení F' je nutné sečíst všechny přepočtené koeficienty vynásobené váhami podle následujícího vzorce:

$$F'_x\{v(g)\} = FRR'_x \times v(FRR) + FAR'_x \times v(FAR) + R'_x \times v(R) + M'_x \times v(M) + N'_x \times v(N) + K'_x \times v(K)$$

kde $v(g)$ je váha jednotlivých koeficientů;

$g \in G$;

G je množina všech koeficientů.

4.2.4 Výpočet F' pro sítnice

Přepočet koeficientů

$$FRR'_S = \frac{FRR_I}{FRR_S} = \frac{1}{1,4} = 0,71$$

$$FAR'_S = \frac{FAR_I}{FAR_S} = \frac{1}{1,001} = 0,99$$

$$R'_S = \frac{R_I}{R_S} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$M'_S = \frac{M_I}{M_S} = \frac{2}{2,5} = 0,8$$

$$N'_S = \frac{N_I}{N_S} = \frac{2}{5} = 0,4$$

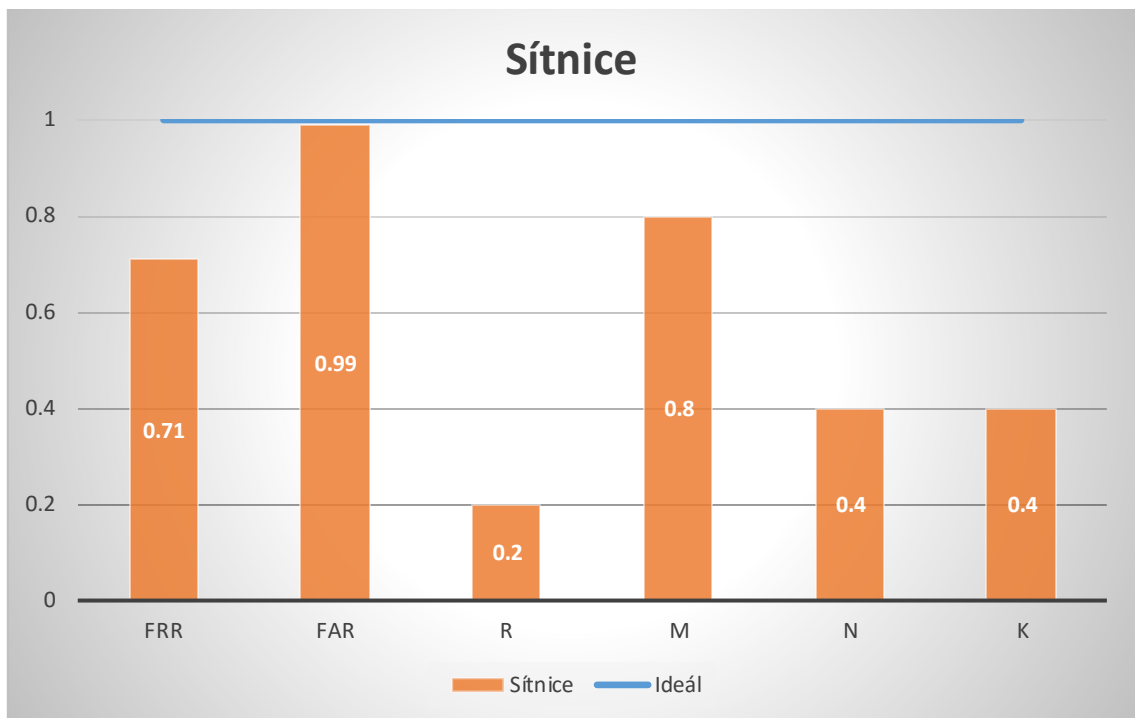
$$K'_S = \frac{K_I}{K_S} = \frac{2}{5} = 0,4$$

Vyhodnocení výsledků

Pro sítnice platí:

$$F'_S\{v(g)\} = 0,71 \times 15 + 0,99 \times 15 + 0,2 \times 10 + 0,8 \times 15 + 0,4 \times 25 + 0,4 \times 20 = 57,5 = 0,58$$

Na následujícím grafu č. 7 je vidět, jak se liší jednotlivé koeficienty biometrické identifikace pomocí sítnice od „ideálu“:



Graf č. 7 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí sítlice [zpracováno autorem práce]

4.2.5 Výpočet F' pro duhovku

Přepočet koeficientů

$$FRR'_D = \frac{FRR_I}{FRR_D} = \frac{1}{1,00066} = 0,99$$

$$FAR'_D = \frac{FAR_I}{FAR_D} = \frac{1}{1,00078} = 0,99$$

$$R'_D = \frac{R_I}{R_D} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$M'_D = \frac{M_I}{M_D} = \frac{2}{2,5} = 0,8$$

$$N'_D = \frac{N_I}{N_D} = \frac{2}{4} = 0,5$$

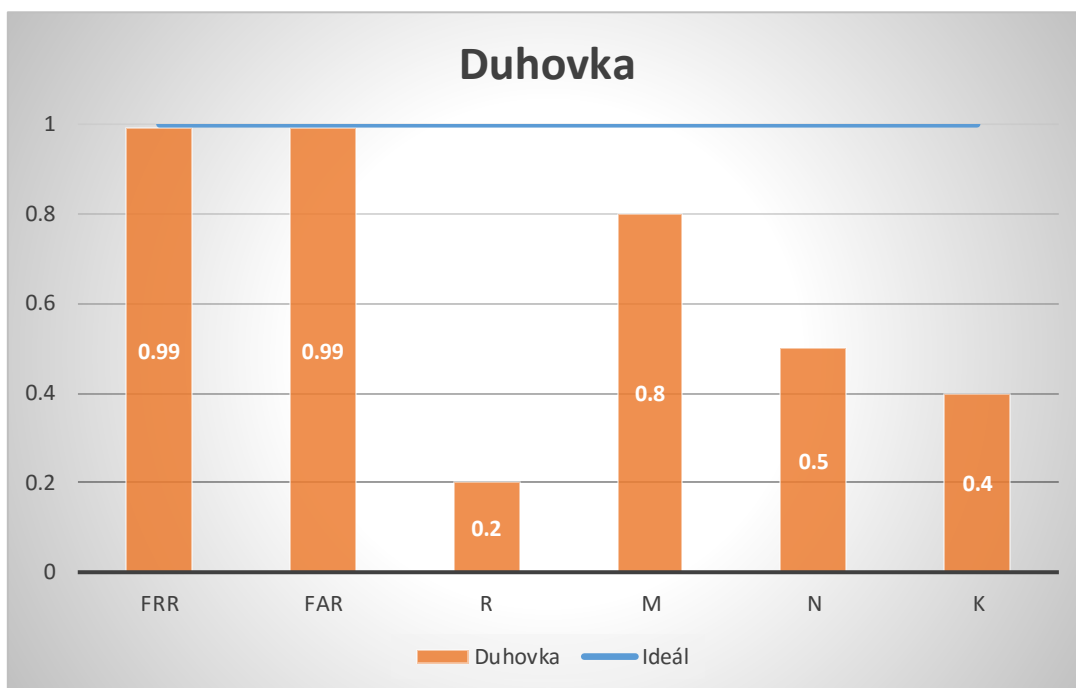
$$K'_D = \frac{K_I}{K_D} = \frac{2}{5} = 0,4$$

Vyhodnocení výsledků

Pro duhovku platí:

$$F'_D\{v(g)\} = 0,99 \times 15 + 0,99 \times 15 + 0,2 \times 10 + 0,8 \times 15 + 0,5 \times 25 + 0,4 \times 20 = 64,2 = 0,64$$

Na následujícím grafu č. 8 je vidět, jak se liší jednotlivé koeficienty biometrické identifikace pomocí duhovky od „ideálu“:



Graf č. 8 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí duhovky [zpracováno autorem práce]

4.2.6 Výpočet F' pro geometrii ruky

Přepočtení koeficientů

$$FRR'_G = \frac{FRR_I}{FRR_G} = \frac{1}{1,1} = 0,91$$

$$FAR'_G = \frac{FAR_I}{FAR_G} = \frac{1}{1,1} = 0,91$$

$$R'_G = \frac{R_I}{R_G} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$M'_G = \frac{M_I}{M_G} = \frac{2}{3,5} = 0,57$$

$$N'_G = \frac{N_I}{N_G} = \frac{2}{3} = 0,67$$

$$K'_G = \frac{K_I}{K_g} = \frac{2}{4} = 0,5$$

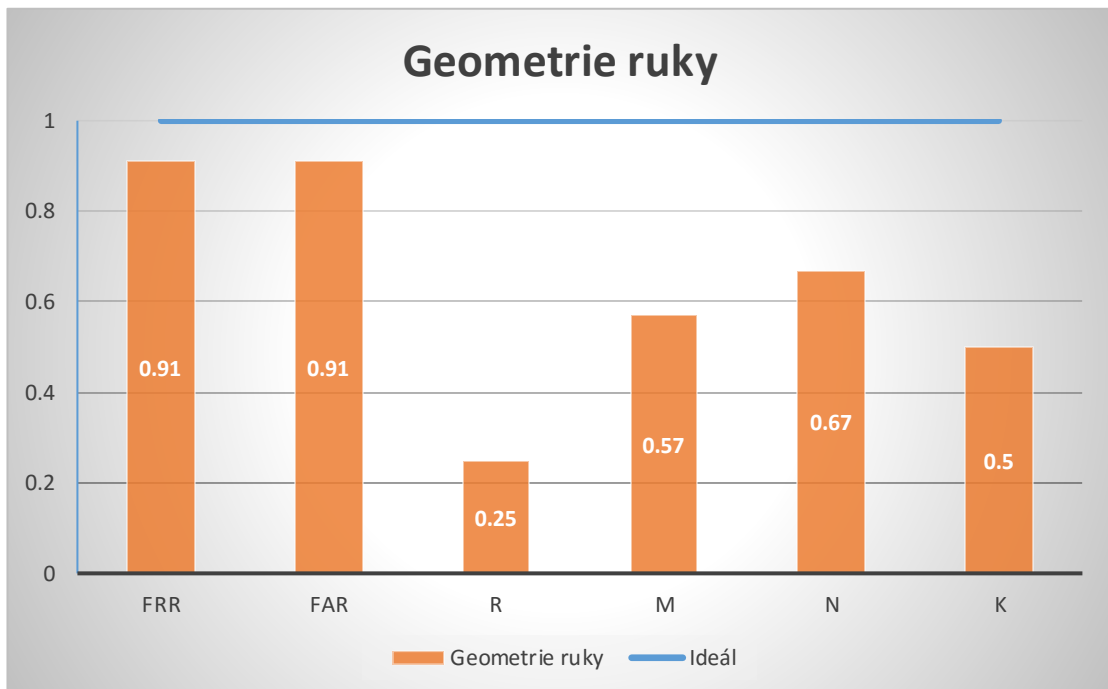
Vyhodnocení výsledků

Pro geometrii ruky platí:

$$F'_G\{v(g)\} = 0,91 \times 15 + 0,91 \times 15 + 0,25 \times 10 + 0,57 \times 15 + 0,67 \times 25 + 0,5 \times 20 = 65,1$$

$$= 0,65$$

Na následujícím grafu č. 9 je vidět, jak se liší jednotlivé koeficienty biometrické identifikace pomocí geometrie ruky od „ideálu“:



Graf č. 9 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí geometrie ruky [zpracováno autorem práce]

4.2.7 Výpočet F' pro žíly na dlani

Přepočítání koeficientů

$$FRR'_{\check{z}} = \frac{FRR_I}{FRR_{\check{z}}} = \frac{1}{1,01} = 0,99$$

$$FAR'_{\check{z}} = \frac{FAR_I}{FAR_{\check{z}}} = \frac{1}{1,0008} = 0,99$$

$$R'_{\check{z}} = \frac{R_I}{R_{\check{z}}} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$M'_{\check{z}} = \frac{M_I}{M_{\check{z}}} = \frac{2}{3} = 0,67$$

$$N'_{\check{z}} = \frac{N_I}{N_{\check{z}}} = \frac{2}{3} = 0,67$$

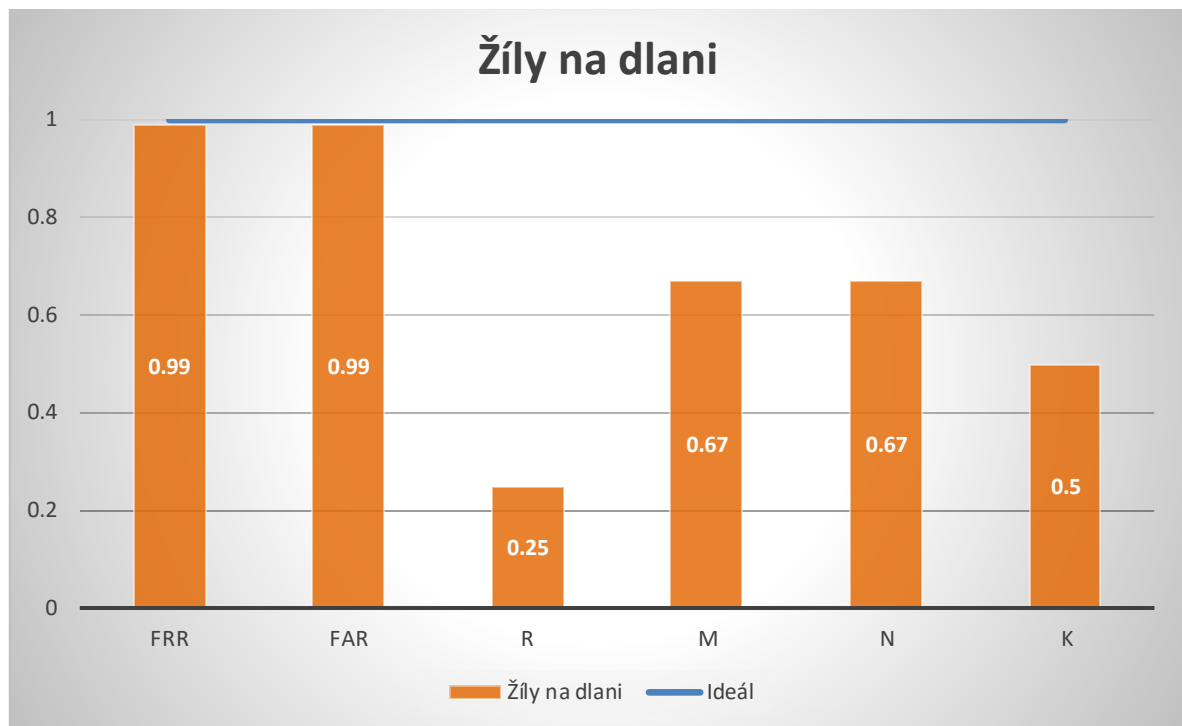
$$K'_{\check{z}} = \frac{K_I}{K_{\check{z}}} = \frac{2}{4} = 0,5$$

Vyhodnocení výsledků:

Pro žíly na dlani platí:

$$F'_{\check{z}}\{v(g)\} = 0,99 \times 15 + 0,99 \times 15 + 0,25 \times 10 + 0,67 \times 15 + 0,67 \times 25 + 0,5 \times 20 = 69 = 0,69$$

Na následujícím grafu č. 10 je vidět, jak se liší jednotlivé koeficienty biometrické identifikace pomocí žil na dlani od „ideálu“:



Graf č. 10 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí žil na dlani [zpracováno autorem práce]

4.2.8 Výpočet F' pro otisk prstů

Přepočtení koeficientů

$$FRR'_o = \frac{FRR_I}{FRR_o} = \frac{1}{1,2} = 0,83$$

$$FAR'_o = \frac{FAR_I}{FAR_o} = \frac{1}{1,0001} = 0,99$$

$$R'_o = \frac{R_I}{R_o} = \frac{1}{3} = 0,33$$

$$M'_o = \frac{M_I}{M_o} = \frac{2}{3} = 0,67$$

$$N'_o = \frac{N_I}{N_o} = \frac{2}{2} = 1$$

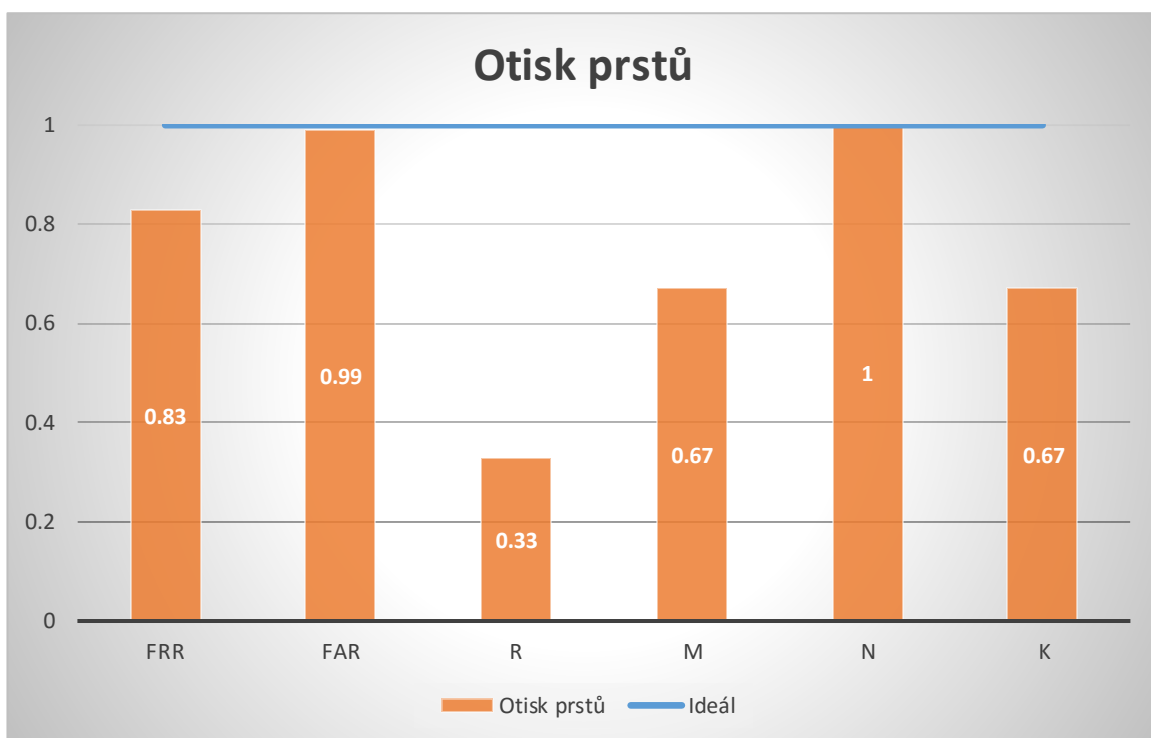
$$K'_o = \frac{K_I}{K_o} = \frac{2}{3} = 0,67$$

Vyhodnocení výsledků

Pro otisk prstů platí:

$$F'_o\{v(g)\} = 0,83 \times 15 + 0,99 \times 15 + 0,33 \times 10 + 0,67 \times 15 + 1 \times 25 + 0,67 \times 20 = 79,05 \\ = 0,79$$

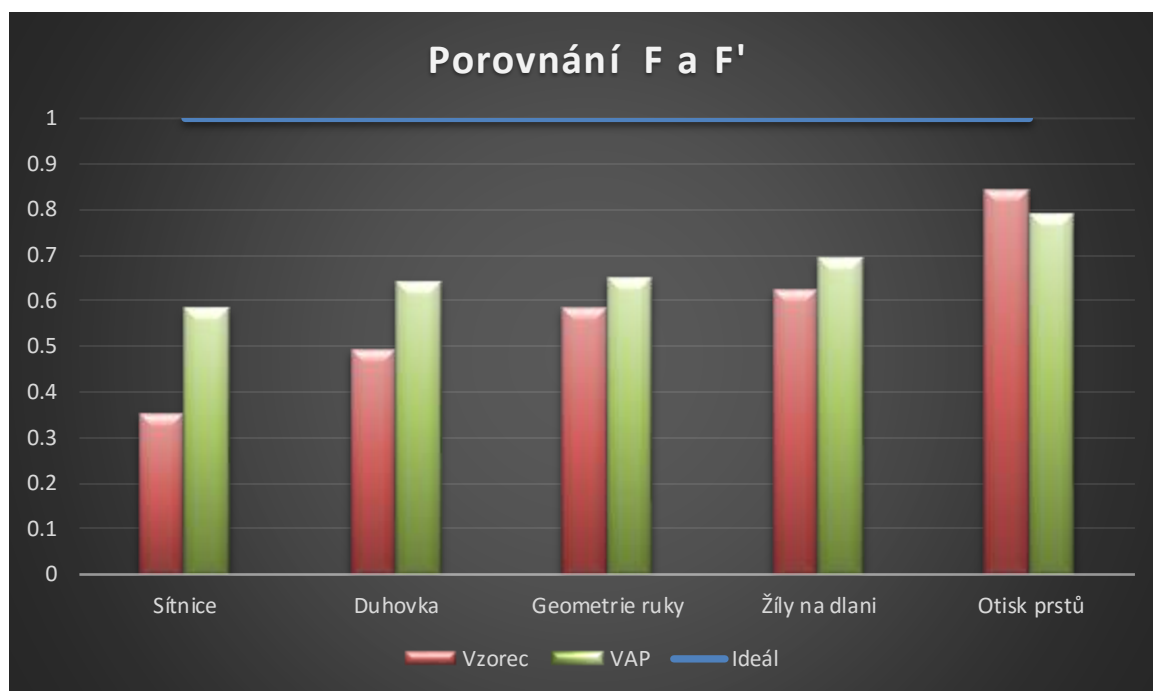
Na následujícím grafu č. 11 je vidět, jak se liší jednotlivé koeficienty biometrické identifikace pomocí otisku prstů od „ideálu“:



Graf č. 11 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí otisku prstů [zpracováno autorem práce]

5 Návrh řešení v rámci ČVUT

Následující graf č. 12 ukazuje, že hodnoty spočítané pomocí vzorce (F) a pomocí VAP (F') se trochu liší, ale pořadí metod podle toho, do jaké míry by se hodily na Fakultu dopravní, je stejné.



Graf č. 12 Porovnání výsledků (F a F') získaných pomocí dvou metod [zpracováno autorem práce]

Pomocí provedené teoretické a praktické analýzy a na základě získaných hodnot lze s jistou věrohodností říct, že pro zavedení na ČVUT je nejvhodnější přístupový systém založený na identifikaci pomocí otisku prstů.

Závěr

Tato bakalářská práce je věnována výběru optimální biometrické identifikační metody pro zabezpečení vstupu do některých místností vybavených drahou technikou. Vzal jsem v úvahu především laboratoře, několik počítačových učeben, tiskárnu. Zjišťoval jsem také počet studentů a zaměstnanců fakulty, který mi byl poskytnut vedoucím mé bakalářské práce. Počet teoretických uživatelů je nutný proto, že každá biometrická čtečka má omezený objem paměti. Proto by se levnější čtečka například na otisku prstů, která má paměť 500 párů otisků, v žádném případě nehodila pro vstup do budovy ani do většiny učeben, které jsou užívány téměř všemi studenty bakalářského a magisterského studia a některými studenty doktorského studia a také učiteli.

V budoucnosti by se dalo zavést stejné zabezpečení pro všechny fakulty ČVUT, možná i pro vstup do budov a všech místností bez ohledu na technické vybavení jednotlivých místností. Objektem zkoumání této práce však byla právě Fakulta dopravní.

V souladu s tématem byly v bakalářské práci vybrány, popsány a analyzovány určité biometrické identifikační metody.

Vybral jsem 5 podle mě nejpříjemnějších metod, které jsem se pokusil porovnat mezi sebou. Byla provedena analýza silných a slabých stránek každé biometrické metody. 4 z 5 metod jsem otestoval, když jsem byl doma v Ingušetii. Byl mi povolen přístup do budov soudní – lékařské expertizy, kde je šéfem můj otec. Zkoušením biometrických čteček různé úrovně zabezpečení a ceny jsem dospěl k tomu, že teoretické znalosti a poznatky získané z vybraných literárních zdrojů jsou postačující k zjištění odpovědi na položenou otázku: „Která z biometrických metod je nejpříjemnější pro zavedení do prostor FD ČVUT?“

Porovnal jsem biometrické metody dvěma způsoby. První způsob umožňuje vzorec, který jsem vymyslel na základě určitých matematických znalostí a pokusů. Pro fungování tohoto vzorce bylo třeba zjistit 6 koeficientů pro každou z biometrických metod. Tyto koeficienty byly zjištěny na základě praktické analýzy a pomocí vědeckých děl o biometrických identifikačních čtečkách. Pomocí vzorce bylo zjištěno, že nejpříjemnější metodou pro zavedení na fakultu je metoda identifikace pomocí otisku prstů.

Druhým způsobem porovnání biometrických metod byl mnou zvolený způsob přiřazení vah. Vycházel jsem na začátku ze stejných koeficientů jako při práci se vzorcem, které se potom musely přepočítat. Přiřadil jsem jednotlivým koeficientům váhy. Tento způsob umožňuje zjistit nejpříjemnější metodu nejen pro FD, ale i pro jiné společnosti. Následně jsem zjistil

procentuální podíl všech koeficientů pro každou metodu v závislosti na koeficientech ideální metody (přepočtené koeficienty). Pro zjištění F' jsem sečetl všechny přepočtené koeficienty vynásobené váhami.

Pomocí přiřazení vah jsem dospěl ke stejnému výsledku jako při počítání pomocí vzorce. Navíc pořadí jednotlivých biometrických identifikačních metod podle jejich průměrnosti pro fakultní účely je stejné u obou způsobů, což potvrzuje správnost řešení otázky položené na začátku této práce.

Seznam použitých zdrojů

- [1] JUNGVALD, Torvald. *Věk kriminalistiky*. Moskva, 1991.
- [2] RAK, R., MATYÁŠ, V., ŘÍHA, Z., a kol. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [3] NÚDZIKOVÁ, P., SLANINA, Z., D. VALA a P. DRÁBEK. *Elektromobilita I*. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3531-0.
- [4] ŠČUREK, R. *Biometrické metody identifikace osob c bezpečnostní praxi*. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008.
- [5] SCHEUERMANN, D., S. SCHWIDERSKI-GROSCHKE a B. STRUIF. *Usability of Biometrics in Relation to Electronic Signatures*. Schloß Birlinghoven : GMD – Forschungszentrum Informationstechnik, GmbH, Version 1.0, 2000. ISSN 1435-2702.
- [6] ŠČUREK, R. *Biometrické technologie*. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3786-4.
- [7] *Digitální knihovny ČVUT* [online]. 2016 [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/>.
- [8] Alibaba.com. *Fingerprint Access Control* [online]. 2016 [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://guide.alibaba.com/shopping-guides/fingerprint-access-control-f702-s.html>.
- [9] Eletur.cz. *Sebury F007 EM-II, kombinovaná biometrická čtečka otisků prstu/RFID čipů / autonomní čtečka prstů, WG26* [online]. 2016 [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <https://www.eletur.cz/rfid-bimetricky-otisk-prstu-ctecka-f007-ii-sebury-s-rfid-125khz>.
- [10] Moysignal.ru. Все плюсы и минусы биометрической системы защиты [online]. © 2015 [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://moysignal.ru/okhrannye/datchiki-i-pribory/vse-plyusy-i-minusy-biometrisheskojj-sistemy-zashhity.html>.
- [11] APIS spol. s r.o.: Biometria 25. *Dochádzková biometrická čítačka HandKeyII* [online]. 1991-2016. [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://www.biometria.sk/ru/hk2.html>.
- [12] IrisID.com. *iCAM TD100* [online]. 2016. [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://www.irisid.com/productssolutions/hardwareproducts/icamtd100/>
- [13] Fulcrum Biometrics, LLC. *Cross Match I Scan 2* [online]. 2016 [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://www.fulcrumbiometrics.com/Cross-Match-I-Scan-2-p/102140.htm>.
- [14] Satro-paladin.com. *Biosmart PV-WTC-IC* [online]. 2016. [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://www.satro-paladin.com/catalog/good/17494-biosmart-pv-wtc-ic>.
- [15] Safran Identity & Security. *Bioscrypt 4G V-Station* [online]. [cit. 2016-08-11]. Dostupné z: <http://www.morpho.com/en/biometric-terminals/time-attendance-terminals/fingerprint-time-clocks/bioscrypt-4g-v-station>.

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Princip optického snímače.....	19
Obrázek č. 2 Princip optickoelektronického snímače	20
Obrázek č. 3 Princip kapacitního snímače.....	20
Obrázek č. 4 Sebury F007 EM-II.....	22
Obrázek č. 5 F2/F702 ZEM500 Fingerprint Door Access.....	22
Obrázek č. 6 Princip snímání geometrie ruky	24
Obrázek č. 7 HandKeyII	27
Obrázek č. 8 HandKeyII	27
Obrázek č. 9 Cross Match I Scan 2	33
Obrázek č. 10 Iris ID iCAM TD100	33
Obrázek č. 11 Biosmart PV-WTC-IC.....	35
Obrázek č. 12 Bioscrypt 4G V-Station	35

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Parametry identifikace pomocí otisku prstů	22
Tabulka č. 2 Parametry identifikace pomocí geometrie ruky.....	28
Tabulka č. 3 Parametry identifikace pomocí sítnice oka	31
Tabulka č. 4 Parametry identifikace pomocí oční duhovky	34
Tabulka č. 5 Parametry identifikace pomocí struktury žil na dlani.....	36
Tabulka č. 6 Počet studentů na jednotlivých fakultách ČVUT	39
Tabulka č. 7 Pracovní doba tiskárny FD ČVUT	41
Tabulka č. 8 Koeficienty pro výpočet F	48
Tabulka č. 9 Hodnoty F pro jednotlivé biometrické metody.....	50
Tabulka č. 10 Váhy jednotlivých koeficientů	51
Tabulka č. 11 Přepočtené koeficienty pro výpočet F'	53

Seznam grafů

Graf č. 1 Koeficienty rychlosti jednotlivých metod	44
Graf č. 2 Koeficienty míry spolehlivosti jednotlivých metod.....	45
Graf č. 3 Koeficienty nákladů jednotlivých metod.....	46
Graf č. 4 Koeficienty komfortu jednotlivých metod.....	48
Graf č. 5 Hodnoty F pro jednotlivé biometrické metody.....	50
Graf č. 6 Váhy jednotlivých koeficientů	52
Graf č. 7 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí sítnice	55
Graf č. 8 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí duhovky	56
Graf č. 9 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí geometrie ruky.....	57
Graf č. 10 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí žil na dlani.....	59
Graf č. 11 Jednotlivé koeficienty pro identifikaci pomocí otisku prstů	60
Graf č. 12 Porovnání výsledků (F a F') získaných pomocí dvou metod	61

Seznam příloh

Příloha č. 1 Ceny jednotlivých čteček potřebné ke stanovení cenových koeficientů (N)