

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**



**Světové trendy v oblasti biometrické identifikace**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Veronika Hartová, Ph.D

Autor Práce: Jakub Vošahlík

Praha 2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Vošahlík

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

**Světové trendy v oblasti biometrické identifikace**

Název anglicky

**World trends in the field of biometric identification**

---

### **Cíle práce**

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku biometrických identifikačních systémů. Hlavním cílem je provést průzkum nových světových trendů v problematice biometrických identifikačních systémů. Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- na základě průzkumu určit nové trendy biometrických identifikačních systémů
- zhodnotit tyto systémy z hlediska možnosti jejich zasazení do praxe

### **Metodika**

Metodika řešení problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Vlastní řešení je realizováno formou průzkumu nových trendů v biometrických identifikačních systémech. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry bakalářské práce.

---

**Doporučený rozsah práce**

30 až 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

**Klíčová slova**

biometrie, světový trend, vývoj, identifikace

---

**Doporučené zdroje informací**

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

JAIN, A.; BOLLE, R.; PANKANTI, S. „Biometrics. Personal Identification in Networked Society.“ Norwell, Massachusetts, USA, Kluwer Academic Publisher, 1999, ISBN 0-7923-8345-1.

KŘEČEK, S., a spol.: Příručka zabezpečovací techniky. Blatná: Circetus, 2006. 313s. ISBN 80-902938-2-4.

RAK, R.; MATYÁŠ, V.; ŘÍHA, Z. a kolektiv. „Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích.“ Praha, Nakladatelství Grada, 2012

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Veronika Nídllová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra elektrotechniky a automatizace

---

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2015

**prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 30. 6. 2015

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

---

V Praze dne 25. 03. 2017

---

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Světové trendy v oblasti biometrické identifikace vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. 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: ... ..

... ..

Jakub Vošahlík

## **Poděkování**

Tímto chci poděkovat mentorovi bakalářské práce Ing. Veronice Hartové, Ph.D za její odbornou pomoc a čas, který mi při psaní bakalářské práce věnovala.

**Abstrakt:** Práce je zaměřena na problematiku novodobých trendů současnosti v biometrických zabezpečovacích systémech. V teoretické části jsou vysvětleny základní pojmy, které souvisí s problematikou biometrických systémů. Dále se teoretická část zabývá problematikou vybraných reprezentujících technologií, které jsou momentálně trendem ve světě. Praktická část je zaměřena na problematiku biometrických zařízení, které zastupují řešené biometrické technologie z teoretické části. Problematika vybraných biometrických zařízení spočívá v porovnání jejich užitečnosti pro použití v praxi. K získání užitečnosti jednotlivých zařízení byla provedena multikriteriální analýza variant váženého součtu za pomoci metody pořadí. Na základě získaných hodnot užitečnosti byl stanoven nejlepší kandidát pro použití v praxi.

**Klíčová slova:** biometrie, světový trend, vývoj, identifikace

### **World trends in the field of biometric identification**

**Summary:** This thesis is focused on the problematics of current trends in biometric security systems. There are basic notions explained in the theoretical part, which are related to biometric systems problematics. Hereafter the theoretical part is focused on the problematics of chosen representing technologies, which are trending in the world nowadays. The practical part is focused on the problematics of biometric security devices representing the technologies discussed in the theoretical part. The problematics of chosen biometric devices is based on comparing their usefulness for practical application. To gain the usefulness of individual devices a multi-criteria analysis of variants of weighted sum of order has been made. Based on gained values of usefulness the best candidate for practical application has been established.

**Keywords:** biometrics, world trends, development, identification

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Metodika práce .....	3
3.1	Metoda váženého součtu.....	3
3.1.1	Základní pojmy .....	3
3.1.2	Určení pořadí kritérií a hodnoty vah .....	4
3.1.3	Postup metody váženého součtu.....	4
4	Přehled řešené problematiky .....	5
4.1	Popis identifikace osoby.....	5
4.1.1	Biometrická Identifikace.....	6
4.1.2	Biometrická verifikace .....	6
4.2	Autentizace a biometriky .....	7
4.2.1	Autentizace.....	7
4.2.2	Biometriky .....	8
4.3	Výkonnost biometrických metod a zařízení .....	8
4.3.1	Základní pojmy měření.....	9
4.3.2	Pracovní postup biometrických systémů .....	10
4.4	Otisk prstu .....	10
4.4.1	Dermatoglyfy.....	11
4.4.2	Snímače otisku prstů .....	13
4.4.3	Snímače kontaktní.....	13
4.5	Lokomoce .....	16
4.5.1	Experiment bodových světél .....	17
4.5.2	Cyklus chůze v lékařství.....	17
4.5.3	Sagitální kinematika .....	20
4.6	Biometrie obličeje .....	23
4.6.1	Historie a současnost .....	23
4.6.2	Svaly hlavy .....	24
4.6.3	Struktura obličeje .....	24
4.6.4	Stárnutí obličejové části .....	25
4.6.5	2D čtečky obličeje.....	25
4.6.6	3D snímání obličeje .....	26
4.6.7	Termografie.....	29

4.7	Biometrie krevního řečiště .....	31
4.7.1	Metoda krevního řečiště ruky .....	31
4.7.2	Metoda cévního systému prstu.....	32
4.7.3	Souhrnné vlastnosti.....	34
5	Vlastí zpracování .....	35
5.1	Vybraná zařízení .....	36
5.1.1	Kriteriální atributy vybraných biometrických zařízení .....	36
6	Zhodnocení výsledků.....	38
6.1	Výsledná užítkovost biometrických zařízení .....	38
7	Závěr .....	40
8	Seznam literatury .....	41
9	Seznam obrázků .....	43
10	Seznam příloh.....	I



# 1 Úvod

Použití biometrického ověření totožnosti osoby prakticky lze nalézt již v dobách vývoje lidské rasy. Lidé v té době, byť v nevědomosti ale přirozeně, používali k identifikaci člena svého společenství jeho vizuálního vzhled. Společenství většinou sčítalo pár jedinců, takže zapamatování biometrických vlastností ostatních členů společenství nebyl problémový faktor. Prakticky i v dnešní době dochází k ověření totožnosti jedince podle vizuálního vzhledu za použití technických vylepšení a dodatečných jedinečných biometrických prvků každého jedince. Technické vymoženosti, masivní nárůst lidské populace a zejména tím zvýšené množství nebezpečných situací lidstvo nutí vyvíjet a aplikovat nové a nové biometrické zabezpečovací systémy.

V 80. letech až do konce 20. století se biometrické zabezpečovací systémy držely v pozadí od okolního světa. Byly předmětem vývoje v širších odborných kruzích a pomalu docházelo k aplikaci pro masovější účely, jako je kriminalistická činnost (biometrický otisk prstů v elektronické podobě). Po teroristických událostech, zejména 11. září 2001, zažilo odvětví biometrické bezpečnosti masivní rozmach a dostalo se do popředí nejen ve státních správách ale i v soukromých objektech a firmách. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

Systémy pracují s jedinečnými charakteristickými prvky, které jsou jednoznačně prokazatelné a nedochází k jejich častým změnám, jsou dnes nejlepším možným zabezpečením. Samozřejmě jako vše na světě ani tyto biometrické zabezpečovací systémy nejsou dokonalé a stoprocentní. Postupem času u bezpečnostních systémů dochází k nalezení způsobu sabotáže nebo obelstění. Tedy je na místě klást důraz zejména na jejich vývoj a aplikování dodatečných bezpečnostních opatření, aby se minimalizovala šance na úspěšné sabotování těchto systémů. (Baštan, 2013)

V současné době se biometrické zabezpečovací systémy ve větším měřítku aplikují jako ochrana vstupu do různých objektů před nezvaným jedincem. Zejména jsou to objekty typu státních budov, výzkumných zařízení, elektrárnách, letišťích. Na prvním místě používání biometrických zabezpečovacích systémů je stále odvětví v kriminalistice. Tento faktor bude v nejbližší době neměnný a bude zřejmě přetrvávat i nadále. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

Světovým trendem v současnosti a prakticky novinkami lze označit technologie, vedoucí k biometrickému zabezpečení, jako jsou snímače otisku prstů v mobilních telefonech, 3D biometrické snímače obličejové části, termografických vlastností obličeje a zejména biometrické zabezpečení postavené na ověření totožnosti pomocí lokomočních vlastností. Do budoucna se do technologie ověření totožnosti pomocí lokomočních vlastností vkládají velké ambice, zejména u možnosti rozpoznat osobu, která chce provést teroristický útok nebo jinak ublížit svému okolí. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

## 2 Cíl práce

Tato bakalářská práce se tematicky zabývá a řeší problematiku současných světových trendů biometrických identifikačních zabezpečovacích systémů. Hlavním cílem této bakalářské práce je provést průzkum a zpracovat problematiku nových světových trendů biometrických identifikačních zabezpečovacích systémů.

- vytvoření přehledu v této řešené problematice
- na základě průzkumu určit nové světové trendy v biometrických identifikačních systémech
- zpracovat problematiku biometrických identifikačních technologií určených světových trendů
- vlastní výběr reprezentujících zařízení z popisovaných trendů biometrických technologií
- vlastní zhodnocení systémů z hlediska jejich zasazení do praxe

### 3 Metodika práce

Teoretická část bakalářské práce se bude zabývat vytvořením základního přehledu problematiky biometrických systémů, problematikou vybraných světových trendů a novinek v biometrických zabezpečovacích systémech. Na základě teoretických poznatků z odborných informačních zdrojů a konzultacemi s odborníkem, budou v teoretické části určeny a řešeny jednotlivé světové trendy biometrických zabezpečovacích systémů. V práci bude problematika řešena pomocí odborných informačních zdrojů, které budou patřičně uvedeny. K potřebě aktuality, práce bude vycházet z odborných informačních zdrojů, které jsou vydané či publikované v co nejbližší době současnosti.

V praktické části budou vybrána zařízení, která zastupují vybrané trendy v dané biometrické problematice z teoretické části. Výběr bude konzultován s odborníkem a za pomoci onoho odborníka bude provedeno následné porovnání jednotlivých zařízení z hlediska jejich zasazení do praxe. K porovnání bude použita multikriteriální analýza váženého součtu a hodnoty vah u této analýzy budou stanoveny metodou pořadí.

#### 3.1 Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu je založena na získání ohodnocení užitečnosti každé varianty a následné získání nejlepší varianty. Vyhodnocení nejlepší varianty je postaveno na součtu zhodnocení kvantitativních či kvalitativních informací jednotlivých atributů variant. Tato metoda obsahuje maximalizační charakter zhodnocení atributů, lze použít i minimalizační charakter. Váhy kritérií jsou stanoveny pomocí metody pořadí z váhových hodnot pořadí kritérií. (Máchová, Křupka, & Kašparová, 2012)

##### 3.1.1 Základní pojmy

- Kvantitativní atribut – Atribut, který je možné objektivně naměřit (cena, plat).
- Kvalitativní atribut – Atribut, který není možné objektivně naměřit (slova hodnocení). Zde je nutné použití a převedení do různých číselných bodovacích stupnic.
- Maximalizační charakter – Vyšší hodnoty atributů mají bodově vyšší význam.
- Minimalizační charakter – Nižší hodnoty atributů mají pro nás bodově vyšší význam
- Pořadí kritérií – Zvolené hodnocení atributů od nejdůležitějšího k nejméně důležitému. Důležitější atribut vlastní vyšší číselnou hodnotu než atribut významově nižší.
- Váhy kritérií – Vyjádření poměrné důležitosti atributu vůči ostatním pomocí hodnoty pořadí kritéria nebo stanovením odbornou osobou.

(Brožová, Tomáš, & Houška, 2009) (Máchová, Křupka, & Kašparová, 2012)

### 3.1.2 Určení pořadí kritérií a hodnoty vah

U všech jednotlivých atributů porovnávaných variant musí nastat k jejich číselnému seřazení podle jejich důležitosti. U použitých vzorců znak  $i$  představuje vyjádření indexu umístění ohodnocení, znak  $j$  zastupuje index atributu.

- Nejdůležitější atribut, ponese nejvyšší hodnotu číselného ohodnocení  $bi = K$ .
- Atribut nižší hodnoty, bude číselně ohodnocen  $bi = K - 1$  až do hodnoty  $bi = 1$ .
- Atributy mající stejnou hodnotu pořadí jsou číselně ohodnoceny  $bi = \frac{K+(K-1)}{2}$ ;  $i = 1, 2 \dots m$ ;
- Následně po získání pořadí kritérií se vypočítá hodnota:
- součtu nastaveného pořadí  $sum = \sum_i^k bi$ ;  $i = 1, 2 \dots m$ ,
- následně se vypočítají hodnoty vah jednotlivých atributů vzorcem  $vi = \frac{bi}{sum}$ ;  $i = 1, 2 \dots m$ ;

(Brožová, Tomáš, & Houška, 2009)

### 3.1.3 Postup metody váženého součtu

V této metodě dochází k získání hodnoty užítkovosti jednotlivých variant v intervalu zahrnujícím čísla včetně 0 až včetně 1. Hodnota varianty s čím vyšším číslem užítkovosti tím je varianta výhodnější. Po stanovení hodnoty pořadí a vah následuje tento postup:

- Prvním krokem je z hodnot atributů jednotlivých srovnávaných variant určit horní hraniční hodnotu  $hj$  a dolní hraniční hodnotu  $dj$  atributů
- Druhým krokem je vytvoření matice hodnot  $uij$ , kterou dostaneme použitím vzorců pro výpočet minimalizačního a maximalizačního bodového ohodnocení  $yij$  pomocí dolních a horních hraničních hodnot.
  - Maximalizační vzorec  $uij = \frac{yij-dj}{hj-dj}$ ;  $i = 1, 2 \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ .
  - Minimalizační vzorec  $uij = \frac{hj-yij}{hj-dj}$ ;  $i = 1, 2 \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ .
  - Třetím krokem je vytvoření matice užítkovost jednotlivých atributů variant, a to vynásobením hodnoty:  $oij = uij * vi$ ;  $i = 1, 2 \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ .
- Posledním krokem je sečtení hodnot užítkovosti jednotlivých atributů u jednotlivých variant a následné porovnání číselné užítkovosti. Nejlepší varianta bude zastoupena nejvyšším výsledkem užítkovosti.

(Máchová, Křupka, & Kašparová, 2012)

## 4 Přehled řešené problematiky

Teoretická část práce zahrnuje základní přehled problematiky biometrického ověření totožnosti uživatele. Dále teoretická část zahrnuje rozbor, rozdělení a seznámení s principy na kterých dané biometrické technologie fungují.

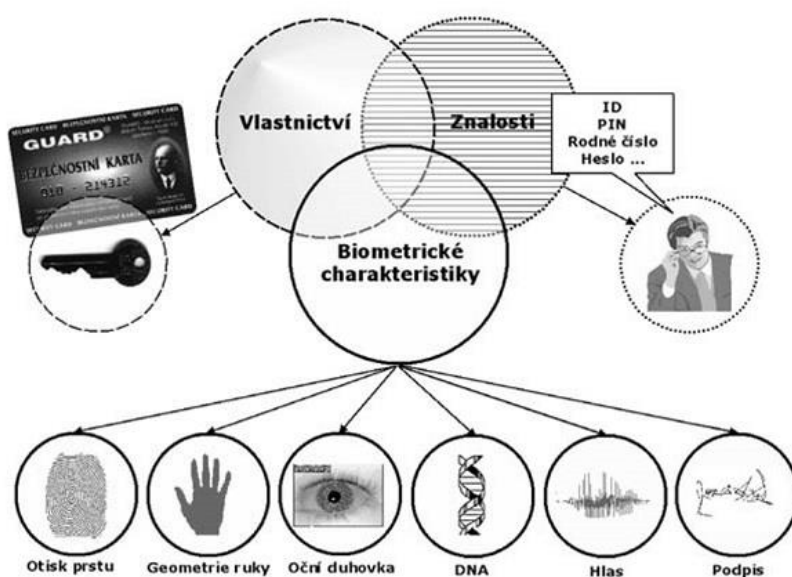
### 4.1 Popis identifikace osoby

K rozlišení a identifikaci osoby se používají různé algoritmické výpočty, nejrůznější metody a hledí se na ně podle typických rysů. Konkrétní osoba se rozlišuje zejména podle fyzického vzhledu, chování ve společnosti a jak na danou osobu reaguje její okolí. K identifikaci se také používá oslovení dané osoby v sociálním prostředí, kde se daná osoba pohybuje (přezdívka jakou zastupuje sociální funkci či pracovní funkci). Jako další parametr identifikace se považuje, co daná osoba vlastní, jakého dosáhla vzdělání a zkušeností. V dnešní době na prvním místě identifikace osoby se zařazuje občanský průkaz a ostatní doklady. Atributy vedoucí k jednoznačné identifikaci osoby v občanském průkazu jsou jméno, příjmení, adresa trvalého bydliště, rodné číslo, číslo občanského průkazu, fotografie. Další větší skupinou identifikace osoby patří fyziologické, biologické a genetické vlastnosti jedince či jeho rasy. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Krhovák & Matyáš, 2007)

Jako základní parametry pro identifikaci osoby se používají následující přístupy, které jsou vystiženy na obrázku č.1:

- materiální vlastnictví dané osoby,
- zkušenosti, inteligence dané osoby,
- vlastnosti biometrické a projevy lidského těla.

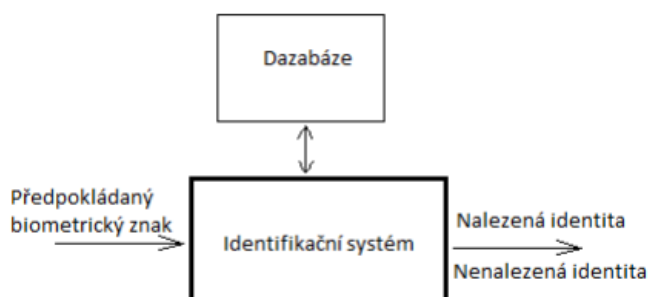
Obrázek 1 Schéma atributů osoby k identifikaci (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)



### 4.1.1 Biometrická Identifikace

Pojem identifikace zahrnuje postup porovnávání, ověřování získaného biometrického materiálu s tzv. šablonami již uloženého biometrického popisu v databázích. Postup porovnávání je možné vidět na obrázku č.2. Výsledkem identifikace je ztotožnění námi získaného biometrického materiálu s uloženými, předem získanými šablonami biometrického materiálu. Pomocí tohoto výsledku dochází k určení konkrétní totožnost osoby, u které dochází k prověření. Rozpoznání provádí aplikace, která obsahuje různé metody, algoritmy a postupy rozpoznávání. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

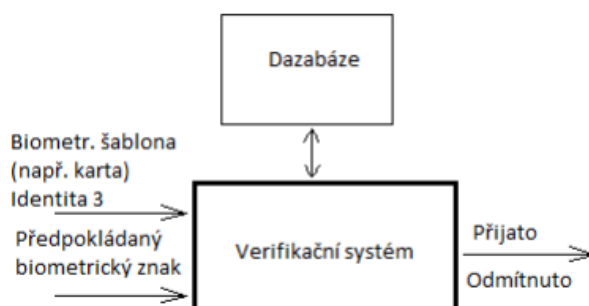
Obrázek 2 Proces identifikace (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



### 4.1.2 Biometrická verifikace

Za Biometrickou verifikaci se označuje proces rozhodování a porovnávání jednoho uloženého biometrického materiálu s jinou hodnotou uloženého biometrického materiálu v databázi. Proces verifikace zastupuje obrázek č.3. Účelem verifikace je zjištění, zdali prověřovaná osoba odpovídá osobě, za kterou se vydává. O výsledku rozhodnutí rozhodují metody, algoritmy a postupy rozhodování se kterými aplikace pracuje a porovnává prvek biometrického materiálu v databázi. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Obrázek 3 Proces verifikace (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



Rozdíl mezi identifikací a verifikací vyjadřuje porovnání pouze jediného získaného vzorku biometrického materiálu s jedním vzorkem, který je již uložený v databázi. Verifikace je proto daleko rychlejší než identifikace, která porovnává jeden vzorek získaného biometrického materiálu se všemi vzorky uložených v databázi. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

## **4.2 Autentizace a biometriky**

Dnes společnosti, které nabízejí nějaké produkty či technické vymoženosti většinou požadují jednoznačné prokázání identity jedince, kterým jsou využívána. Část vyhodnocení prokázání identity je částí kritickou. Každé zabezpečení, které požaduje prokázání identity, má charakteristické bezpečnostní nároky. Jako nejběžnější příklad dnes bývá označována platební karta od bankovního účtu, vstup pro kompetentní osoby do zabezpečených prostor objektu, přihlašování do systémů pomocí otisku prstu a rozpoznání obličeje. (Krhovák & Matyáš, 2007) (Talandová, 2010) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

### **4.2.1 Autentizace**

Pojem autentizace vyjadřuje souhrn procesů, které vedou k ověření totožnosti konkrétního uživatele. Je-li tento proces zdařilý, dochází k úspěšnému či neúspěšnému vstupu do systému kam se daný uživatel přihlašuje.

#### **4.2.1.1 Autentizace použitím hesla**

Autentizace do systému použitím hesla je dnes nejvíce využívanou možností přístupu. Uživatelem zvolené heslo nebo heslo vygenerované softwarem umožňuje jeho identifikaci či verifikaci. Z hlediska softwaru jsou požadavky na proces autentizace velmi nízké. Při vygenerování hesla nebo zvolení hesla uživatelem je potřeba dodržovat některé zásady. V obsahu hesla by měla figurovat velká, malá písmena spolu se znaky číselného typu. Zvolené heslo by nemělo pro konkrétního uživatele mít slovní význam nebo jakýkoliv vztah. Zapsání si hesla jakoukoliv formou nebo sdělení hesla druhé osobě se velmi nedoporučuje. Vytvořené heslo se doporučuje po delší časové době obměňovat, jelikož může nastat situace odcizení sledováním druhou stranou nebo pomocí různých dešifrovacích programů k prolomení hesla. (Krhovák & Matyáš, 2007) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

#### **4.2.1.2 Autentizace použitím předmětem**

Nejčastějším příkladem v dnešním moderním světě autentizace předmětem můžeme zařadit platební kartu od bankovního účtu. Zde se uživatel verifikuje svou platební kartou. Pro zvýšení bezpečnosti je zde proces autentizace nastaveného hesla ke kartě. Heslo se nazývá pin a obsahuje čtyři číselné znaky. Rizikem při použití autentizace předmětem je odcizení druhou osobou a vysledování hesla. Vydavatel předmětu, podle kterého se provádí autentizace, zajišťuje obtížnost vytvoření falzifikátu. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Krhovák & Matyáš, 2007)

#### **4.2.1.3 Autentizace pomocí biometrie**

Tento proces autentizace zahrnuje použití pomocí unikátních biometrických znaků konkrétního jedince k identifikaci. Za nejpoužívanější biometrickou autentizaci se považuje zejména autentizace za pomoci otisku prstu. Je bohužel spojena zejména s kriminální činností. Pachatelé, který provedl kriminální činnost, jsou odebrány vzorky otisku prstů. Otisk

se uloží do databáze otisků prstů. K další potřebě identifikace daného pachatele dochází k procesu identifikace. Tedy znovu k odebrání otisku prstu a identifikaci v databázi otisku prstů. Z toho vyplývá, že výhodou této autentizace je, že nelze biometrické znaky ztratit, někde zapomenout a neměnnost biometrických znaků. Jako další výhodu se uvádí poměr ceny a bezpečnosti a poměrně vysokou rychlost celého procesu. Samozřejmě, že u autentizace pomocí biometrie hrozí její zneužití ale oproti autentizaci heslem či předmětem je nejbezpečnější. K většímu zabezpečení procesu autentizace pomocí biometrie se může použít více biometrických metod či s kombinací jiných způsobů bezpečnostního zabezpečení. (Krhovák & Matyáš, 2007) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

#### **4.2.1.4 Vícenásobná biometrická autentizace**

Do vícenásobné kombinace biometrické autentizace se zahrnuje dvě a více biometrických metod, které jsou použity v procesu identifikace konkrétního jedince. Tato kombinace biometrických metod je zvolena podle vhodnosti využití u konkrétního zabezpečení. Jako příklad vícenásobné biometrické autentizace jsou cestovní pasy. Pasy nyní v České republice obsahují zaznamenaný otisk prstu daného jedince a jeho digitální fotografii obličeje určené k 2D rozpoznání obličeje. (Flídr, 2009)

#### **4.2.2 Biometriky**

Biometrika vyjadřuje metody, které jsou automatizované a slouží k jednoznačné identifikaci osoby vyplívajících ze získaných behaviorálních a fyziologických vlastností jedinečných každého jedince. Příkladem jsou již zmiňované elektronické cestovní pasy obsahující zaznamenané biometrické údaje jedince.

Biometriky se rozdělují na:

- Biologické vlastnosti – Jedinec je identifikován podle jednoznačných anatomických a fyziologických atributů lidského těla. Otisk ucha, prstu či skenování oční duhovky.
- Behaviorální vlastnosti – Jsou zde zahrnuty vlastnosti konkrétního jedince formou jeho chování, reakcí, mimiky. Tyto atributy jsou nebo mohou být ovlivňovány postupem času různými událostmi dané osoby v životě. Do behaviorálních vlastností se zařazuje podpis a jeho dynamika, dynamika stisku klávesy nebo také rozpoznávání hlasu jedince.

Metody založené na behaviorálních vlastnostech tedy nejsou v dnešní době přesné oproti metodám biologických vlastností. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

#### **4.3 Výkonnost biometrických metod a zařízení**

Nejdůležitějším kritériem výkonnosti biometrických zařízení a metod je jednoznačné a jisté určení konkrétní osoby. Jak bylo uvedeno dříve, porovnání je realizováno komparací



jedinečných vlastností jedince. Porovnává se již vytvoření biometrický otisk uložený v databázi s aktuálním biometrickým otiskem.

Zde má tedy proces identifikace, verifikace vždy bezpečnostní povahu. Vyžaduje se, aby autorizovaná osoba byla rozpoznána a byla jí garantována její práva. Naopak logicky se nesmí připustit přihlášení neoprávněné osoby do systému. Dnes tento jev běžně nacházíme v zejména při policejně-soudních aplikacích. Zde orgány zajišťující bezpečnost vyžadují jednoznačné určení totožnosti jedince. Tedy záměna identity jedince zde nesmí být možná. (Flídr, 2009)

#### 4.3.1 Základní pojmy měření

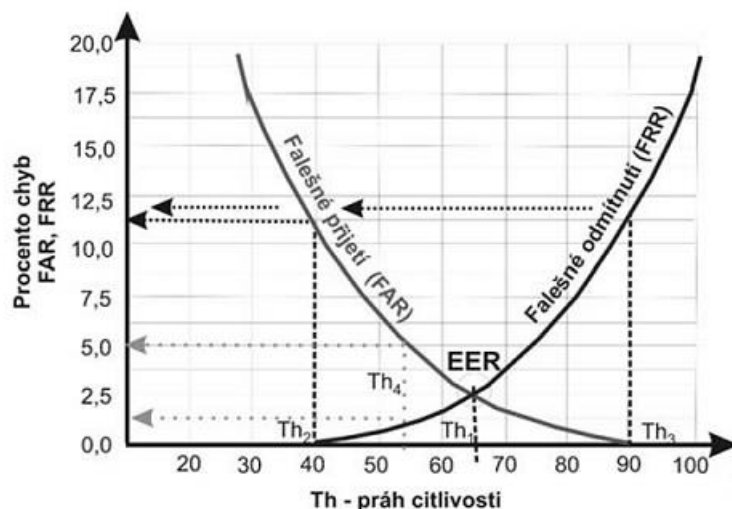
U výkonnosti biometrických metod a zařízení bylo zavedeno dvou základních konceptů:

Pravděpodobnost chybného odmítnutí vstupu do systému oprávněné osoby, která se přihlašuje pomocí biometrického zařízení. Překlad v anglickém jazyce zní false rejection rate (FRR). Zde není ohrožena bezpečnost daného systému. Prakticky oprávněný uživatel se bude muset do systému přihlásit stejným postupem opakovaně. Tímto se snižuje takzvaný uživatelský komfort.

Pravděpodobnost chybného přijetí je označena jako konstanta bezpečnosti. Překlad v anglickém jazyce zní false acceptance rate (FAR). Tato konstanta tedy zastupuje pravděpodobnost, že systém udělí přístup do systému neoprávněné osobě. Tento aspekt je tedy nežádoucí a je považován za kritickou chybu.

Křížový koeficient je bod kde se protínají křivky FAR a FRR, znázorněno v obrázku č.4. V bodě kde hodnoty FAR a FRR se shodují je ideální nastavení. Navýšením FAR nám poměrně výrazně stoupá FRR. (Flídr, 2009) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

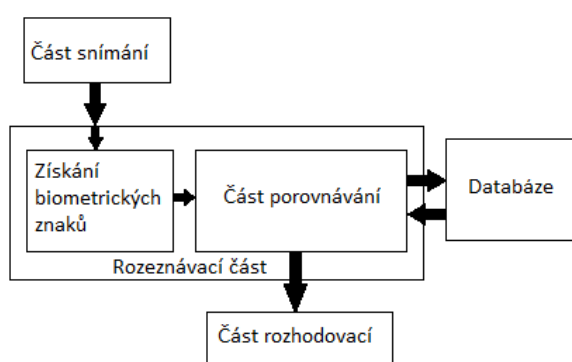
Obrázek 4 Grafické zobrazení křížového koeficientu (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)



### 4.3.2 Pracovní postup biometrických systémů

Část snímání zastupuje zařízení, přes které je možné snímat biometrické znaky jedince. Rozeznávací část se skládá z části získání biometrických znaků, kdy přes část snímání extrahuje charakteristické biometrické znaky a z části porovnávání. V části porovnávání dochází k vyhledání aktuálního nasnímaného vzorku s odpovídajícím vzorem již uloženým v databázi. Databáze obsahuje souhrn všech nashromážděných biometrických prvků. Část rozhodovací rozhoduje o shodě aktuálně nasnímaného vzorku se vzorkem odpovídajícím v databázi. Celý postup znázorněn na obrázku č.5. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Obrázek 5 Sled postupu biometrických systémů (Vlastní)



### 4.4 Otisk prstu

Poměrně novým světovým trendem, který obklopuje lidi po celém světě, jsou biometrické zabezpečení mobilních zařízení pomocí biometrického skenování konečků prstu vlastníka zařízení, které zastupuje obrázek č.6. Tato technologie dnes nezastupuje jen nejdražší zařízení ve své kategorii ale vzhledem k vývoji a velkému počtu používání se dostává do prakticky všech cenových relací, které jsou běžně ve světě dostupné. Samozřejmě největší využití otisků prstu v dnešní době je stále v oblasti kriminalistiky. (Moravec, 2016)

Obrázek 6 Čtečka otisku prstu mobilního telefonu (Moravec, 2016)



#### **4.4.1 Dermatoglyfy**

Na straně ruky, kde se nachází dlaňová část a u chodidel ze spodní strany, se nacházejí dermatoglyfy neboli takzvané papilární linie. Tyto papilární linie se označují jako vyvýšené zvlněné výběžky, které dosahují maximální výšky od 0,1 do 0,4 milimetru a dosahují rozměru šířky od 0,2 do 0,7 milimetru. Identifikace pomocí těchto dermatoglyfů stojí na třech zákonitostech o dermatoglyfech. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Filla, 2011)

##### **4.4.1.1 Zákonitosti dermatoglyfů**

První zákonitost dermatoglyfů je taková, že v průběhu celého života jedince jsou tyto dermatoglyfy permanentní. Tedy v průběhu života nedochází k jejich změnám. K začátku vytvoření těchto papilárních linií dochází již v třetím měsíci až do měsíce šestého v těhotenství. S postupným vývojem jedince dochází pouze ke zvětšování vzorku papilárních linií do maximální velikosti u daného jedince. (Filla, 2011) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

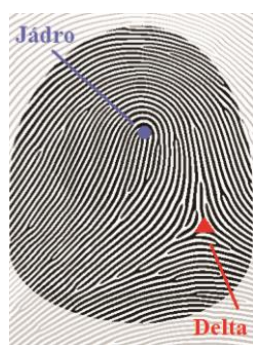
Další zákonitostí, která byla objevena a stanovena u dermatoglyfů je nemožnost jedince odstranit nebo změnit tyto dermatoglyfy. Když dojde k poškození dermatoglyfů tak regenerační proces zregeneruje dermatoglyfy do jejich původní formy a velikosti. (Filla, 2011) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Poslední zákonitostí, kvůli které se mohou dermatoglyfy používat v biometrických zabezpečovacích systémech, je jejich jedinečnost. Dermatoglyfy jsou tak jedinečné, že na světě nemůžou existovat dvě osoby, které by tyto dermatoglyfy měli stejné. Dermatoglyfické obrazce se mohou velmi podobat, ale nikdy nenastane k jejich naprosté shodě. Jako příklad podobnosti dermatoglyfů může nastat u dvojčat, která jsou jednovaječná. (Filla, 2011)

##### **4.4.1.2 Singularita dermatoglyfů**

U dermatoglyfického otisku prstu, tedy otisku konečků prstu jsou hlavním zastoupením dva body. Tyto body se označují jako jádro a delta. Pojem jádro neboli někdy označovaný střed se označuje část otisku, od kterého se opticky dermatoglyfy pohybují směrem ven. V místě otisku prstu, kde se rozbíhají dermatoglyfy do tří směrů se nazývá bod delta. Body jádro a delta vystihuje obrázek č.7. (Filla, 2011) (Siroatan, 2016)

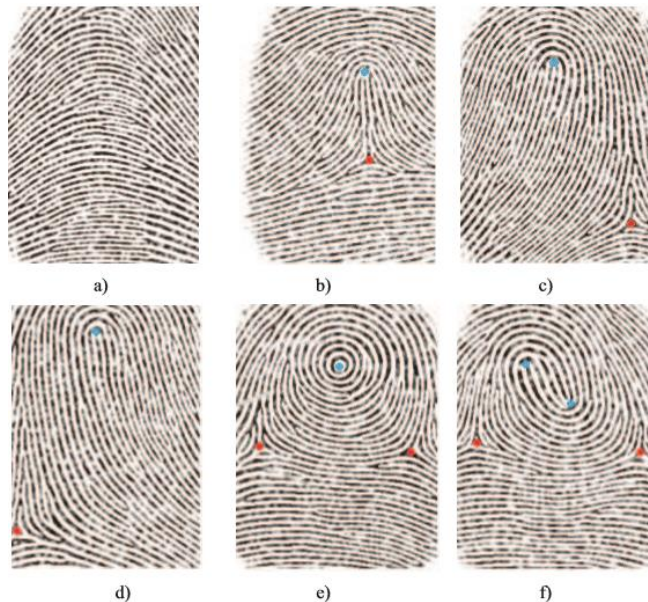
Obrázek 7 Bod jádra a delty v otisku prstu (Siroatan, 2016)



Tyto vlastnosti dermatoglyfů, vyobrazeny v obrázku č.8 , se rozdělují do šesti základních tříd:

- a) Oblouk – V otisku nenalezneme singularitu.
- b) Oblouk klenutý – Jeden bod jádra je umístěný nad jedním bodem delty.
- c) Smyčka vlevo – Jeden bod delty umístěn vlevo dole od jednoho bodu jádra.
- d) Smyčka vpravo – Jeden bod delty umístěn vpravo dole od jednoho bodu jádra.
- e) Závít – Na levé straně a pravé straně vždy jeden bod delty pod jedním bodem jádra mezi nimi.
- f) Dvojitá smyčka – Na levé straně a pravé straně vždy jeden bod delty pod dvěma body jader mezi nimi.

Obrázek 8 Základní třídy dermatoglyfických otisků prstů (Siroatan, 2016)

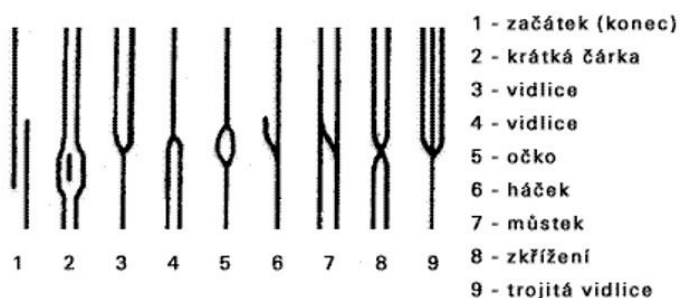


Toto rozdělení mimo jiné velice pomáhá při zrychlení hledání daného otisku v obsáhlých databázích.

V otisku jedince nalezneme také takzvané dermatoglyfické markanty, které zastupuje obrázek č.9. Tyto markanty mají specifický tvar a rozdělují se právě podle onoho tvaru. V otisku prstu se těchto markant může vyskytovat nespočet, a proto algoritmy identifikaci či

verifikace osoby jsou velmi obtížné. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Siroatan, 2016)

Obrázek 9 Dermatoglyfické markanty (Talandová, 2010)



#### 4.4.2 Snímače otisku prstů

Dnešním moderním trendem je realizace snímání pomocí elektronických snímačů prstů. Tento elektronický snímač prstů obsahuje senzor otisku prstů, který snímá povrchové vlastnosti dermatoglyfů daného přiloženého prstu. Dále musí obsahovat převodník těchto naskenovaných dermatoglyfických vlastností v analogové formě signálu do formy digitální. Následující prvek ve snímači otisku prstů je takzvaný modul komunikace, kde dochází k uskutečnění komunikace s dalším zařízením jako je server, tablet, osobní počítač. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Kreuziger, 2016)

Tyto snímače prstů se rozdělí do dvou skupin podle způsobu snímání daného otisku prstu. První skupinu zastupují takzvané kontaktní snímače a zastupují je snímače optické, elektroluminiscenční, tlakové, teplotní a kapacitní. Druhou skupinu zastupují snímače bezkontaktní. Do druhé skupiny se zařazuje ultrazvukový snímač, optický snímač. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Kreuziger, 2016)

Senzory, ve kterých dochází ke snímání povrchových dermatoglyfů, se rozdělují:

- optické,
- polovodičové,
- ultrazvukové.

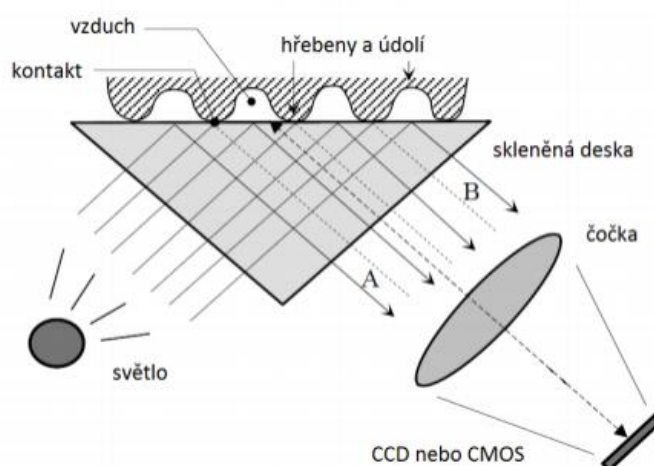
#### 4.4.3 Snímače kontaktní

U této formy snímačů dochází k fyzickému kontaktu ověřovaného jedince se snímacím zařízením. U mobilních zařízení se dnes výhradně snímací zařízení nachází na zadní straně v horní části těla zařízení. Dochází k přiložení skenovaného prstu na snímač a nastává proces identifikace či verifikace. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Maltoni, 2009)

#### 4.4.3.1 Snímače optické

Tyto snímače, základní schéma na obrázku č.10, se vyskytují u telefonů nižších cenových tříd. Důvodem jsou jeho zejména nedostatky. Způsob snímání otisku prstů je založen na rozdílném lomu světla snímací plochy hranolu a přiloženého prstu. C senzoru je umístěna osvětlovací soustava. Osvětlovací soustava je běžně sestavena z diod a při přitlačení skenovaného prstu dochází k jejímu rozsvícení. Tedy dochází k prosvětlení hranolu. Do CCD detektoru maticového je zpracován pomocí čočky, která zajišťuje zaostření odraženého světla, otisk prstu. Zde je otisk prstu převeden z formy analogové do formy digitální. Digitální forma otisku prstu je zpracována dalšími externími algoritmy zpracování obrazu. Pod dotykovým povrchem, kam se přikládá prst, je fosforová vrstva, která zajišťuje potřebné dodatečné osvětlení povrchu prstu po osvětlení diodami. Při přiložení a skenování prstu jsou vyvýšeniny dermatoglyfů tmavého zbarvení a ostatní prvky jsou zbarvení světlého. (Maltoni, 2009) (Filla, 2011) (Kreuziger, 2016)

Obrázek 10 Základní schéma principu optického snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



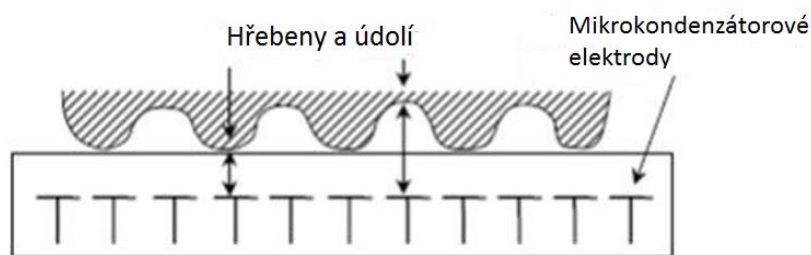
Nevýhodou tohoto senzoru je možnost chybného uložení otisku prstu do zařízení důsledkem nečistot na povrchu hranolu, problém opakovaného snímání v důsledku zanechání stop po předchozím snímání a naskenování špatného otisku prstů než daný jedinec vlastní. Z technologií snímání otisků prstu je tato technologie nejvíce prostorově náročná. Tedy pomalu se tato technologie stává pro výrobce méně a méně atraktivní. Nejzávažnějším nedostatkem této technologie je oklamání senzoru pomocí vytisknuté fotografie otisku prstu ve vysoké kvalitě. Přiložením této fotografie velmi pravděpodobně nastane oklamání systému a vstupu neoprávněné osoby. (Filla, 2011) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

#### 4.4.3.2 Snímače kapacitní

Tento druh snímače, základní schéma na obrázku č.11, otisku prstu je v mobilních telefonech nejrozšířenější. Kapacitní snímač je takzvaný snímač polovodičový, který využívá zákonitosti mikro kondenzátorů. Princip mikro kondenzátorů zde zastupují mikroelektrody, které jsou zde sestaveny ve snímači do formace pole. Pomalým přikládáním prstu na snímač

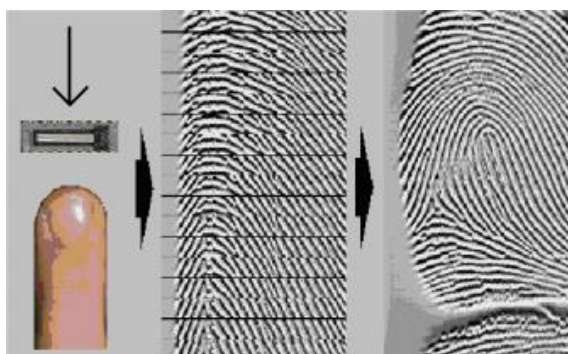
v těchto mikroelektrodách dochází ke vzniku elektrického náboje, který je úměrný vzdálenosti vrchní části kůže od mikroelektrod. Výstupky dermatoglyfů sensor zaznamenává pomocí větší akumulace elektrického náboje oproti prohlubním dermatoglyfů, které mají menší hodnotu elektrického náboje v mikro kondenzátorech. V nasnímaném otisku prstu mají hodnoty s větší hodnotou akumulovaného elektrického náboje výraznější sytost barvy nežli hodnoty nižší. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Kreuziger, 2016)

Obrázek 11 Základní schéma kapacitního snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



Tento snímač zůstává realizován ve dvou základních provedení. První provedení spočívá v rozmístění mikro kondenzátorů po celé ploše senzoru. Čím více mikro kondenzátorů je rozmístěno na celkové ploše tím stoupá celková bezpečnost daného zařízení, která je dána vyšší přesností snímaného otisku. Druhým provedením je provedení průtahu skenovaného prstu proužkem plochy kapacitního snímače, vyobrazeno na obrázku č.12. Získaný skenovaný obraz prstu se získá postupným skládáním naskenovaných částí prstu. Dnes již průtahový snímač není trendem, a to díky zejména nepřívětivosti, nepraktičnosti a zejména nekomfortnosti pro uživatele koncových zařízení. (Filla, 2011) (Maltoni, 2009) (Kreuziger, 2016)

Obrázek 12 Princip složení otisku prstu průtahového kapacitního snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



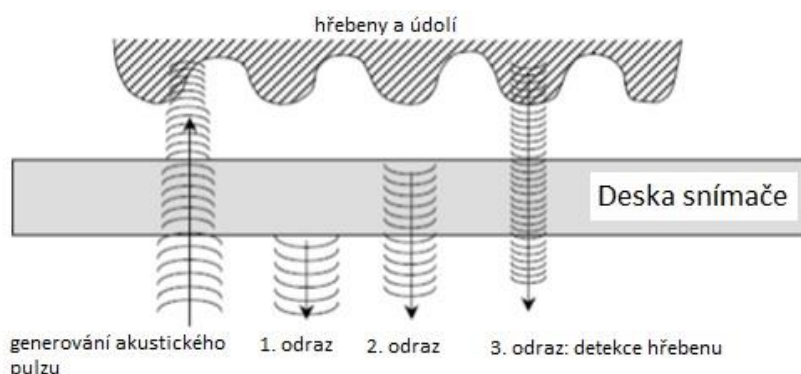
Oproti senzoru optickému se nedá sensor na principu mikro kondenzátorů oklamat přiložením vytisknuté fotografie otisku prstu. Nelze tento sensor oklamat ani přiložením vytisknutého modelu prstu na 3D tiskárně, jelikož každý materiál má různé kondenzační schopnosti. V dnešní době prakticky jedinou možností, jak tento kapacitní skener prolomit a získat neoprávněný přístup do zařízení je pomocí softwarového útoku. (Filla, 2011) (Maltoni, 2009) (Kreuziger, 2016)

#### 4.4.3.3 Skenery ultrazvukové

Nejnovější trend a respektive nejmladší z kategorie biometrických snímačů otisků prstů jsou takzvané snímače ultrazvukové, základní schéma obrázek č.13. Tato technologie byla poprvé představena v telefonech čínské výroby nesoucí název LeTV Le Max Pro. (Kreuziger, 2016)

Senzor snímání otisku prstu je vybaven ultrazvukovým vysílačem a také ultrazvukovým přijímačem. Přirovnat princip funkčnosti tohoto zařízení je možné k echolokaci. Tedy ultrazvukovým vysílačem jsou vysílány signály do prostoru před ním. Odražené signály od skenovaného prstu jsou zpracovány ultrazvukovým přijímačem. Signály, které jsou odraženy od dermatoglyfů, které jsou vyvýšené, přijme ultrazvukový přijímač dříve nežli ostatní části signálu. Signál třetího odrazu na obrázku dokáže proniknout i vnější částí kůže a odraz probíhá až ve vrstvě kůže nazývaném škára. Senzor odhalí i falešné prsty vytisknuté dnes moderní 3D tiskárnou. U této metody můžeme k procesu otisku prstu použít i prst od nečistot, v rukavicích či vlhký prst. Nedochozí k žádnému zkreslení. Použitím tohoto typu skeneru se zařízení stává ještě více chráněné než technologií kapacitním snímačem. Momentálně není známa metoda oklamání ultrazvukového senzoru než softwarovým útokem. Zabezpečení technologií ultrazvukovým snímačem dnes nalezneme u telefonů vyšší cenové třídy. (Filla, 2011) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Maltoni, 2009)

Obrázek 13 Základní schéma ultrazvukového snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



#### 4.5 Lokomoce

V biometrických zabezpečovacích systémech a jejich světových trendech má své zastoupení v dnešní době identifikace jedince pomocí jeho unikátní dynamiky chůze též nazývané lokomoce. V praxi se lokomoce vyjadřuje jako pohyb jedince z bodu A do bodu B. K pohybu jedince dochází pouze bez pomoci jiného člověka a pohybem jedince jeho přirozených částí těla vlastní silou. Tedy do lokomoce se celkově zahrnuje všechny možný pohyb jedince (plavání, skok, létání či lezení). V biometrických zabezpečovacích systémech pomocí dynamiky chůze jedince se používá pouze část lokomoce bipedální, která zahrnuje pouze přirozenou chůzi a běh jedince. Jedinečnost bipedální lokomoce je vyvozena z charakteristických fyziologických, psychologických či anatomických atributů, anatomickými



nesrovnalostmi oproti normě většiny populace, aktuální hmotností, vzrůstem, různými pohybovými návyky osoby či zvláštnostmi, volností v kyčelních kloubech při pohybu, deformacemi kostry jedince a dále. Také se zkoumá pohyb jedince při vykonávání různých forem bipedální lokomoce. Příkladem různých forem bipedální lokomoce je chůze či běh se zatížením, střídání chůze a běhu, po jakém a v jakém prostředí se jedinec odlišně pohybuje, pohyb v únavě, stresu, bolesti jedince, vlivy omamných látek, obuv. Výrazným faktorem při zajištění stop bipedální lokomoce hraje roli technická vymoženost zejména snímacích zařízení, vlastnosti prostředí snímání a světelné podmínky. (Janča, 2015) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

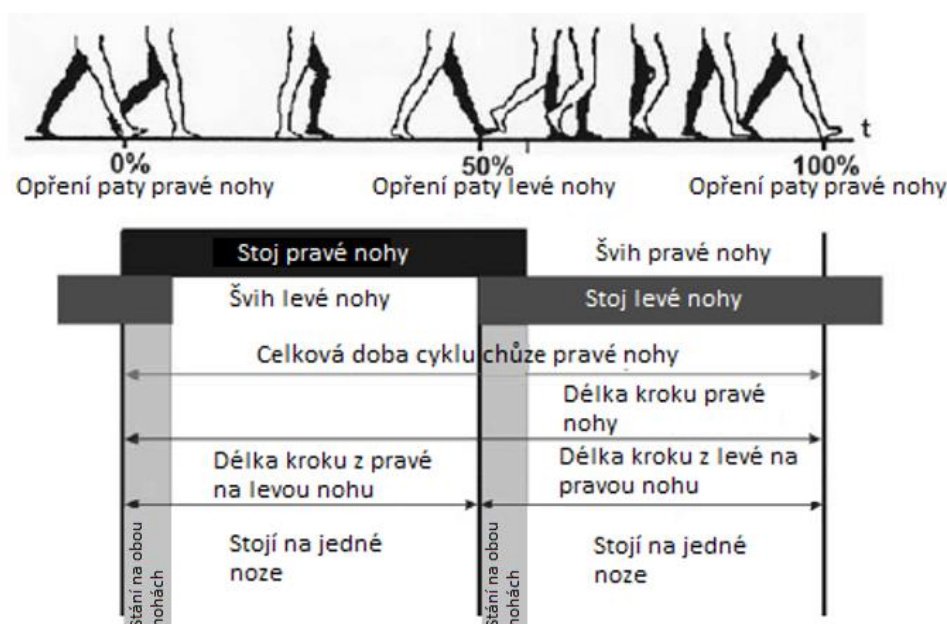
#### **4.5.1 Experiment bodových světel**

PLD neboli v anglické názvu point-light display byl experiment, který za použití světelných pramenů přichycených k určitým částem lidského těla, prokázal možnost určit druh pohybu jedince. Určení druhu pohybu vycházelo z porovnání 2D lokomočních vlastností světelných pramenů. Pomocí metody bodových světel docházelo velmi dobře k rozpoznání základních lokomočních schopností člověka při skoku, běhu, tanci, chůzi a i specifitějších vlastností daného jedince natolik, že tato metoda je zařazena jako možnost využití v biometrických zabezpečovacích systémech. (Neurosci, 2007)

#### **4.5.2 Cyklus chůze v lékařství**

Popis a specifika identity chůze, které vystihuje obrázek č.14, vychází zejména z lékařských výzkumů a poznatků. K definování chůze se používá specifický, lehce opakovatelný způsob chůze. Tento způsob chůze je možný použít k rozeznání osoby. Způsob pohybu chůze v tomto cyklu považujeme jako periodikum a slouží pro lékařské účely. Není vhodný pro biometrické identifikační způsoby identifikace. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Obrázek 14 Definice chůze (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



Na obrázku výše je vyobrazen začátek cyklu opřením pravé paty nohy o povrch, který je z pevného materiálu. Tento moment se označuje jako fáze stoje. Následuje švih druhé nohy. Po švih druhé nohy pokračuje sekvence švihem pravé nohy a končí opřením paty znovu o povrch z pevného materiálu. Další specifické vlastnosti při pohybu je zejména různorodost rotace hrudníku a pánve u jedinců. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

#### 4.5.2.1 Klouby a pohyb

Ode dne narození se každý člověk učí pomalu chodit a ovládat svoje tělo. V průběhu vývoje lidského života si každý člověk sám od sebe, aniž by si to uvědomil, vytváří svůj specifický pohybový profil. Při tomto pohybovém profilu dochází také k osobitému držení těla. Tedy pohybový profil chůze je uskutečňován pohybem dolních končetin ale i souhrou ostatních částí těla, které tento profil doplňují. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Pro úspěšné identifikování jednotlivce je potřeba sledovat určité aspekty pohybového profilu:

- Systematičnost chůze – Typickým příkladem vybočení systematičnosti chůze je faktor jedné rychlejší nohy než nohy druhé.
- Využívání pomocných nástrojů – Typicky běžné různé dlahy, berličky, protézy.
- Rovnováha jedince – Pohyb vyžaduje balanční schopnosti při různých překážkách, terénech či rychlostech.
- Používání svalové hmoty – Při špatné svalové aktivitě dochází k typickým charakteristickým projevům v chůzi.
- Souhra trupu, rukou a hlavy – Typické střídání paží spojené s rotací trupové části těla.
- Těžiště pohybu – V švihových fázích dochází ke změnám těžiště těla.
- Forma, jakou noha dopadá, průběh a odlepení z povrchu pevného materiálu.

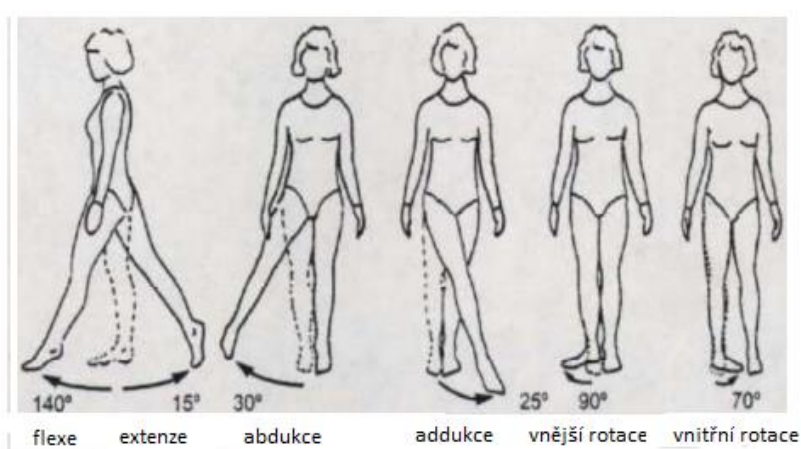
- Vzdálenost krokové fáze a co ji ovlivňuje – Mobilita spojená s omezením klouby, svaly a délkou končetin.
- Charakter stání v klidové ose – Projevy vlastní tíhy hmotnosti na končetiny a klouby.

(Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Pohybový profil při chůzi člověka je jednoznačně dále omezen pohybovými možnostmi kloubů. Omezení spočívá v největším fyziologickém ohybovém úhlu v různých kloubech.

- Kyčelní kloub neboli *articulation coxae* – Dochází zde k nejvíce možnostem pohybů kloubu, které vystihuje obrázek č.15 a č.16.

Obrázek 15 Omezení kyčelního kloubu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

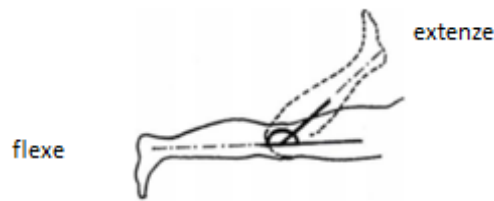


Obrázek 16 Pohybové možnosti kyčelního kloubu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



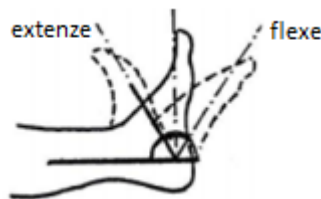
- Kloub kolenní neboli *articulatio genus* – Nejsložitější kloub a největší kloub. Dochází zde k pohybu flexe od 0° do maximálního 140° a extenze maximálně do 15°, omezení pohybu na obrázku č.17.

Obrázek 17 Pohyby kolenního kloubu (Janča, 2015)



- Kloub hlezenní neboli *articulatio talocruralis* – Flexní pohyb fyziologicky omezen maximálně do 50° a extenzní pohyb maximálně omezen do 20°, omezení pohybu na obrázku č.18

Obrázek 18 Pohyby hlezenního kloubu (Janča, 2015)



(Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

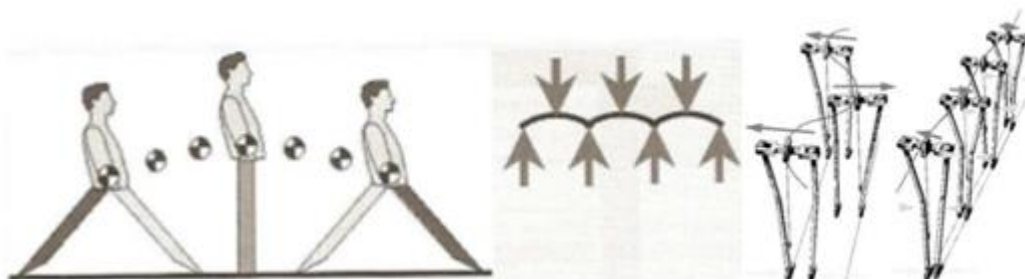
#### 4.5.3 Sagitální kinematika

V dnešní době se při identifikaci uživatele, pomocí lokomočních biometrických zabezpečovacích systémů, používá zejména metoda sagitální kinematiky. Metoda sagitální kinematiky vychází z poznatku prvního zkoumaného způsobu identifikace podle metody těžiště těla při chůzi. (Janča, 2015)

##### 4.5.3.1 Metoda těžiště těla

Při pohybu sledovaného jedince dochází k změně těžiště těla a následného vyhodnocování zaznamenaných údajů trajektorie při bipedální lokomoci. Člověk se v aktuálním evolučním vývoji pohybuje vzpřímeně, ale při bipedálním pohybu nedokáže těžiště těla udržet v jedné linii. Zkoumáním a sledováním těžiště lidského těla v bipedální chůzi bylo zjištěno, že pohyb těžiště odpovídá vlastnostem vlnící se křivky. Trajektorie těžiště držení těla při bipedální lokomoci odpovídá křivce, která se pohybuje dolů, nahoru a do stran. Křivka vystihuje sinusoidu s amplitudou zhruba kolem 6 centimetrů. Metoda pomocí těžiště těla není pro biometrické zabezpečovací systému dobře viditelná a algoritmicky popsatelná. Proto se popisují pomocí této metody ostatní části těla, které vytvoří jedinečný obraz bipedální lokomoce jedince, znázornění na obrázku č.19. (Janča, 2015) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

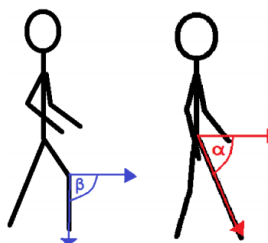
Obrázek 19 Princip metody těžiště těla (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)



#### 4.5.3.2 Metoda sagitální kinematiky

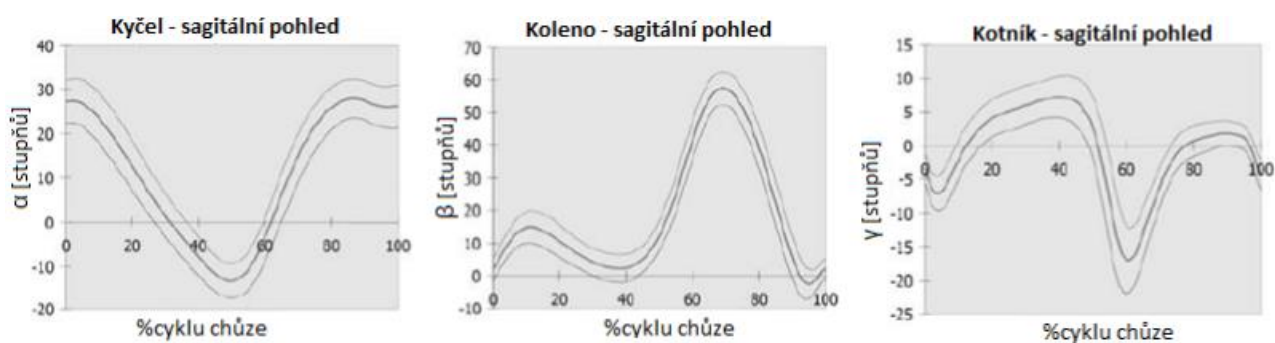
V metodě sagitální kinematiky dochází k zaznamenávání a vyhodnocování informací jedince podle jeho pohybového ústrojí. Metoda se zaměřuje na pohyby kloubů. Metoda spočívá v získávání informací v aktuálním stavu končetiny a porovnání momentální odchylku od stavu, kdy končetina visí svisle dolů. Znázorněno na obrázku č.20.

Obrázek 20 Porovnání úhlů končetin při chůzi (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



K zaznamenávání informace odchylky úhlu dochází v jednom průběhu cyklu bipedální lokomoce. K použití této metody v biometrických zabezpečovacích systémech musíme takto získat informace o více částech těla. Zejména se jedná o končetiny spojené kloubem kolenním, hlezenním a kloubem kyčelním. V obrázek č.21 níže je vyobrazen pohyb kloubů při bipedální lokomoci. Jak již bylo zmíněno, metody a získávání informací o bipedální lokomoci bylo určeno zejména pro účely v lékařském průmyslu, ale v dnešní době je trendem uplatňovat tyto metody pro biometrické bezpečnostní účely. (Talandová, 2010) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

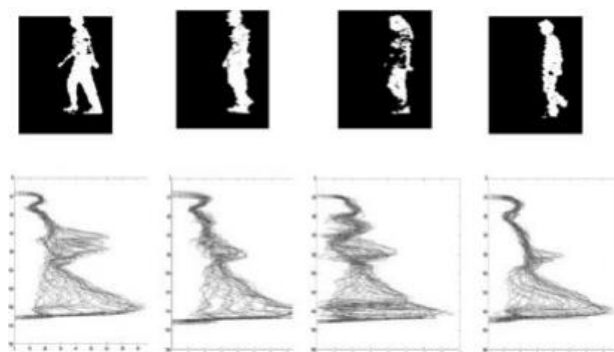
Obrázek 21 Grafy sagitálního pohledu u různých kloubů (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



#### 4.5.3.3 Metoda siluety

Soudobým trendem je metoda založená na snímání prostoru a následného vyčlenění a vyhodnocení bipedální lokomoce snímaného jedince. Tyto vyhodnocené informace bipedální lokomoce se převádí do siluetního obrazu, který se normalizuje, znázornění na obrázku č.22. Silueta se při každém cyklu bipedální lokomoce pohybuje stejným způsobem a tomu pohybu při opakovaném vytvoření siluetního obrazu bude odpovídat obrazu vytvořený předtím (uložený například v databázi). (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

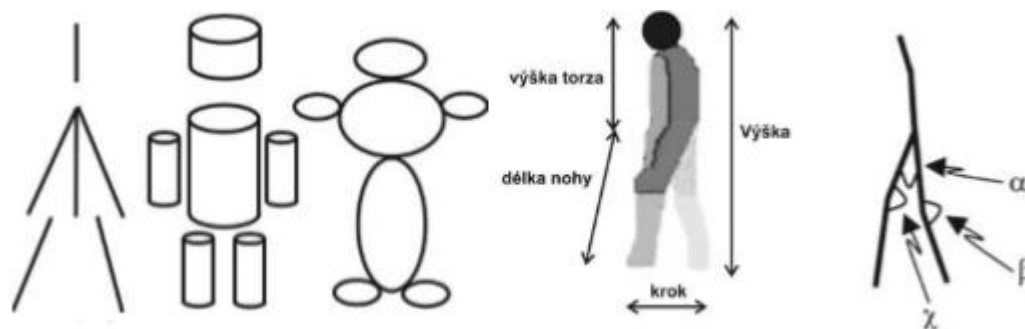
Obrázek 22 Znárodnění metody siluety (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)



#### 4.5.3.4 Metoda modelování pohybu

Dalším velmi rozšířeným trendem v biometrických lokomočních zaměřovacích systémech má své místo způsob identifikace osoby pomocí analýzy pohybu torza těla a jeho končetin. Rozdíl oproti identifikaci jednotlivce metodou siluetní spočívá v tom, že tato metoda se zaměřuje na dynamičnost pohybu. Nikoliv na jeho siluetu a následné vytvoření siluetního grafu. Tato metoda využívá poznatků sagitální kinematiky spojených s modelem lidského těla a rozměrů jednotlivých částí lidského těla. Metoda nerozpozná, jestli je daná osoba oblečená nebo nikoliv, jelikož z nasnímaného modelu jedince vytvoří jeho základní model lidského těla. Základní modely se rozdělují na takzvaný drátěný, cylindrický a ovální model. Základní modely je možné vidět na obrázku č.23. (Talandová, 2010) (Janča, 2015)

Obrázek 23 Základní zobrazení lidského těla v aplikacích (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)



Zajímavostí je, že ve světě nalezneme velmi rozšířený trend používání zejména drátěného základního modelu lidského těla. Do nejvýznamnější přednosti drátěného modelu

se řadí jeho jednoduchost. Jednotlivé části těla, které jsou spojeny, vyjadřují fyziologickou vazbu pomocí kloubu. Na obrázku výše je jako první vyobrazen drátěný model těla o základních šesti částech. Dvě ruce, dvě nohy, hlava a trup těla jedince. Pro biometrické identifikační účely je používání základního drátěného modelu o šesti částech nedostačující. Trendem je vyobrazení drátěného modelu v biometrických zařízeních o čtrnácti kloubech a výše. (Janča, 2015) (Talandová, 2010) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

## **4.6 Biometrie obličeje**

V biometrických zabezpečovacích systémech je momentálně nejvíce moderním biometrickým zabezpečením identifikace osob na základě 3D modelu a identifikace jedince na základě termografických prvků obličeje. V současnosti se označuje biometrická identifikace rozpoznávání 3D obličeje za metodu jednu z nejlepších z hlediska velké pravděpodobnosti úspěšnosti identifikace a odolnosti proti oklamání zabezpečení. Snímání 3D obličeje se také označuje jako metoda nejpřívětivější pro uživatele, kteří podstupují proces ověření identity. (Kovář, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

### **4.6.1 Historie a současnost**

Identifikace či verifikaci osoby na základě rozpoznání obličeje lze označit za nejpoužívanější a nejstarší v historii lidstva. Umístění hlavy a její specifické rysy jsou dominantou každého jedince a lze ji označit za kandidáta číslo jedna v identifikačních dokladech ale i v biometrických systémech. Ještě nedávno identifikace či verifikace jedince, bez technických vymožeností, probíhala kontrolou a porovnáním vzhledu na fotografii a aktuálního vzhledu druhou osobou, jestli se jedná o osobu s oprávněným přístupem. Na dokladu byly další identifikační atributy, podle kterých proces probíhal (jméno, příjmení, rodné číslo atd.). V současném světě běžně dochází k identifikaci nebo verifikaci podle obličeje každý den. Typickým moderním příkladem je verifikace či identifikace pomocí fotografie obličeje na letištích, a to při osobní kontrole nebo biometrickým ověřením totožnosti fotografií v pasu systémem. Některé dnes běžně dostupné a funkční biometrické zabezpečovací systémy používají k ověření totožnosti jedince jednotlivé prvky hlavy k identifikaci (ucho, oko atd.). Pro identifikaci pomocí technologie 3D modelu obličeje a termografie se vychází z poznatků o obličeji jako celku. Jednotlivé části dohromady vytvářejí kompletní jedinečný obraz obličeje jedince. Proto jsou důležité poznatky o tvaru obličeje a jejich jednotlivých částí. Specifikum, které snižuje riziko šance identifikace osob se shodnými aspekty, jsou etnické rysy jednotlivých skupin lidí. Předpokladem pro úspěšné použití této metody jsou anatomické znalosti lebky a svalů. (Sulovská, 2012) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Ve světových trendech tohoto nového biometrického zaměření se vyžaduje spolupráce uživatele nebo se spolupráce uživatele nevyžaduje. Spoluprací uživatele se myslí jeho částečná asistence při ověření totožnosti formou zastavení před snímacím zařízením,

odhalením zakrytých částí obličeje nebo adekvátního nastavení snímacího prostředí (vypnutí nebo zapnutí osvětlení). Opakem je tedy proces ověření totožnosti, kdy asistence není nutná. Uživatel volně prochází kolem čtečky a je identifikován či verifikován v průběhu chůze. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Kovář, 2014)

Při realizování a správné funkčnosti těchto biometrických zabezpečení hraje roli kalibrace do prostředí, ve kterém bude zařízení pracovat, schopnost rozeznat osobu při její použití mimiky během skenování a eliminovat možnost špatného ověření osoby jejím postupným stárnutím. (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Kovář, 2014)

#### 4.6.2 Svaly hlavy

Žvýkácí svaly a svaly mimické jsou dvě základní skupiny, které se nacházejí v oblasti hlavy. Pohyby očí, úst, očí, lícních částí, uší, obočí, přijímání potravy a výslovnost při mluvení zajišťují již zmiňované svaly mimické. Spoluprací mimických svalů, které mimo jiné pohybem ovládají různé prvky na obličeji, člověk fyzicky vyjadřuje emoce. Největším ze svalů mimických se označuje sval tvářový neboli sval trubačský. Pohyb čelistí a správné fungování žvýkání zajišťují svaly žvýkácí. Tyto svaly jsou prokrvené a vyzařují tělesnou teplotu. S aktivním používáním svalů nepatrně stoupá jejich teplota. (Sulovská, 2012)

#### 4.6.3 Struktura obličeje

V oblasti obličeje se nacházejí prvky, které dodávají obrazu tváře charakteristický vzhled. Tyto části mohou a většinou jsou ovlivněny zejména různým fyzickým poškozením (jizvy), pohlavím, stářím a fyziologickými deformacemi. (Sulovská, 2012)

- Boltce ušní neboli *auricula* – Plochý chrupavčitý útvar se záhyby, který je srostlý k hlavě pod 20° až 40° úhlem. Pod kůží ušního boltce není tuková vrstva.
- Rty neboli *labia oris* – Rty pokryty citlivou, pevnou kůží. Charakteristickými prvky je šířka a délka rtů.
- Nos neboli *nasus* – Umístění zhruba ve středu obličeje. Spodní část tvořena chrupavkovitou částí. Vystoupilý trojúhelníkovitý tvar.
- Brada neboli *mentum* – U mužů pokrytí vousy. Dolní ohraničení tváře kosterním výběžkem dolní čelisti.
- Tvář neboli *bucca* – Jemná kůže, v odlišných podmínkách dochází ke změnám zbarvení. Jemně růžové zbarvení je stanoveno jako přirozené. Pružnost zajišťují elastická vlákna pod pokožkou. U mužů pokryta vousy.

Dalším prvkem, který ovlivňuje tvar obličeje je lebková část, ke které jsou připevněné svalové tkáně. Obecně lze říci, že ženská lebka je menšího vzrůstu než lebka mužská, ale není to pravidlem. Ženská tvář má jemnější rysy než mužská lebka (nadočnicové obloučky,



výběžky na spánkové kosti atd.). Dalším specifikem, se kterým se musí počítat, jsou různé typy tváří na základě tvářového koeficientu, a to jsou typy euryprosopní (širokého typu tváře), mezoprosopní (střední typy tváří) a leptoprosopní (úzké typy tváří). (Sulovská, 2012)

#### 4.6.4 Stárnutí obličejové části

Obecně stárnutí je proces, který se uskutečňuje ve všech věkových částí života jedince postupem času. Dnes je dokázáno, že proces stárnutí ovlivňuje mnoho faktorů jako například hlavně genetická výbava jedince, vliv okolního životního prostředí nebo životní styl. Obecně lze předpokládat, že v průběhu stárnutí se u lidí objevují specifické změny, které lze předpokládat. Typickým příkladem stárnoucího prvku u lidí jsou vrásky. Ve větší míře v horní obličejové části a prodloužení uší v průběhu stárnutí.

- 20 let – Slabé objevování vrásek v oblasti úst, obočí, očí.
- 30 let – Zvýrazňování a prohlubování vrásek, vytvářejí se další vrásky.
- 40 až 50 let – Dochází k změnám v chrupu, a to vede ještě většímu zvýraznění vrásek. Dále dochází k zvětšování přesahu horního víčka, zvýrazňují se váčky pod očima, viditelné ochabování kůže a ztenčování rtů.
- 60 let – Zrychlený proces stárnutí popsaných výše, za pomoci těchto stárnoucích prvků právě může docházet k optickému prodloužení uší.
- 70 let a více – Rychlejší pokračování procesu stárnutí, dochází ke ztrátě elastické vlastnosti kůže a svalová část se pomalu prověšuje.

(Sulovská, 2012)

#### 4.6.5 2D čtečky obličeje

Snímání obličejové části zajišťují snímací zařízení ve formě kamer nebo fotoaparátů. Čtečky založené na ověření totožnosti podle 2D snímku jsou dnes prakticky nejrozšířenější, ale nejsou až tak spolehlivé jako například již zmiňované čtečky kapacitních snímačů otisků prstů. Dají se obelstít již zmiňovaným vytištěním snímku ve vysokém rozlišení. Postup při rozpoznávání je následující. Nejdříve probíhá detekce obličeje na snímku. Následně se provede normalizace nalezeného obličeje. Tím se myslí získání pozice, natočení, velikost obličeje atd. Poté dochází k extrakci příznaků, které zahrnuje filtrace snímku, analýza snímku za záměrem efektivnějšího ověření totožnosti. Posledním krokem je takzvané vyhodnocení podobnosti aktuálního biometrického snímku obličeje nasnímaného jedince s již uloženým biometrickým profilem obličeje v databázi. (Kovář, 2014)

##### 4.6.5.1 Detekování obličeje

Lokalizace a detekce obličeje je hlavním prvkem ověření uživatele pomocí 2D snímku. Prakticky ve světě tento problém řeší několik způsobů detekce obličejové části na 2D snímku.

- Použití expertních znalostí – Využívají se charakteristické, známe fyziologické vlastnosti obličejové části. Metoda vychází z poznatků a předpokladů společných rysů

obličej pro lidskou populaci popisovaných výše. Postup je takový, že prve dochází k vyrovnání světelné části na snímku. Druhým bodem v této metodě je rozpoznání odstínu kůže. Třetí částí je detekce charakteristických rysů obličejové části. V posledním bodě dochází k výpočtu hranic obličej.

- Použitím strojového učení – Jedná se o „inteligentní“ učící se metody ověření biometrické identity jedince. U těchto metod dochází k použití algoritmů, které se postupným trénováním „učí“. Trénování probíhá ručním označením specifických částí obličej. To jsou pro postupné učení z počátku výstupní data, které se poté ověřují. Správným postupem ověření je metoda schopna natrénovat model postupu ověření a následně dochází k samostatnému rozpoznávání obličej jedince. Jednoznačně typickým příkladem jsou neuronové sítě. V praxi tato metoda funguje na rozpoznání nejlepšího faktoru části tváře pro rozpoznání tváře a přiřazení mu největší priority. Dále stejným způsobem dalším faktorům přiřazuje nižší prioritu. Postup se vícekrát opakuje, dokud není postup ověření dostatečně přesný.
- Metoda odstínu šedi – Vychází z principů obecných pravidel zobrazení odstínů šedi za specifických světelných podmínek. Typickým příkladem je oblast čela, kde je světlejší šed než v oční části obličej.
- Metoda obličejových rysů – Dochází k přesnému definování obrysu tváře a následně dochází k detekci a definování obličejových částí.
- Metoda založená na informaci o barvách – Vychází ze zásad od odlišnosti zbarvení tváře od snímaného prostředí a stínů v obličejové části. Problém nastává v temných osvětlených prostředích a při různých úhlech dopadajícího osvětlení na obličejovou tvář.
- Metoda založená na symetrii – Metoda spočívá v definici a specifikaci do jisté míry symetrických částí obličejové části.

Každá jednotlivá metoda nedokáže zcela jednoznačně a spolehlivě rozpoznat totožnost jedince. Proto se v praxi používá kombinace těchto metod pro úspěšné ověření totožnosti ověřované osoby. Kombinace těchto metod tedy odstraňuje jejich nedostatky. (Kovář, 2014) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

#### **4.6.6 3D snímání obličej**

Jedním s největších trendů poslední doby je biometrické rozpoznávání identity jedince na základě 3D snímku obličej. Tato metoda a způsob ověření identity se řadí mezi nejbezpečnější, nejefektivnější a nejvíce uživatelsky přívětivé. 3D čtečky jsou na rozdíl od 2D čteček finančně nákladnější pořizovací cenou, zpracováním obrazu a výpočetní složitostí na úkor dnes nemožnosti obelstít tento způsob biometrického zabezpečení. (Kovář, 2014)

V podstatě 3D snímače fungují na principu 2,5D skeneru. 2,5D sken obličej je 2D snímek obličej doplněný o hloubkovou informaci ke každému bodu na snímku. Nejedná se ale o 3D obraz. Nelze prezentovat body, které se nacházejí na stejných souřadnicích a

zastupují odlišnou hloubku v nasnímaném snímku. Pro vytvoření 3D modelu se běžně v praxi používá infračervené nebo „viditelné“ světlo. Pro nejpřesnější získání 3D obrazu jedince by se měl dotyčný seskládat z 2,5D snímků, které se snímají z různých úhlů. Takto vytvoření 3D model obličeje by neměl obsahovat nedostatky ve formě děravých míst v modelu obličeje. V praxi se ale bohužel používá z důvodu nákladnosti a nepraktičnosti model pořízený z pouze jednoho snímaného místa. (Kovář, 2014) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

#### 4.6.6.1 Vizualizace 3D snímku

Vizualizace snímaného jedince probíhá ve světě nejvíce třemi způsoby:

- hlukem bodů – zaznamenávají body se bez vzájemných vazeb souřadnice jednotlivých míst v obličeji,
- polygonální síť – na povrchu nasnímaném 3D modelu obličeje se vytvoří síť polygonů, které mají obvykle trojúhelníkový tvar,
- hloubková mapa – mapa, která vypadá jako 2,5D sken na kterém je velikost bodů rovna vzdálenosti v prostoru.

(Kovář, 2014) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

#### 4.6.6.2 Rozpoznávání 3D modelu obličeje

Po části vizualizace 3D modelu obličeje dochází k procesu rozpoznávání. Dochází k porovnávání aktuálně naskenované šablony obličeje se šablonou, která je uložená v databázi stejně jako v případě databáze otisků prstů. V procesu porovnávání se nemusí porovnávat pouze 3D obraz s 3D obrazem.

- 2D snímek ověřován 3D profilem v databázi – Zde musí docházet k uložení 3D identity obličeje jedince do databáze před předložením 2D ověřovaného snímku. Tedy se snižují finanční náklady na celkovou bezpečnost, jelikož 2D zařízení jsou levnější. Tento princip se používá zejména na pracovištích.
- 3D snímek ověřován 2D profilem v databázi – Opačný princip jako u předchozí metody. Zvyšují se náklady, ale zvyšuje se bezpečnost.
- 3D snímek ověřován 3D profilem v databázi – Jedná se o nejlepší biometrické zabezpečení současnosti. Logicky zde dochází k ověření identity 3D aktuálního snímaného profilu uživatele a 3D profilem uloženým v databázi. Finančně a výpočetně náročné.

(Kovář, 2014) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

#### 4.6.6.3 Normalizace 3D modelu obličeje

Normalizace 3D modelu obličeje vychází z poznatku, že sken aktuálního 3D modelu obličeje a snímku uloženého v databázi nebude naprosto totožný. Normalizace probíhá za pomoci bodů, které jsou v obličeji klíčové (kouty očí u nosu a samotný nos). Detekováním klíčových bodů lze 3D model obličejevé části posunout nebo natočit do polohy, kde bude

shoda porovnávaných modelů co nejvíce totožná. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Kovář, 2014)

- Normalizace pomocí nosu - Nos je část obličeje, která má největší výškový bod. Podle tohoto bodu modely rotují kolem osy X a Y a hledá se shodná poloha pro nejlepší možnost ověření totožnosti za pomoci upřesňujícího nejnižšího bodu na nose.
- Normalizace hrubého zarovnání – Tato metoda je trendem v normalizaci 3D modelu obličeje. Vychází ze získání správné polohy vytvořením trojúhelníku. Trojúhelník tvoří nejvyšší bod a body, které se nacházejí v koutech očí blíže k nosu. Možné vidět na obrázku č.24.

Obrázek 24 Princip upřesnění polohy normalizací hrubého zarovnání (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



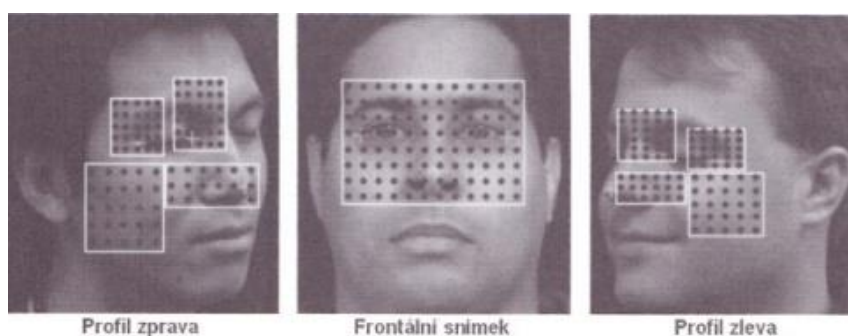
#### 4.6.6.4 Proces podobnosti

V poslední části procesu ověření totožnosti pomocí biometrických 3D čteček obličeje je proces podobnosti. Jedná o proces, kdy dochází k rozpoznání aktuálního profilu 3D obličeje a profilu, který je již uložen v 3D podobě v databázi. Stejně jako u všech ostatních metod popsaných výše není ani zde univerzální metoda, která zaručí jednoznačně korektní ověření uživatele. Metody se liší jak svou výpočetní rychlostí, složitostí, přesností a bezpečností.

Trendem v těchto zařízeních jsou tyto nejpoužívanější metody podobnosti:

- Metoda podobnosti 3D modelu – Jde o výpočetní úkon, kdy dochází k vyhledání jemných zarovnání v obou 3D modelech obličeje. Na základě tohoto jemného zarovnání dochází k určení míry rozdílnosti tvarů v polygonální síti, které jsou vidět na obrázku č.25. Z rozdílností v polygonální síti se určí výsledná podobnost ověřovaných 3D modelů. U tohoto druhu ověření podobnosti se stal trendem algoritmus ICP (Iterative Closest Point). U ICT dochází k výběru porovnávání oblastí, které časem nepodléhají proměnám vlivem stáří, gestikulace a současně obsahují největší plochu v 3D modelu obličeje.

Obrázek 25 Polygonální mapa 3D modelu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



- Metoda podobnosti podle vzhledu a tvaru – Metoda spočívá v tom kdy již uložený 3D model obličeje v databázi za následných proměn a dalších úprav se snaží proměnit na aktuální snímaný 3D model obličeje včetně aktuálního osvětlení. Následným použitím metody ICP přeměněný 3D model z databáze vybere kandidáty u kterých je následně aplikována syntéza vzhledu.
- Metoda podobnosti hloubkových map – Metoda pracuje s výřezem z 3D profilu obličeje. Prakticky je to 2D část z 3D profilu obličeje a pracuje s jeho hloubkovou mapou. Hloubkovou mapu je již možno získat z normalizace 3D obličeje.

(Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Kovář, 2014)

#### 4.6.7 Termografie

Dalším významným trendem v oblasti biometrických zabezpečovacích systému jsou zařízení, které pracují na bázi rozlišení teplotních odlišností a následné vyobrazení těchto tepelných odlišností. Zařízení využívají k zachycení tepelných stop infračervené záření dlouhých vlnových délek (LWIR). Zařízení, které snímá dané aktuální prostředí, se nazývá termokamera. Termokamera je od standardní kamery speciálně upravena pro tyto účely. Prakticky termokamera funguje tak, že zachytává vyzařované infračervené záření od snímaného objektu. V termokameře dochází k transformaci tohoto zachyceného infračerveného záření na podobu elektrického signálu. Tento elektrický signál je odeslán do zobrazovacího zařízení, které tento signál převádí na barevné spektrum. Podle tohoto barevného spektra dochází k určení dané teploty, které závisí na konkrétní části snímaného prostředí. V praxi se používá červeného zbarvení pro vyšší teplotu, které přechází do zbarvení modrého přes další zbarvení. Modrá barva označuje nejchladnější místa na snímaném prostředí. (Sulovská, 2012) (Šujan, 2011)

##### 4.6.7.1 Termografie tváře

Dochází k snímání obličejové části lidského těla a zobrazení termografického profilu z aktuální vyzařující tělesné teploty pomocí infračerveného záření. Snímání obličejové části není ovlivňováno dalšími světelnými prvky jako v případě snímání 2D, 3D čteček. Běžně se teplota tváře u lidí pohybuje okolo 35,5 do 37,5 °C. Ke změně teploty většinou dochází onemocněním jedince nebo okolním prostředím, ve kterém se jedinec pohybuje. Každý

termografický nasnímaný snímek jedince je jedinečný. Jedinečný je z důvodu jedinečnosti rozmístění žil a cév pod pokožkou. Ty vyzařují infračervené záření z důvodu proudění teplé krve v nich. (Sulovská, 2012) (Šujan, 2011)

#### 4.6.7.2 Snímací technika

Infračervené vyzařování světla objektu není závislé pouze na velikosti teploty daného povrchu tělesa, ale záleží zde také na intenzitě vyzařování objektu infračerveného světla. Infračervené záření je vyzařováno také okolními objekty a dochází také k jeho odražení, jako je to u normálního světelného záření. Proto zde musí docházet ke kompenzaci dalších zdrojů infračerveného záření. K této kompenzaci dochází v termokameře již automaticky. V praxi dochází k nastavení těchto parametrů, než dojde k použití termokamery:

- Nastavení emisivity neboli vyzařování objektu – Jedná se o číselné vyjádření od čísla 0 do čísla 1. Pro snímání lidské termografie se používá k nastavení emisivity lidská kůže s konstantou emisivity 0,98. Číselné vyjádření poměru energie vyzážené daným tělesem při předem stanovené teplotě k vyzážené energii černého tělesa při totožné stanovené teplotě.
- Dochází k nastavení neměnné vzdálenosti a dochází k zaostření na snímání objekt
- Dochází k nastavení konstantní teploty okolí a s ním spojené vlhkosti

(Šujan, 2011) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

#### 4.6.7.3 Princip ověření totožnosti

Koncové zařízení, které zpracuje termovizní snímek, vytvoří 2D snímek termografické mapy obličeje. Postup ověření probíhá velmi podobně jako u 2D snímků obličejové části. Dochází pomocí algoritmů k vystižení charakteristickým rysům obličeje. Jako jsou již zmiňované ústa, oči, nos, brada atd. Po vystižení charakteristických rysů dochází k jemnému zarovnání obličejových částí. Poté dochází k následnému ověření totožnosti metodami popisovanými v části detekování obličeje u 2D čteček obličeje. Proces ověřování nelze na rozdíl od 2D čteček oklamat vytisknutou fotografií. Bohužel nevýhodou u procesu ověření totožnosti je možnost nerozeznání korektní osoby právě vyzařovanou intenzitou infračerveného záření a teploty. Důvodem může být předešlá fyzická aktivita, zvýšená okolní teplota a fyziologická reakce jedince na ni, nemoc sužovaná jedince atd. Doporučuje se jako v ostatních případech kombinace biometrických zabezpečovacích systémů. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Šujan, 2011) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

#### 4.6.7.4 Využití termografie

Momentálně tento trend komerční identifikace pomocí termografie je trochu v pozadí v porovnání s ostatními biometrickými systémy a důvodem je zejména vysoká cena těchto zabezpečení. Nicméně termografie se používá tam, kde finanční část nehraje roli oproti třeba hrozícímu riziku dané situace. Typickým příkladem je pátrání po nezvěstných osobách nebo osobách, které provedli trestnou činnost v hustě porostlých oblastech z výšky. Dále se

s využitím termografie můžeme setkat v oblasti zabezpečení vodních ploch, věznicích, atomových elektrárnách. Využití termografie nalezneme také zejména v lékařství. Zejména v odvětví mamologie, onkologie, angiologie atd. Nejplošnějším a zatím největším nasazení termografie došlo při snaze zabránit šíření virové nákazy prasečí chřipky po světě na letištích. Lidé nakaženi touto virovou nákazou vyzařovali větší tělesnou teplotu než lidé zdraví. Použití termografie nalezneme také v průmyslu (teploty elektrických systémů), stavebnictví (únik tepla domu), strojírenství (kontrola teploty při rotaci hřídele) a dopravě (monitorování automobilů). (Sulovská, 2012)

## **4.7 Biometrie krevního řečiště**

Biometrické ověření identity jedince na bázi krevního řečiště ruky a prstu se dnes dostává do světových trendů v biometrických zabezpečovacích systémech. A to díky momentálně poměrně rychlému vývoji a rozvoji moderních kamer s CCD čipem. Klesající cena těchto kamer a možnost použití algoritmů či umělé inteligence vedou k zvýšenému aplikování v zabezpečovaných objektech. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

### **4.7.1 Metoda krevního řečiště ruky**

Na povrchové hřbetní části lidské ruky se nachází soustava cév. Každá tato soustava cév svým uspořádáním je u každého člověka jedinečná. Cévy podle lidské fyziologie se rozdělují na tepny a žíly. Tepny jsou částí lidského těla, které vedou okysličenou krev do jednotlivých částí těla. Žíly, naopak od tepen, odvádějí neokysličenou krev k jejímu opětovnému okysličení. Uspořádání cévního systému na ruce je neměnné ani v průběhu stárnutí jedince. Cévní systém na pravé ruce nikdy není totožný s uspořádáním cév na ruce levé. (Nandini, Ashwini, Ramani, & Aparna, 2012) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

Vložení ruky uživatele do snímacího zařízení dochází k jejímu prosvícení infračerveným světlem a následným snímáním CCD kamerou, která snímá obraz v černobílém provedení. Snímaná část v infračerveném pásmu je citlivá na tepelnou stopu krve v cévním systému a vyzařuje ji kontrastněji nežli okolní svalová část. Vytvořený obraz cévního systému je povrchový z důvodu absorbování infračerveného záření živou tkání. Prosvícení hřbetní části ruky je maximálně do 3mm. Snímek zmapování cévního systému se následně upravuje pomocí algoritmů v černobílé podobě do stavu, kdy cévy jsou velmi tenké. Pomocí tohoto upraveného obrazu dochází k určení jednotlivých charakteristických znaků a převedení do binární podoby. Pro správné ověření totožnosti jedince se musí, u každého cévního systému, algoritmus vypořádat s různorodostí vzdálenosti cév od povrchu kůže, s jejich odlišným průměrem a teplotní roztaživostí či zužováním. (Nandini, Ashwini, Ramani, & Aparna, 2012) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

Nejdříve v průběhu algoritmicizace cévního systému, postupné části algoritmicizace na obrázku č.26, dochází k segmentaci obrazu. Účelem segmentace obrazu je rozlišit a oddělit

od sebe pozadí a snímanou část hřbetu ruky. Proces pokračuje vyhlazením a redukcí šumu v obrazu hřbetu ruky. Nejčastějším používáním je Gaussovo rozmazání pro odstranění hran ve snímku nebo nelineární rozptýlení, které naopak hrany zachová. Tato část algoritmizace slouží k redukci vlivu tvaru hřbetu ruky na správnost algoritmizace a vyhlazení obrazu cévního řečiště. Třetím krokem proces pokračuje lokálním prahováním. Zde dochází k oddělení cévní struktury řečiště od zbytku částí snímku. V části procesu lokálního prahování existuje poměrně mnoho metod algoritmizace oddělení. Trendem ve světě v této oblasti je používání zejména segmentace obrazu prahováním. Nenáročná, rychlá metoda, která používá jako rozlišení pozadí a popředí jas jednotlivých pixelů snímku. Vlastnost nižšího jasu patří pozadí a vyšší jas patří popředí snímku. Pro odlišení, kde je hranice popředí a pozadí, se používá hodnota prahu, kterou algoritmus volí jako průměrnou hodnotu okolních pixelů při přechodu jasu z popředí do pozadí. Poslední částí procesu algoritmizace snímku je postprocessing. Zde probíhají úpravy vedoucí k vytvoření šablony krevního řečiště. Tyto úpravy zahrnují zobrazení pouze minimalizačních linek cévního systému. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) (Nandini, Ashwini, Ramani, & Aparna, 2012)

Obrázek 26 Postupné části algoritmizace cévního systému (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



Získaný nasnímaný obraz krevního řečiště je v procesu ověření totožnosti uživatele chápán vektorově (prostorově). To znamená, že uživatel nemusí ruku držet nebo ruku umisťovat stále dokola při každém snímání do stejné polohy. K Prostorovému orientování obrazu krevního řečiště dochází až v procesu algoritmizace snímku, jehož výsledek je nalezení a ověření totožnosti ověřovaného jedince podle již uložené šablony cévního řečiště. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

#### 4.7.2 Metoda cévního systému prstu

Prsty a jejich cévní systém mají stejné vlastnosti, které jsou popsány v předchozí kapitole a lze je zde využít pro ověření totožnosti jedince. Výhodou této metody spočívá v potřebě rozměrově menšího zařízení nebo s kombinací senzorem otisku prstu pro úspěšné ověření totožnosti. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

##### 4.7.2.1 Získání cévního obrazu

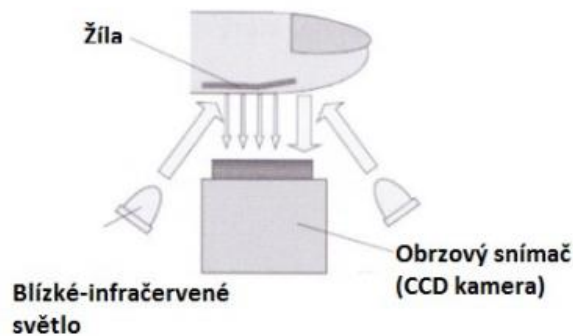
Typické metody získání cévního obrazu jsou tyto:

- Metoda reflexní – Tato metoda spočívá ve využívání odrazu NIR (Near infra red neboli světlo blízké infračervené oblasti) světla, schéma na obrázku č.27. CCD kamera a NIR



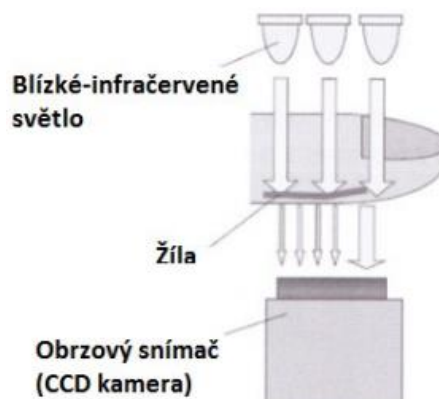
světelný zdroj jsou umístěny ze spodní strany prstu proti prstu. Nepatrné změny intenzity odraženého světla slouží k odlišení cévního systému od okolní tkáně. Cévní systém absorbuje nepatrné množství NIR, které je dostačující pro vytvoření snímku cévního systému. Cévní systém reprezentuje tmavší místa na snímku. Výhodou této metody jsou menší rozměry snímacího zařízení a dále z komfortního hlediska, že uživatel nemusí prst strkat do zařízení.

Obrázek 27 Reflexní metoda snímání cév prstu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



Metoda transmisivní – V této metodě dochází k NIR prosvícení prstu a následného pohlcení NIR paprsku prstem, schéma na obrázku č.28. Prst musí být vložen mezi NIR zdroj světelného záření a CCD kamerou. Z toho vyplývá nevýhoda z pohledu komfortu uživatele, že prst musí být strčen do zařízení a tím pádem i jeho větší rozměry. Prst se prosvítí NIR světlem a prostupuje prstem. Cévní systém opět pohlcuje větší množství NIR záření než okolní tkáň. I zde dochází k vykreslení cévní části tmavším zbarvením než okolní tkáň. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008)

Obrázek 28 Transmisivní metoda snímání cév prstu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)



#### 4.7.2.2 Obraz cévního systému

Obrazové zpracování cévního systému prstu je velmi podobné jako u zpracování obrazu cévního systému hřbetu ruky. Zpracování zahrnuje procesy:

- normalizaci obrazu – používá se zde segmentace prahování jako u kapitoly krevního řečiště ruky,

- extrakce žil – extrahování cévního systému prstu z nasnímaného obrazu,
- porovnávání – dochází zde k porovnání již uložené šablony s extrahovaným cévním systémem prstu.

(Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

#### **4.7.3 Souhrnné vlastnosti**

Tento způsob ověření identity se v praxi setkává s nepříliš dobrým hodnocením ze strany uživatelů, jelikož zde dochází k omezení komfortu. Výhodou ovšem je, že se nemusí skenovaná část fyzicky dotýkat zařízení, tedy zde nalezneme hygienické výhody. Dále na proces ověření totožnosti nemají vliv aspekty typu různých prstýnků, fyziologických onemocnění a působení stáří na cévní systém. (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)

## 5 Vlastí zpracování

V části vlastního zpracování došlo k výběru reprezentujících biometrických zabezpečovacích zařízení, která zastupují popisovaná témata z teoretické části a jsou dostupná na tuzemském trhu. K reprezentujícímu výběru zařízení jsou použity doporučení, rady a zkušenosti převzaté od odborníka, který se v oboru biometrických zabezpečovacích zařízení pohybuje. Tyto reprezentující biometrické zabezpečovací zařízení byla porovnána na doporučení odborníkem pomocí multikriteriální analýzy variant váženého součtu.

Po výběru zařízení a dalších konzultacích s odborníkem je stanoveno pořadí vah jednotlivých společných atributů u vybraných typů zařízení. Přiřazené váhy jsou přiřazeny k společným atributům metodou pořadí a následným výpočtem metodou váženého součtu je získána užitekost jednotlivého zařízení.

Přidělené hodnoty vah kritérií byly konzultovány s odborníkem. Z důvodu téma bakalářské práce byly upřednostněny atributy vypovídající o kvalitě zabezpečení zařízením a jeho pracovních vlastnostech. Ekonomické vlastnosti jsou v této práci v pozadí z důvodu povahy bakalářské práce.

Pořadí a vlastnosti zvolených kritérií:

- FAR – Tato konstanta zastupuje pravděpodobnost, že systém udělí přístup do systému neoprávněné osobě. Konstanta FAR má minimalizační charakter.
- FRR – Pravděpodobnost chybného odmítnutí vstupu oprávněné osoby. Konstanta FRR má minimalizační charakter.
- Přívětivost – Vyjadřuje konstantu komfortu uživatele při procesu ověřování totožnosti. Zde byly použity zkušenosti odborníka. Přívětivost má maximalizační charakter. Tento atribut je potřeba převést na kvantitativní charakter a bodově ohodnotit, jelikož je vyjádřen kvalitativně.
- Doba rozpoznání – Čas potřebný pro rozpoznání uživatele aktuálním zařízením v řádech sekund. Zde je také minimalizační charakter ale je potřeba převést atribut na kvantitativní charakter a bodově ohodnotit, jelikož je vyjádřen kvalitativně.
- Provozní teplota – Vyjadřuje interval hodnot pracovní teploty zařízení ve stupních celsia. Tato konstanta má maximalizační charakter a je potřeba převést atribut na kvantitativní charakter a bodově ohodnotit, jelikož je vyjádřen kvalitativně. Vešší pracovní rozsah znamená lepší ohodnocení.
- Cena – Cena zastupující jednotlivá zařízení v řádech tisíců korun. Cena má minimalizační charakter.
- Hmotnost – Tento atribut vyjadřuje hmotnost jednotlivého zařízení v řádech kilogramů.

## 5.1 Vybraná zařízení

Na základě konzultace s odborníkem došlo k výběru zařízení, zobrazena na obrázku č.29, která reprezentují biometrické zabezpečení pomocí:

- otisku prstu – zařízení Biosys 1 od společnosti CDVI,
- 3D skenu obličeje – zařízení Broadway 3D BM od společnosti Artec,
- krevního řečiště – zařízení MA VP – BIO Safran Morpho.

Obrázek 29 Vybrané biometrické zabezpečovací zařízení (Vlastní)



### 5.1.1 Kriteriaální atributy vybraných biometrických zařízení

V tabulce č.1 se nacházejí specifické údaje technických vlastností jednotlivých vybraných biometrických zabezpečovacích zařízení, podle kterých bude provedena multikriteriaální analýza váženého součtu.

Tabulka 1 Technické parametry vybraných zařízení (Vlastní)

	Biometrické zařízení	Biosys 1	Broadway 3D	MA VP - BIO
Technické parametry	FAR [ % ]	0,0001	0,0001	0,000001
	FFR [ % ]	0,1	0,1	0,001
	Doba rozpoznání [ sec ]	< 1	1	> 1
	Přívětivost	dobrá	velmi dobrá	špatná
	Provozní teplota [ °C ]	< -20 ; 60 >	< 15 ; 30 >	< -10 ; 50 >
	Cena [ tis. Kč ]	14,3	130	68
	Hmotnost [ kg ]	1,5	16	0,5

Pro získání vypočtené hodnoty užitekosti jsou v příloze 1 uvedeny hodnoty stanovených jednotlivých vah metodou pořadí, určení minimalizační a maximalizační povahy,

určení horních hraničních hodnot, dolních hraničních hodnot a výsledných vypočtených hodnot matic pro váhové a užítkové ohodnocení jednotlivých atributů.

Atributy hodnot, které měly povahu kvalitativního hodnocení, bylo nutné převést na povahu kvantitativní a následně je bodově ohodnotit. V práci bylo využito minimalizačních a maximalizačních vzorců pro výpočet užítkovosti, takže nebylo nutné všechny atributy převádět na maximalizační charakter.

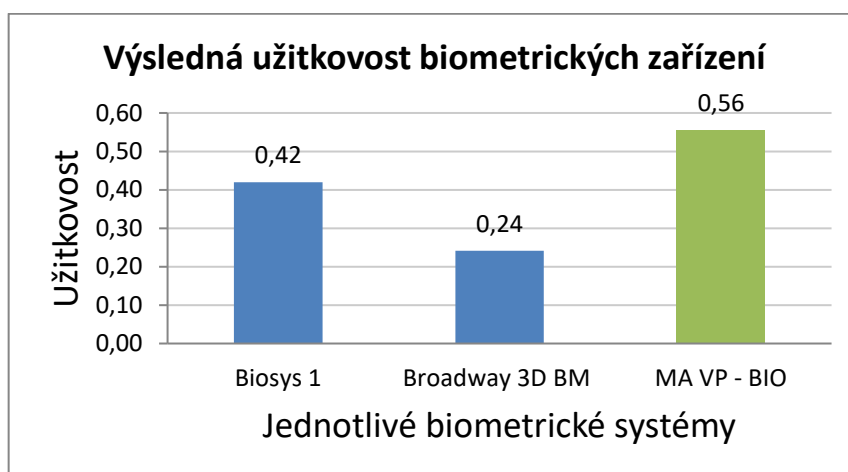
## 6 Zhodnocení výsledků

V této kapitole jsou vyhodnoceny výsledky užítkovosti multikriteriální analýzy variant váženého součtu vybraných reprezentujících biometrických bezpečnostních zařízení zastupujících vybrané technologické odvětví.

### 6.1 Výsledná užítkovost biometrických zařízení

Z postupných vypočítaných údajů, které jsou uvedeny v příloze 1, se získalo celkové ohodnocení užítkovosti jednotlivých zařízení. Reprezentující celkové hodnoty užítkovosti jsou zobrazeny v obrázku č.30. Čím je hodnota užítkovosti vyšší, tím zařízení více vyhovuje zvoleným kritériím a je více užitečné, tedy připadá na něj případná volba výběru.

Obrázek 30 Výsledná užítkovost biometrických zařízení (Vlastní)



Z vybraných reprezentujících biometrických zařízení, podle největšího bodového ohodnocení užítkovosti, nejvíce vyhovuje zařízení ověření totožnosti pomocí krevního řečiště MA VP – BIO společnosti Safran Morpho s 0,56 body užítkovosti (Obrázek č.30). Díky svému technickému zpracování, vybavenosti a vlastnosti nejnižší procentuální šance chybovosti ověření totožnosti získal nejvíce bodů užítkovosti. Nejnižší šance chybovosti, oproti porovnávaným zařízením, nemá konkurenci. Navíc přístroj MA VP – BIO disponuje i ověřením otisku prstu zároveň s ověřením krevního řečiště, tedy je jednoznačně vítězem v kategorii trendů biometrických zabezpečení. Nízká chybovost ověření totožnosti je vykoupena nevládnou přívětivostí od uživatelů, jelikož z porovnávaných zařízení nejvíce omezuje uživatele. Omezení uživatelů u tohoto zařízení je spojeno i s poměrně dlouhou dobou ověření totožnosti oproti porovnávaným zařízením. V cenové relaci se zařízení pohybuje v průměru porovnávaných zařízení.

Druhým zařízením s nejvyšším bodovým ohodnocením je zařízení Biosys 1 od společnosti CDVI s dosaženými 0,42 (Obrázek č.30) body užítkovosti. V porovnání se zařízením Broadway 3D se zařízení Biosys 1 ohodnocením užítkovosti přibližuje zařízení MA VP – BIO. Biosys 1 tedy zastupuje technologii ověření totožnosti na bázi snímání otisku

prstu. Mezi přední vlastnosti tohoto zařízení oproti porovnávaným zařízením je nejrychlejší doba ověřovacího procesu totožnosti uživatele a nejlepší provozní teplotní vlastnosti zařízení. V porovnání cenové relace je zařízení Biosys 1 na tom nejlépe. Cena Biosys 1 se pohybuje na hladině jedné čtvrtiny rozpoznání krevního řečiště MA VP – BIO. Vyšší chybovost ověření totožnost, která je totožná se zařízením Broadway 3D BM, zapříčinila nižší bodové ohodnocení celkové užitečnosti oproti MA VP – BIO.

Nejmenší finální ohodnocení užitečnosti získal přístroj biometrického zabezpečení pomocí 3D ověření skenu obličeje Broadway 3D BM s pouhými 0,24 body užitečnosti (Obrázek č.30). Broadway 3D BM zastupuje prakticky nejnovější trend v biometrických zabezpečovacích systémech, který je možné sehnat na trhu s biometrickým zabezpečením. Přední vlastnost tohoto zařízení je přívětivost a obliba u běžných uživatelů, jelikož u tohoto zařízení nedochází k žádnému omezení uživatele. Bohužel v porovnání parametrů ničím výjimečným Broadway 3D BM nedisponuje. Stejná chybovost jako je u zařízení Biosys 1, razantně vyšší hmotnost a cena, nejnižší schopnost odolávat teplotním podmínkám zapříčilo nejnižší bodové ohodnocení užitečnosti.

## 7 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo provést průzkum v problematice světových trendů v biometrických zabezpečovacích identifikačních systémech. V práci byly vybrány zástupci momentálně používaných světových novinek technologií biometrických identifikačních systémů z důvodů omezení rozsahu práce. Problematika trendů, jejich vlastností a princip funkce jsou řešeny v teoretické části práce.

V praktické části u popisovaných novinek technologií identifikačních systému byli vybráni jejich zástupci na základě doporučení odborníka, který se v této kategorii pohybuje. Následně došlo k porovnání zasazení do praxe pomocí multikriteriální analýzy variant váženého součtu.

Bylo potřeba najít taková zařízení na trhu, která reprezentují jednotlivé technologie biometrického zabezpečení a zároveň by bylo možné je porovnat podle společných charakteristických vlastností.

V problematice společných atributů v multikriteriální analýze váženého součtu byly váhově upřednostňovány vlastnosti chybovosti ověření totožnosti. Cena porovnávaných zařízení se dostala výrazně do pozadí z důvodu upřednostnění kvality zabezpečení a provedení zařízení.

Zástupci jednotlivých technologických kategorií byli vybráni tito:

- otisku prstu – zařízení Biosys 1 od společnosti CDVI,
- 3D skenu obličeje – zařízení Broadway 3D BM od společnosti Artec,
- krevního řečiště – zařízení MA VP – BIO Safran Morpho.

Nejlepší hodnocení užítku pro zasazení do praxe získalo zařízení MA VP – BIO od společnosti Safran Morpho reprezentující technologii ověření totožnosti pomocí krevního řečiště. Zařízení MA VP – BIO vlastní nejnižší procentuální chybovost oproti porovnávaným zařízením.

Za zařízením MA VP – BIO v ohodnocení užítkovosti se umístilo zařízení Biosys 1 od společnosti CDVI zastupující technologii ověření totožnosti pomocí otisku prstu. Největší výhodou tohoto zařízení je jeho rychlost procesu ověření totožnosti, jeho velké rozmezí pracovní teploty a velmi nízká cena.

S nejmenším počtem bodů užítkovosti se umístilo zařízení Broadway 3D BM od společnosti Artec které reprezentuje technologii biometrického zabezpečení pomocí 3D skenu obličeje. Jediným plusem tohoto zařízení se stává jeho přívětivost mezi uživateli. Nevýhodou je jeho velmi vysoká cena, hmotnost a velmi nízký rozsah provozních teplot oproti porovnávaným zařízením.



## 8 Seznam literatury

- ABBAS, a. (nedatováno). Načteno z <http://katalog.abbas.cz>.
- Baštan, P. (13. 7 2013). *computerworld.cz*. Načteno z <http://computerworld.cz/securityworld/biometricke-metody-autentizace-jsou-vyhodne-48569>
- Brožová, H., Tomáš, Š., & Houška, M. (2009). *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Filla, D. (2011). *Biometrie otisku prstu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Načteno z [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=37981](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=37981)
- Flídr, J. (2009). *Biometrické autentizační metody*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Načteno z [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/11697/Biometrick%C3%A9\\_autentizace%48Dn%C3%AD\\_metody.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/11697/Biometrick%C3%A9_autentizace%48Dn%C3%AD_metody.pdf?sequence=1)
- Janča, R. (2015). Biomechanický obsah stopy jako zásadní faktor. Zlín. Načteno z [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/33809/jan%C4%8Da\\_2015\\_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/33809/jan%C4%8Da_2015_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kovář, S. (7. 2 2014). *3D čtečky obličeje pro identifikaci osob*. Načteno z <http://digilib.k.utb.cz>: <http://hdl.handle.net/10563/29946>
- Kreuziger, P. (6. 1 2016). *mobilizujeme.cz*. Načteno z <https://mobilizujeme.cz/clanky/letv-le-max-pro-poprve-ultrazvukova-ctecka-a-snapdragon-820>
- Krhovák, J., & Matyáš, V. (2007). *Autentizace a identifikace uživatelů*. Načteno z [http://webserver.ics.muni.cz/bulletin/clanky\\_tisk/560.pdf](http://webserver.ics.muni.cz/bulletin/clanky_tisk/560.pdf).
- Máchová, R., Křupka, J., & Kašparová, M. (2012). *Rozhodovací procesy*. Brno: Univerzita Pardubice.
- Maltoni, D. (2009). *Handbook of Fingerprint Recognition*. London, Anglie: Springer.
- Moravec, P. (20. 2 2016). *Čtečky otisku prstů pod drobnohledem*. Načteno z [mobilizujeme.cz](https://mobilizujeme.cz/clanky/ctecky-otisku-prstu-pod-drobnohledem-jak-funguji): <https://mobilizujeme.cz/clanky/ctecky-otisku-prstu-pod-drobnohledem-jak-funguji>
- Nandini, C., Ashwini, C., Ramani, N., & Aparna, M. (5. květen 2012). *Biometric Authentication by Hand Vein*. Načteno z <http://iet-journals.org>: [http://iet-journals.org/archive/2012/may\\_vol\\_2\\_no\\_5/94582133528454.pdf](http://iet-journals.org/archive/2012/may_vol_2_no_5/94582133528454.pdf)
- Neurosci, J. (7. červenec 2007). Point-Light Biological Motion Perception Activates Human. Načteno z <https://crl.ucsd.edu/~saygin/papers/sayginjn04.pdf>

- Núdziková, P., Slanina, Z., Viala, D., & Drábek, P. (2014). *Elektromobilita I (Identifikace uživatele)*. Načteno z [www.netfei.vsb.cz](http://www.netfei.vsb.cz):  
[http://netfei.vsb.cz/downloads/autorske\\_texty/Elektromobilita%20I.pdf](http://netfei.vsb.cz/downloads/autorske_texty/Elektromobilita%20I.pdf)
- Roman, R., Václav, M., & Zdeněk, Ř. (2008). *Biometrie a identita člověka: ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada.
- Siroatan. (10. 1 2016). *Singularity*. Načteno z <http://noel.feld.cvut.cz>:  
<http://noel.feld.cvut.cz/vyu/a2b31hpm/index.php/U%C5%BEivatel:Sioratan>
- Sulovská, K. (červenec 2012). *Sledování vlivu teploty na termogram lidské tváře*. Načteno z  
<http://www.posterus.sk>: <http://www.posterus.sk/?p=13335>,  
<http://www.posterus.sk/?p=13337>
- Šujan, M. (2011). *Detekce částí obličeje v termografickém spektru*. Brno. Načteno z  
[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=38895](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=38895)
- Talandová, H. (2010). *Studie využití biometrických systémů v průmyslu komerční bezpečnosti*. Zlín. Načteno z  
[https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/13364/talandov%C3%A1\\_2010\\_bp.pdf?sequence=1](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/13364/talandov%C3%A1_2010_bp.pdf?sequence=1)

## 9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma atributů osoby k identifikaci (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) .....	5
Obrázek 2 Proces identifikace (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	6
Obrázek 3 Proces verifikace (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	6
Obrázek 4 Grafické zobrazení křížového koeficientu (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) .....	9
Obrázek 5 Sled postupu biometrických systémů (Vlastní).....	10
Obrázek 6 Čtečka otisku prstu mobilního telefonu (Moravec, 2016) .....	10
Obrázek 7 Bod jádra a delty v otisku prstu (Siroatan, 2016).....	12
Obrázek 8 Základní třídy dermatoglyfických otisků prstů (Siroatan, 2016) .....	12
Obrázek 9 Dermatoglyfické markanty (Talandová, 2010).....	13
Obrázek 10 Základní schéma principu optického snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	14
Obrázek 11 Základní schéma kapacitního snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	15
Obrázek 12 Princip složení otisku prstu průtahového kapacitního snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	15
Obrázek 13 Základní schéma ultrazvukového snímače (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) ..	16
Obrázek 14 Definice chůze (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	18
Obrázek 15 Omezení kyčelního kloubu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	19
Obrázek 16 Pohybové možnosti kyčelního kloubu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014).....	19
Obrázek 17 Pohyby kolenního kloubu (Janča, 2015) .....	20
Obrázek 18 Pohyby hlezenního kloubu (Janča, 2015).....	20
Obrázek 19 Princip metody těžiště těla (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008).....	21
Obrázek 20 Porovnání úhlů končetin při chůzi (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014).....	21
Obrázek 21 Grafy sagitálního pohledu u různých kloubů (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014)21	
Obrázek 22 Znázornění metody siluety (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008) .....	22
Obrázek 23 Základní zobrazení lidského těla v aplikacích (Roman, Václav, & Zdeněk, 2008).....	22
Obrázek 24 Princip upřesnění polohy normalizací hrubého zarovnání (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014).....	28
Obrázek 25 Polygonální mapa 3D modelu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	29
Obrázek 26 Postupné části algoritmy cívního systému (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	32
Obrázek 27 Reflexní metoda snímání cív prstu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014) .....	33
Obrázek 28 Transmisivní metoda snímání cív prstu (Núdziková, Slanina, Viala, & Drábek, 2014).....	33
Obrázek 29 Vybrané biometrické zabezpečovací zařízení (Vlastní).....	36
Obrázek 30 Výsledná užítkovost biometrických zařízení (Vlastní).....	38

## 10 Seznam příloh

Příloha 1 – Stanovení hodnot pořadí metodou pořadí, stanovení vah jednotlivých kritérií, bodové hodnoty jednotlivých atributů spolu s jejich charakterem, horní a dolní hranicí, jednotlivé bodové ohodnocení pomocí vah a následné získání užitekosti.

*Stanovení pořadí a přepočítání hodnoty vah jednotlivých kritérií.*

	Hodnota pořadí	početní hodnota vah	zastoupení vah
FAR	6,5	0,23	23,21%
FFR	6,5	0,23	23,21%
Doba rozpoznání	4,5	0,16	16,07%
Přívětivost	4,5	0,16	16,07%
Provozní teplota	3	0,11	10,71%
Cena	2	0,07	7,14%
Hmotnost	1	0,04	3,57%
Součet	28	1,00	100,00%

*Bodové hodnoty jednotlivých kritérií, jejich charakter, dolní a horní hranice.*

	Biometrické zařízení	Biosys 1	Broadway 3D	MA VP - BIO	Charakter	Dolní hranice	Horní hranice
Kvantitativní vyjádření	FAR	0,0001	0,0001	0,000001	MIN	0,000001	0,0001
	FFR	0,1	0,1	0,01	MIN	0,01	0,1
	Doba rozpoznání	1	2	3	MIN	1	3
	Přívětivost	2	3	1	MAX	1	3
	Provozní teplota	3	1	2	MAX	1	3
	Cena	14,3	130	68	MIN	14,3	130
	Hmotnost	1,5	16	0,5	MIN	0,5	16

*Výpočet výsledného ohodnocení pomocí charakterních vzorců.*

	Biometrické zařízení	Biosys 1	Broadway 3D	MA VP - BIO
Bodové hodnoty vah	FAR	0,00	0,00	1,00
	FFR	0,00	0,00	1,00
	Doba rozpoznání	1,00	0,50	0,00
	Přívětivost	0,50	1,00	0,00
	Provozní teplota	1,00	0,00	0,50
	Cena	1,00	0,00	0,54
	Hmotnost	0,94	0,00	1,00

*Přepočet, vypočtených hodnot ohodnocení pomocí charakterních vzorců, na jednotlivé hodnoty užítkovosti atributů a následný jejich součet u každého atributu.*

	Biometrické zařízení	Biosys 1	Broadway 3D	MA VP - BIO
Hodnoty užítkovosti	FAR	0,00	0,00	0,23
	FFR	0,00	0,00	0,23
	Doba rozpoznání	0,16	0,08	0,00
	Přívětivost	0,08	0,16	0,00
	Provozní teplota	0,11	0,00	0,05
	Cena	0,07	0,00	0,04
	Hmotnost	0,03	0,00	0,04
	Součet užitku	0,42	0,24	0,56