

# **Biomechanický obsah stopy jako zásadní faktor identifikace pachatele**

Bc. Radek Janča

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radek Janča**  
Osobní číslo: **A13311**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Biomechanický obsah stopy jako zásadní faktor  
identifikace pachatele**  
Téma anglicky: **Biomechanical Content Tracks as a Crucial Factor in Identifying  
Offenders**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte identifikaci pachatele z pohledu biometrické identifikace.
2. Popište dynamický stereotyp lokomoce člověka.
3. Uvedte podstatu identifikace osoby podle dynamického stereotypu lokomoce.
4. Navrhněte jak zajistit střežené objekty podniky PKB z hlediska nasazení kamerové techniky pro získání kriminalisticky užitého kinogramu.
5. Zpracujte předpokládaný vývoj problému a závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. LAUCKÝ, Vladimír. Speciální bezpečnostní technologie. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 631 s. ISBN 978-807-3187-620.
2. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti II. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 631 s. ISBN 978-807-3186-319.
3. RAK, Roman. Biometrie a identita člověka ve forezních a komerčních aplikacích. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 631 s. ISBN 978-80-247-2365-5.
4. PORADA, Viktor. Kriminalistika: (teorie, metody, metodologie). Vyd. 2. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2014, 459 s. ISBN 978-807-3804-909.
5. PORADA, Viktor a Jiří STRAUS. Kriminalistika: (výzkum, pokroky, perspektivy). Vyd. 2. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2013, 699 s. ISBN 978-807-3804-770.
6. STRAUS, Jiří. Kriminalistické stopy s biomechanickým obsahem: (kriminalistické stopy odrážející funkční a dynamické vlastnosti a návyky působícího objektu). 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 2011, 117 s.
7. LI, Haizhou, Liyuan LI a Kar-Ann TOH. Advanced topics in biometrics. Hackensack, NJ: World Scientific, 2012, 500 s. ISBN 98-142-8784-9.

Vedoucí diplomové práce:

**JUDr. Vladimír Laucký**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**12. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce:

**15. května 2015**

Ve Zlíně dne 6. února 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

*ředitel ústavu*

### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na problematiku identifikace pachatele trestného činu na základě stopy s biomechanickým obsahem.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se nachází úvod do řešené problematiky, jsou zde stručně představeny možnosti identifikace pachatele z pohledu biometrické identifikace a také popsán dynamický stereotyp lidské lokomoce.

Praktická část se skládá z popisu podstaty identifikace osob podle dynamického stereotypu, z návrhů na zajištění objektů střežených podniky průmyslu komerční bezpečnosti z hlediska nasazení kamerové techniky, pro získání kriminalisticky užitého kinogramu, předpokládaného vývoje v této problematice a závěrečného shrnutí.

Klíčová slova: Biometrika, dynamický stereotyp lokomoce, identifikace, kinogram

## **ABSTRACT**

The present thesis is focused on identification of offenders based on tracks with biomechanical content.

The work is divided into theoretical and practical part. The theoretical part is an introduction to the solved problems, there are briefly introduced possibilities of identifying offenders from the perspective of biometric identification and description of dynamic stereotype of human locomotion.

The practical part consists of a description of the nature of identifying people by dynamic stereotype of proposals to ensure buildings guarded commercial security industry companies to deploy camera to obtain forensically applicable kinogram, expected developments in this field and the final summary.

Keywords: Biometrics, dynamic stereotype, locomotion, identification, kinogram

Děkuji JUDr. Vladimíru Lauckému, vedoucímu diplomové práce, za odborné vedení, cenné rady a informace, které mi při tvorbě předkládané práce poskytoval.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mne během celého studia podporovala a vytvořila mi podmínky k jeho úspěšnému dokončení.

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I</b> <b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1</b> <b>IDENTIFIKACE PACHATELE Z POHLEDU BIOMETRIE</b> .....	<b>12</b>
1.1    IDENTIFIKACE.....	12
1.1.1    Kriminalistická identifikace .....	13
1.1.1.1    Identifikace podle subjektu identifikačního procesu .....	13
1.1.1.2    Identifikace podle odborných znalostí a metod .....	14
1.1.1.3    Identifikace individuální a nedovršená .....	14
1.1.1.4    Identifikace podle druhů identifikačních znaků.....	15
1.1.1.5    Identifikace podle ztotožňovaných objektů .....	15
1.2    BIOMETRIE .....	16
1.2.1    Historický pohled na biometrii.....	16
1.2.2    Důležité pojmy v biometrii .....	18
1.3    BIOMETRICKÁ IDENTIFIKACE V KRIMINALISTICE .....	20
1.3.1    Anatomicko fyziologické charakteristiky .....	22
1.3.1.1    Oční duhovka .....	23
1.3.1.2    Oční sítnice .....	24
1.3.1.3    Tvář .....	24
1.3.1.4    Tvar vnějšího ucha.....	25
1.3.1.5    Otisky prstů, dlaní a chodidel .....	26
1.3.1.6    Geometrie prstů a ruky .....	27
1.3.1.7    Topografie žil.....	27
1.3.1.8    Pach lidského těla .....	28
1.3.1.9    Obsah solí v lidském těle .....	29
1.3.1.10    DNA .....	29
1.3.2    Behaviorální charakteristiky .....	30
1.3.2.1    Hlas .....	30
1.3.2.2    Písmo a podpis .....	30
1.3.2.3    Dynamika psaní na klávesnici .....	31
1.3.2.4    Lokomoce .....	31
1.4    HODNOCENÍ BIOMETRICKÝCH TECHNOLOGIÍ .....	33
1.4.1    Kritéria operační.....	34
1.4.2    Kritéria technická .....	36
1.4.3    Kritéria výrobní .....	36
1.4.4    Kritéria finanční .....	36
1.4.5    Kritéria metodologická, algoritmická a bezpečnostní.....	36
<b>2</b> <b>DYNAMICKÝ STEREOTYP LOKOMOCE ČLOVĚKA</b> .....	<b>37</b>
2.1    DYNAMICKÝ STEREOTYP .....	37
2.2    LOKOMOCE .....	38
2.3    PŘIROZENÁ BIPEDÁLNÍ LOKOMOCE .....	38
2.3.1    Analýza chůze .....	40
2.3.2    Faktory působící na styl chůze .....	41
<b>II</b> <b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>43</b>
<b>3</b> <b>IDENTIFIKACE OSOB PODLE DYNAMICKÉHO STEREOTYPU</b>	

<b>LOKOMOCE.....</b>	<b>44</b>
3.1 IDENTIFIKACE NA ZÁKLADĚ POHYBU TĚŽIŠTĚ .....	49
3.2 SAGITÁLNÍ KINEMATIKA.....	50
3.2.1 Metody modelování pohybu osoby .....	52
3.2.2 Metody vyhodnocující siluetu osoby .....	53
3.2.3 Metody využívající záznam z přední strany.....	55
<b>4 VLASTNÍ ANALÝZA VIDEOZÁZNAMU.....</b>	<b>57</b>
<b>5 NÁVRH ZAJIŠTĚNÍ OBJEKTU KAMEROVÝM SYSTÉMEM PRO ZÍSKÁNÍ KINOGRAMU .....</b>	<b>59</b>
5.1 KINOGRAM.....	60
5.2 KAMEROVÉ SYSTÉMY .....	60
5.2.1 Analogové a digitální kamerové systémy .....	61
5.2.2 Rozložení snímané scény .....	63
<b>6 PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ.....</b>	<b>66</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>69</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>74</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>75</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>76</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>77</b>



## ÚVOD

Název této práce zní: „Biomechanický obsah stopy jako zásadní faktor identifikace pachatele“. Jako student posledního ročníku oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management jsem se již s jednotlivými termíny, tedy identifikace, pachatel a stopa setkal a jejich význam je mi proto znám. Předpokládám, že případný čtenář bude mít alespoň všeobecný přehled o této problematice, ale může se stát, že se práce dostane do rukou i někomu, komu jsou tyto pojmy zcela neznámé. Podrobněji budou proto tyto pojmy vysvětleny v jednotlivých kapitolách, případně hned v úvodu této práce.

Za kriminalistickou stopu je považována určitá změna a to buď ve vědomí člověka nebo v materiálním prostředí. Tato změna pak musí souviset příčinně, místně nebo časově s tzv. kriminalisticky relevantní událostí. Je možné ji nějakým způsobem zjistit a také zajistit současnými technickými metodami. Jako kriminalistické stopy s biomechanickým obsahem jsou označovány stopy odrážející pohybové, někdy také označované jako funkční a dynamické vlastnosti člověka. Do tohoto souboru se v odborné literatuře řadí stopy hlasu, ručního písma a chůze. Diplomová práce je zaměřena především na problematiku identifikace osob podle způsobu jejich chůze, s využitím záznamu z kamery. Tato činnost je označována odborníky jako aplikovaná biomechanika. Jelikož jsou sledovány měřitelné vlastnosti živého organismu, identifikace člověka podle stylu chůze může být považována za biometrickou metodu identifikace.

Za první dílčí cíl předkládané diplomové práce bylo stanoveno prostudování možností identifikace pachatele z pohledu biometrické identifikace. S potřebou identifikace se dnes setkáváme převážně ve dvou prostředích. Prvním je prostředí kriminalistické, které je označováno i jako policejně-soudní a vztahuje se k němu pojem pachatel, druhé prostředí je komerčně-bezpečnostní. V kriminalistickém prostředí je pozornost věnována biometrickým metodám identifikace člověka na základě geometrie a tvaru krevního řečiště ruky, hlasu, oční duhovky nebo sítnice, DNA nebo lokomoce. Některé tyto charakteristiky jsou používány i v komerčně-bezpečnostním prostředí např. pro zajištění přístupu k informačním technologiím nebo do vyhrazených objektů. V obou případech je možné nalézt v procesu identifikace společné znaky, jsou zde však také specifika.

Identifikace osob s využitím biometrických dat se dnes těší stále větší popularitě a setkáváme se s nimi mnohem častěji než kdykoliv dříve. Některé typy identifikačních systémů jako snímání otisku prstu, už jsou dnes na vysoké technické úrovni, jiné jako třeba

automatizované elektronické systémy pro identifikaci na základě lidského pachu jsou prozatím ve stádiu výzkumu.

Jako druhý dílčí cíl je stanoveno popsání dynamického stereotypu lokomoce člověka. V této části práce se věnuji popisu způsobu, jakým lidé chodí a jsou zde osvětleny některé faktory, které na styl chůze působí.

V praktické části uvádím podstatu identifikace osob podle dynamického stereotypu lokomoce. Popisuji zde metody identifikace osob pomocí modelů lidského těla a siluety postavy extrahované z videozáznamu a také je zde možné nalézt praktickou ukázkou analýzy pohybu důležitých bodů lidského těla, kterou je možné v kriminalistické praxi pro identifikaci využít. Dále zde uvádím návrhy na zabezpečení objektů kamerovou technikou pro získání kriminalisticky užitečného kinogramu, podle znalostí a informací získaných při tvorbě této práce a studiu odborné literatury na toto téma. Poslední části této práce jsou věnovány předpokládanému vývoji řešeného problému a závěrečnému shrnutí.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 IDENTIFIKACE PACHATELE Z POHLEDU BIOMETRIE

Považuji za vhodné alespoň částečné osvětlení odborných pojmů a výrazů užívaných v předkládané diplomové práci co nejdříve, aby případný čtenář získal základní přehled nad touto problematikou hned v úvodu a mohl lépe pochopit další části práce, pokud se s nimi již dříve neseznámil.

Identifikace pachatele s využitím biometrické identifikace je velmi specifický proces, ke kterému je vázána celá řada disciplín, vědních oborů, pojmů, termínů a specializovaných činností. První kapitola práce je tedy zaměřena na vysvětlení nejdůležitějších pojmů, aby čtenář získal co možná nejvíce ucelený a komplexní pohled na řešenou problematiku.

### 1.1 Identifikace

Tento pojem, tedy identifikace je v odborné literatuře chápán v mnoha souvislostech různě. Obecný význam slova identifikace uvedený ve slovníku cizích slov je zjišťování totožnosti ale také rozeznávání nebo rozlišování v procesu vnímání. [8]

Pokud budeme na identifikaci pohlížet jako na proces srovnávání nebo porovnávání, neobejdeme se ve většině případů bez lidské interakce. Samotné rozhodnutí tedy učiní člověk, s využitím technických prostředků. Díky technologickým pokrokům roste snaha o automatizaci těchto rozpoznávacích procesů, zrychlení a zpřesnění identifikace. [1]

Samotný pojem identifikace je spjat s filozofickým způsobem myšlení a jeho vývojem, matematikou a také logikou. Pojem je odvozen z latinského slova *idem*, které je překládáno jako stejný, týž nebo právě ten. Běžně je chápán jako ztotožňování jednoho objektu s druhým. V odborné literatuře se dnes setkáváme s dělením identifikace na objektovou identifikaci a identifikaci systémů. Jak již bylo dříve zmíněno, na konci této kapitoly by měl čtenář získat přehled o metodách sloužících k identifikaci pachatele s využitím biometrie. Důležité je zde právě slovo pachatel, protože nám určuje směr, kterým bychom se měli dále ubírat. Potřeba někoho identifikovat se dnes totiž kromě policejně-soudního prostředí, do kterého právě pojem pachatel spadá nejčastěji, objevuje také v oblasti tzv. bezpečnostně-komerční. V obou těchto případech se často pracuje s velmi podobnými informacemi, ale důvody pro jejich zkoumání a metody získávání jsou mnohdy odlišné.

### 1.1.1 Kriminalistická identifikace

Kriminalistika tak jako většina vědeckých disciplín je dnes na vysoké úrovni a zabývá se množstvím úkonů, které vyžadují specializovaný přístup nebo prostředky. Proto je dnes běžně kriminalistická identifikace rozdělována na podskupiny, podle nejrůznějších kritérií. Uvedu proto dále alespoň některé běžně používané, se kterými se můžeme setkat v odborné literatuře. Považuji jejich zmínění za vhodné, aby bylo možné později řešenou problematiku správně zařadit, řekněme z širšího pohledu.

V kriminalistice se nikdy nedá hovořit o naprosté jistotě v určování totožnosti, tedy identifikaci, ale vždy pouze o jisté míře podobnosti nebo pravděpodobnosti. Kriminalisté dnes pracují na získání mnoha různých druhů stop po pachatelích trestné činnosti a využívají k tomu mnoho velmi specifických technických prostředků a technologických postupů. Z tohoto důvodu vznikla potřeba rozčlenění jednotlivých úkonů tak, aby se vždy konkrétní činnosti věnovala osoba s odbornými znalostmi. Identifikace v kriminalistice je proto rozdělena na několik druhů podle různých kritérií. [2]

Toto dělení kriminalistické identifikace je pak podle:

- subjektu uskutečňujícího samotný proces identifikace
- odborných znalostí nutných ke zkoumání a použití příslušných metod
- stavu kdy se dospěje ke zjištění totožnosti, či nikoliv
- druhů identifikačních znaků využívaných k identifikaci
- ztotožňovaných objektů

#### *1.1.1.1 Identifikace podle subjektu identifikačního procesu*

Nejprve je nutné uvést, že podle subjektu uskutečňujícího proces identifikace v kriminalistice rozlišujeme dva druhy identifikace. Jedná se o identifikaci znaleckou nebo rekogniční. Pokud se jedná o znaleckou identifikaci, kterou uskutečňuje znalec, pracujeme převážně se stopami v materiální podobě. Naproti tomu při rekogničním druhu identifikace provádí samotnou identifikaci svědek, oběť nebo poškozená osoba. Při rekogniční identifikaci se využívají stopy převážně paměťového charakteru. Jednoduché úkony jako např. kontrola dokladů spojená s identifikací jejich majitele podle fotografie, mohou být provedeny také subjekty označovanými jako orgány činné v trestním řízení. [2]

### ***1.1.1.2 Identifikace podle odborných znalostí a metod***

V případě, že se rozhodneme nahlížet na kriminalistickou identifikaci z pohledu odbornosti a nezbytných znalostí osoby, která samotný proces provádí, setkáme se pak s rozdělením např. na tyto podkategorie:

- daktyloskopická identifikace
- portrétní identifikace
- zkoumání písma, listin a dokladů
- trasologická identifikace
- balistická identifikace
- biologická identifikace
- mechanoskopická identifikace

### ***1.1.1.3 Identifikace individuální a nedovršená***

Individuální identifikace je z hlediska dokazování všeobecně považována za nejcennější, je výsledkem procesu, při kterém se určí konkrétní osoba nebo objekt, který zanechal stopu. Nedovršená identifikace je také někdy označována jako skupinová příslušnost, dříve bylo možné setkat se i s pojmy jako druhová nebo rodová identifikace. Tyto pojmy jsou však dnes již považovány za nepřesné a v odborné literatuře se již skoro nevyskytují. Pro nedovršenou identifikaci je typické, že proces identifikace jako takové není kompletně dokončen a došlo pouze ke zjištění příslušnosti k určité skupině. Příkladem může být určení druhu a velikosti obuvi, typ pneumatik nebo druh zbraně. Určení skupinové příslušnosti má v kriminalistice význam pro vyloučení určitých druhů předmětů nebo osob a přiblížení se tak k individuální identifikaci. V některých případech se však stává, že není technicky možné k individuální identifikaci dospět a kriminalisté se musejí spokojit pouze s dílčím výsledkem.[2]

#### ***1.1.1.4 Identifikace podle druhů identifikačních znaků***

Při identifikaci podle druhů identifikačních znaků využíváme odrazu vlastností zkoumaného objektu. Tyto vlastnosti je možné zařadit do příslušných skupin, podle typu informací které poskytují. Toto dělení pak vypadá následovně:

- informace o vnější stavbě objektu
- informace o vnitřním složení objektu
- informace o funkčních a dynamických vlastnostech objektu

Informace o vnější stavbě objektu mohou znamenat např. tvar a strukturu zkoumaného povrchu nástrojů ale také uspořádání papilárních linií na prstu lidské ruky. Vnitřní složení objektu v sobě zahrnuje informace o chemickém složení látek, molekulárním, biologickém nebo krystalickém složení, materiálu nebo barvě. Funkční a dynamické vlastnosti se týkají v první řadě vlastností člověka a mají individualizační hodnotu. Do této skupiny lze zařadit somatické vlastnosti člověka, dynamické stereotypy nebo mimiku. [2]

#### ***1.1.1.5 Identifikace podle ztotožňovaných objektů***

V kriminalistice se proces identifikace dělí také podle typu tzv. ztotožňovaného objektu. Toto dělení je poté podle toho jestli identifikujeme osoby, věci nebo zvířata.

Identifikace osob probíhá podle:

- markantů papilárních linií
- biologických stop
- anatomických a antropologických znaků
- lidského hlasu
- odorologických stop
- trasologických stop
- funkčních znaků pohybového projevu

Identifikace věcí se provádí zkoumáním vnějších a vnitřních vlastností těchto objektů. Stopy v kriminalistice zkoumané nejčastěji jsou:

- balistické stopy
- mechanoskopické stopy
- trasologické stopy
- stopy písma psacích strojů
- chemické a pyrotechnické stopy
- mikrostopy
- grafická diagnostika

Co se týká problematiky zvířat, s odkazem na odbornou literaturu můžeme říci, že se identifikace zvířat v ČR vyskytuje pouze sporadicky a v případě nutnosti takového druhu identifikace je možné využít stejných metod jako v případě identifikace věcí a osob. [2]

## 1.2 Biometrie

Slovo biometrie vzniklo spojením dvou slov z řečtiny, konkrétně je to bio - živý, život a metron - měřit nebo měření a dnes je používáno především v souvislosti se systémy sloužícími pro zjištění totožnosti osob. Biometrie je tedy metoda založená na měření jedinečných vlastností živého organismu, které tak mohou sloužit k vzájemnému odlišení osob. Rozvoj biometrie a biometrických identifikačních systémů je velice úzce spjat s rozvojem výpočetních a informačních technologií. Je totiž zapotřebí v krátkém čase zpracovat velké množství dat a informací a bez automatizace těchto procesů je to dnes v podstatě nepředstavitelné. Jak se ale dozvíme v následující kapitole, biometrie v lidské společnosti zaujímá své místo déle, než by se na první pohled mohlo zdát. [7]

### 1.2.1 Historický pohled na biometrii

Mohlo by se zdát, že biometrická identifikace jako taková je doménou moderní technicky vyspělé společnosti. Je tomu ale naopak a lidé už se na základě odlišných fyziologických znaků identifikují a rozlišují odedávna. Samozřejmě se nedalo hovořit o přesných a sofistikovaných metodách, které známe dnes, ale jistou podobnost zde nalézt můžeme. Nejdříve probíhal popis osob podle viditelných znaků, jako jsou jizvy nebo mateřská znaménka, tvar obličeje, barva kůže, očí nebo vlasů. Později se přidaly metody založené na



měření různých částí lidského těla jako např. délka paže nebo rozpětí mezi palcem a ukazováčkem ruky. Tyto jednoduché metody byly používány už při stavbě pyramid v Egyptě, kdy se využívaly pro účely tehdejšího účetnictví. Stavby pyramid se kromě otroků účastnilo obrovské množství dělníků a těm bylo potřeba za jejich práci také zaplatit. Aby se předešlo neoprávněnému vyplácení peněz, byly mimo jiné sledovány právě tyto jedinečné a viditelné, dnes bychom použili pojem biometrické, údaje.

Další zmínky, tentokrát o papilárních liniích na prstech pocházejí např. z Ameriky, kde ve státě Indiana byly ve skále objeveny rytiny (petroglyfy) znázorňující ruku a papilární linie. Kromě Egypťanů a původních obyvatel Ameriky používaly otisky svých rukou a prstů také Asyřané, Řekové nebo Římané, kteří takto označovali svá umělecká nebo literární díla, aby předešli jejich falzifikaci. Obdobné praktiky jsou známé i ze staré Číny, Babylónu nebo Persie.

Později, asi v období mezi 14. až 18. stoletím byly popsány cestovatelem Joaoem de Barrosem techniky pocházející ze středověké Číny, které použil neznámý kupec k rozeznání vlastních dětí. Použil k tomu otisk dlaní a chodidel na papír pomocí inkoustu. Na evropském kontinentu, konkrétně v Itálii, byly popsány obrazce papilárních linií v roce 1686 profesorem Marcellem Malpighim, který se zabýval studiem anatomie.

V období 18. a 19. století už můžeme začít hovořit o seriózním vědeckém zkoumání. Lékař a přírodovědec českého původu Jan Evangelista Purkyně se začal kolem roku 1823 zabývat obrazci papilárních linií na konečcích prstů. Navrhl rozdělení vzorů do devíti kategorií, ale jeho zájem byl tehdy spíše přírodovědeckého charakteru. Mezi další významné osobnosti na poli daktyloskopického zkoumání bezesporu patří Edward Henry, William J. Herschei, Francis Galton nebo Henry Faulds. Biometrie v moderním pojetí je však spojována především se jménem Louis Alphonse Bertillon (24.4. 1853 – 13.2. 1914), který pracoval u pařížské policie v oddělení identifikace pachatelů a hledal způsob, jak identifikovat pachatele, kteří již byli dříve odsouzeni. Bertillon si uvědomil existenci tělesných znaků, které zůstávají neměnné, i když se osoba např. ostříhá nebo přibere na váze. Metoda, kterou pro tyto účely vytvořil, se oficiálně nazývá Systém antropometrické identifikace, ale známější je spíše jako bertillionáž, právě podle svého objevitele. Tato převratná metoda pracovala s popisem a měřením rozměrů lidského těla a hlavy ale později bylo prokázáno, že je možné nalézt minimálně dva jedince, jejichž změřením získáme totožné údaje a individuální ztotožnění tak není možné. Proto bertillionáž na konci 19. století nahradila identifikační metoda pracující s otisky prstů. [6]

### 1.2.2 Důležité pojmy v biometrii

V této kapitole budou čtenáři blíže osvětleny některé důležité pojmy týkající se biometrických identifikačních technologií.

#### Pozitivní a negativní identifikace

Biometrické technologie a jejich aplikace mohou sloužit k těmto rozdílným druhům identifikace. V případě, že hovoříme o pozitivní identifikaci, je naším cílem zabránit v neoprávněném užívání identity jednoho člověka někým jiným. Biometrická technologie využívaná pro pozitivní identifikaci srovnává dříve vytvořené šablony osob se šablonou vytvořenou při pokusu o identifikaci nebo verifikaci. V případě shodnosti těchto dvou šablon je osobě povolen vstup případně povolena jiná akce. Pokud se šablony neshodují, osoba samozřejmě toto povolení nedostane. Negativní identifikace si klade za cíl zabránit vícenásobnému přihlášení jedné osoby do systému pod cizí identitou. Osobě, která již bude do systému přihlášená, se při pokusu o opakované přihlášení pod jiným jménem sejme biometrický vzorek a v případě, že se bude shodovat s šablonou již uloženou v databázi, nebude této osobě povoleno přihlášení.

#### FAR a FRR

**FAR** - zkratka z anglického False Acceptance Rate označuje pravděpodobnost chybného přijetí neoprávněné osoby biometrickým identifikačním zařízením. Jedná se o velmi důležitý faktor, který je sledován u každé aplikace biometrické identifikace, protože každého, kdo se snaží ochránit své zájmy, samozřejmě zajímá, jestli je přes toto zabezpečení možné přejít. Pokud dojde k chybnému přijetí v komerčně-bezpečnostním sektoru, mohou vzniknout škody na majetku a zdraví, v případě chybné identifikace v policejně-soudním prostředí může být v krajním případě odsouzena nevinná osoba. [1]

Hodnotu FAR je možné vypočítat pomocí následujících rovnic:

$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IIA}} \quad (1)$$

$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IVA}} \quad (2)$$

Kde:

$N_{FA}$  – Number of False Acceptance – počet chybných přijetí

$N_{IIA}$  – Number of Impostor Identification Attempts – počet pokusů neoprávněných osob o identifikaci

$N_{IVA}$  – Number of Impostor Verification Attempts – počet pokusů neoprávněných osob o verifikaci

**FRR** – zkratka z anglického False Rejection Rate představuje pravděpodobnost chybného odmítnutí vstupu, přihlášení nebo jiné akce oprávněného uživatele. V policejně-soudním prostředí může mít v krajním případě chybné odmítnutí za následek útěk nebezpečného pachatele, v oblasti bezpečnostně-komerční není situace tolik vážná, může však dojít ke snížení důvěryhodnosti v instalovaný biometrický identifikační systém a také snížení uživatelské přívětivosti a komfortu užívání, protože bude nezbytné časté opakování procesu snímání biometrických charakteristik. [1]

FRR je možné vypočítat z následujících rovnic:

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EIA}} \quad (3)$$

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_{EVA}} \quad (4)$$

Kde:

$N_{FR}$  – Number of False Rejection – počet chybných odmítnutí

$N_{EIA}$  – Number of Enrolle Identification Attempts – počet pokusů oprávněných osob o identifikaci

$N_{EVA}$  – Number of Enrolle Verification Attempts počet pokusů oprávněných osob o verifikaci

Biometrické identifikační zařízení má vždy nastaven práh citlivosti anglicky treshold a rozhodnutí o oprávněnosti nebo naopak neoprávněnosti konkrétní osoby provádí podle úrovně shody, anglicky match score, která udává, jaká je shoda mezi šablonou uloženou v paměti a porovnávanou osobou. V praxi se setkáváme s problémem v určení prahu citlivosti tak, aby FAR, tedy chybné přijetí neoprávněné osoby, bylo co nejmenší a FRR, tedy chybné odmítnutí vstupu také co nejnižší. Čím vyšší je totiž práh citlivosti, tím méně je neoprávněných přístupů, ale také může stoupnout počet případů chybně odmítnutých, oprávněných uživatelů. Ve velmi důležitých objektech nebo objektech kritické infrastruktury se můžeme setkat s prahem citlivosti s hodnotou i 95%. Takto vysoká úroveň citlivosti zabrání neoprávněným vstupům ale může mít za následek právě zmiňovanou nutnost opakovaných snímání osob, které mají oprávnění k přístupu. Provozovatel biometrického identifikačního systému se tak ocitá v situaci, kdy se musí rozhodnout mezi bezpečností a komfortem užívání. Naštěstí však většina výrobců dodává společně se samotnou technologií také hodnoty FAR a FRR. Vždy musí být přihlédnuto k účelu aplikace a prioritám. Zařízení s hodnotami FRR a FAR rovnými nule prozatím neexistuje. [1]

### 1.3 Biometrická identifikace v kriminalistice

Dnes se v kriminalistické praxi stále častěji využívá pro identifikaci osob i biometrická identifikace, která je prováděna na základě biometrických charakteristik konkrétního člověka. Tyto charakteristiky jsou pro každou lidskou bytost jedinečné a unikátní a je tak možné na jejich základě určit totožnost dané osoby. Aby bylo možné identifikovat konkrétního člověka na základě biometrických informací, musí existovat předpoklad, že je každý člověk jedinečný a unikátní a že jeho individuální vlastnosti jsou alespoň relativně stálé v určitém časovém rozmezí. Vlastnosti osoby také musejí být měřitelné a umožňovat jejich technické zpracování a následné srovnání a vyhodnocení. [2]

Biometrická identifikace je tedy založena na možnosti měření vlastností živého organismu, nejčastěji tedy člověka a na základě tohoto měření určit jeho individuální totožnost. Existuje hned několik prokazatelně měřitelných lidských vlastností, které jsou tak jak je uvedeno výše, považovány za relativně stálé v čase a dostatečně jedinečné, tedy vhodné pro tento druh identifikace. Některé z nich jsou již s úspěchem velmi často a s velmi dobrými výsledky uplatňovány v policejně-soudní praxi, sem patří především stopy DNA, daktyloskopické otisky prstů ale také zkoumání písma nebo podpisu. Jiné jsou používány spíše pro získání přístupu konkrétní osoby k informacím nebo do chráněného objektu. Zde se jedná nejčastěji o identifikaci tváře, oční sítnice nebo duhovky. Jiné svým charakterem

spadají zatím spíše do oblasti výzkumu. V odborné literatuře je uvedeno rozdělení biometrické identifikace člověka podle dvou základních přístupů a zkoumaných charakteristik. [1] Dělení je na:

- anatomicko fyziologické biometrické charakteristiky
- behaviorální biometrické charakteristiky

Než budou blíže specifikovány jednotlivé skupiny identifikačních metod, považují za vhodné zmínit další související pojem, který s problematikou biometrické identifikace v praktickém využití souvisí a to pojem verifikace. Když hovoříme o procesu označovaném jako verifikace, vycházíme z předpokladu, že osoba, která má být identifikována už svoji totožnost sdělila a úkolem některého zmiňovaného biometrického identifikačního systému nebo metody je tuto identitu pouze potvrdit nebo vyvrátit. Sdělení identifikačních údajů může probíhat různými způsoby např. přiložením některého druhu identifikačních karet nebo čipů ke čtečce, zadáním identifikačního čísla jako je PIN, případně i osobním sdělením potřebných údajů obsluze identifikačního zařízení, která na jejich základě vybere záznam o této osobě, který bude porovnán se záznamem nově pořízených biometrických charakteristik. Vlastní průběh procesu verifikace je pak takový, že biometrické snímací zařízení sejme vzorek některé biometrické charakteristiky a poté je tento záznam porovnán se vzorky, které jsou buď přímo součástí paměti vlastního snímacího zařízení, případně jsou uloženy na externím serveru. Základním předpokladem pro identifikaci na rozdíl od verifikace je pro biometrický systém fakt, že identita jedince ještě není známa a je tedy nutné ji nejprve zjistit. Biometrické údaje jsou zaznamenány stejným způsobem jako u verifikačního procesu ale chybí zde předchozí určení individuální identity. Proto je nutné prohledat celou databázi se záznamy a postupně je porovnávat s nově pořízeným záznamem. Je tedy jasné, že proces identifikace klade mnohonásobně větší nároky na výpočetní výkon zařízení, které má tento úkol na starosti.

[1]

Dalším druhem dělení identifikace podle biometrických dat je kromě anatomicko fyziologické a behaviorální také dělení na policejně-soudní, někdy označovaná jako kriminalistická, bezpečnostně komerční a ezoterická identifikaci.

### **Exoterická identifikace**

Identifikace kriminalistická a bezpečnostně komerční může být označena jako exoterická, což znamená, že je určena širšímu okruhu osob, případně veřejnosti. [3]

### **Esoterická identifikace**

Esoterická je naproti tomu považována za určenou pouze malému souboru osob a specialistů, někdy i ve významu tajná, skrytá nebo určená pouze zasvěceným osobám. Mezi tyto ezoterické identifikační metody patří sledování projevů lidské chůze, tvar vnějšího ucha, otisky rtů a pórů, topografie žil, pach lidského těla, obsah solí v těle nebo podélného rýhování nehtů, snímaného podobně jako čárové kódy. [3]

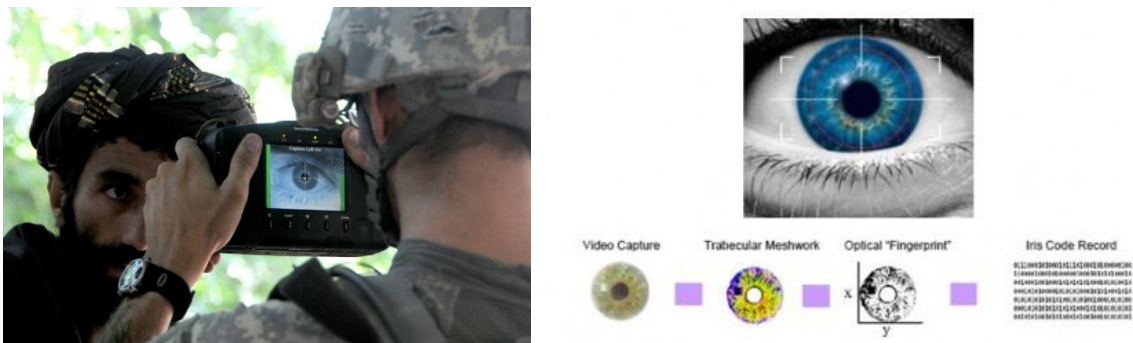
V některých případech je identifikační metodu možné zařadit jak do skupiny policejně-soudní tak do bezpečnostně komerční. Jedná se zejména o otisky prstů, dalším by mohl být podpis. Dále budou podrobněji popsány biometrické identifikační metody rozdělené na anatomicko-fyziologické a behaviorální.

#### **1.3.1 Anatomicko fyziologické charakteristiky**

K měření charakteristik spadajících do této kategorie se využívá celá řada metod, které mohou posloužit k získání identifikačních údajů. Nejznámější jsou metody pro zkoumání otisků prstů případně i celých dlaní nebo chodidel a také analýza DNA. Jsou zkoumány charakteristiky oka, konkrétně oční duhovky nebo sítnice, tváře, tvaru ucha, geometrie prstů a ruky, topografie žil zápěstí, rozměry a váhy lidského těla případně i pach nebo obsah solí v lidském těle. [1]

### 1.3.1.1 Oční duhovka

Oční duhovka obsahuje mnoho individuálních znaků, které mohou být v procesu identifikace použity. Jsou známy charakteristické obrazce označované jako rýhy, klenuté vazy, hřebeny, prstence, pihy nebo koróny, které se podobně jako u otisků prstů objevují u všech lidí avšak ne ve stejném vzájemném postavení s jinými takto charakteristickými útvary. Rozdíly jsou už na první pohled i bez použití jakékoliv techniky viditelné v barvě oční duhovky. Barva způsobená usazováním pigmentu se může měnit ještě během prvních let života, vzor duhovky je téměř kompletně vytvořen asi v osmém měsíci těhotenství. Snímání oční duhovky je v ideálním případě možné až do vzdálenosti jednoho metru a díky těmto vlastnostem je považováno za jeden z nejspolehlivějších způsobů identifikace. Provádí se pomocí monochromatické CCD kamery s využitím světelného záření v rozsahu 700-900 nm. Toto záření je označováno jako blízké infračervené záření nebo také zkratkou NIR z anglického Near Infra Red. Tento druh snímání je neinvazivní což znamená, že snímané osobě nezpůsobuje bolest nebo jiné nepříjemné pocity a díky NIR záření jsou lépe viditelné i charakteristické znaky v tmavě zbarvené duhovce, které jsou ve viditelném světle pouze velmi obtížně identifikovatelné. [1] Použití převážně bezpečnostně-komerční.



Obr. 1 Snímání sítnice a algoritmus zpracování snímku [12][13]

### 1.3.1.2 Oční sítnice

Identifikace osoby podle oční sítnice je založena na zkoumání tvaru vnitřní části oka kolem tzv. slepé skvrny. Tato slepá skvrna je část, kde oční nerv vystupuje ze samotného oka a nejsou zde přítomny žádné tyčinky ani čípky, které jsou jinak umístěny na celé zadní straně oka a poskytují nám černobílé a barevné vidění. Samotný proces snímání se provádí infračerveným paprskem s nízkou intenzitou, který je zaměřen právě na zmiňovanou oblast kolem cév tvořících slepou skvrnu. Obdobně jako u oční duhovky se jedná o velmi spolehlivou metodu identifikace, protože díky umístění sítnice vevnitř oka je změna uspořádání a tvaru téměř nemožná [1] Použití v bezpečnostně-komerčním prostředí.



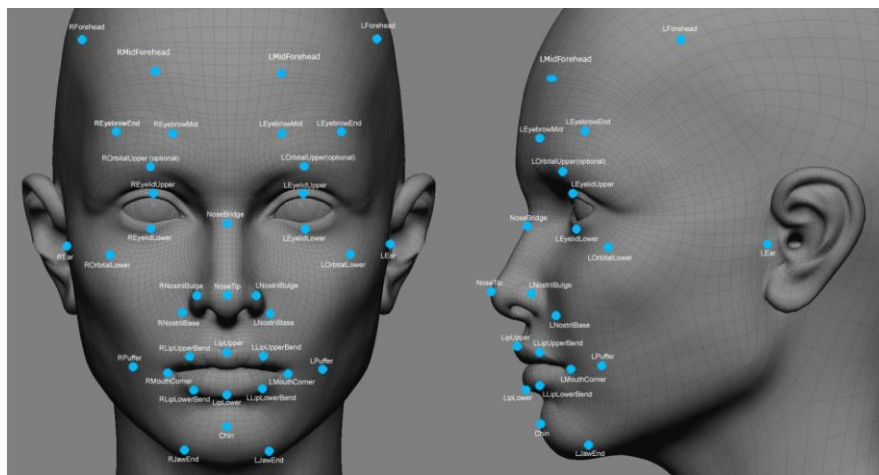
Obr. 2 Cévy oční sítnice [14]

### 1.3.1.3 Tvář

Identifikace osoby podle tváře je naprosto přirozená metoda identifikace, protože ji využíváme v podstatě každý den i bez využití technických prostředků a zařízení. Náš mozek je schopný snadno porovnat člověka kterého vidíme před sebou s obrazem uloženým v paměti a pokud se jedná o osobu, kterou známe velmi dobře, je toho schopen i za velmi špatných světelných podmínek. V odborné literatuře se uvádí, že tento proces trvá mozku maximálně 15-20 milisekund. Dnes již existuje několik metod pro identifikaci osoby na základě charakteristických rysů tváře, využívají se různá hlediska pro jejich rozdělení a jsou závislé např. na použitém barevném spektru, formě zpracování výsledného obrazu nebo úhlu, ze kterého je snímání obličeje prováděno. Také je nutno brát v potaz jestli je identifikace prováděna ze statického nebo dynamického záznamu. Podle spektra rozlišujeme systémy, které pracují v černobílém nebo barevném režimu, případně i v infračervené oblasti nebo s kombinací všech zmíněných. Forma zpracování je buď dvourozměrná 2D nebo trojrozměrná, tedy tzv. 3D. Využívá se přímého čelního pohledu



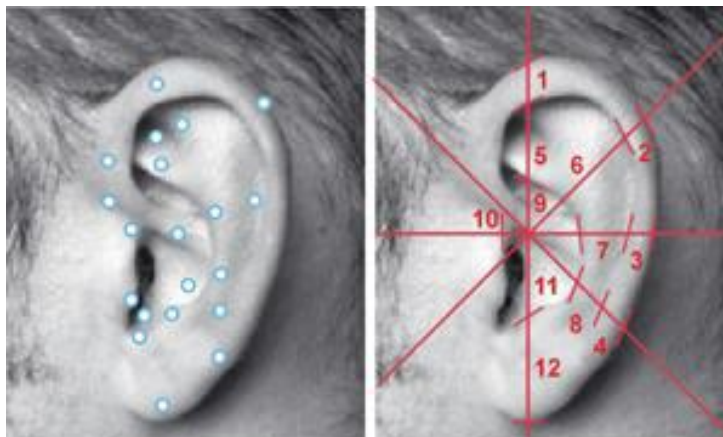
tzv. enface, pohledu ze strany, kdy se porovnává profil tváře nebo i obecné pohledy z jiných než těchto dvou zmiňovaných úhlů pohledu, případně jejich vzájemné kombinace. Zatím co lidský mozek je schopen rozpoznat obličej z různého úhlu pohledu i s různým výrazem takřka okamžitě, počítačová identifikace probíhá ve čtyřech na sebe navazujících krocích. V první řadě je nutné, aby systém obličej detekoval, tedy určil část snímané scény, ve které se nachází hlava. Tento proces může být problematický v případě, kdy je přítomno nevhodné pozadí. Druhým krokem je upravení pořízeného obrazu obličeje do podoby, ve které může být dále zpracován. Jedná se např. o zvětšení či zmenšení obrazu do použitelných rozměrů nebo jeho dodatečné natočení. Předposledním krokem je vytvoření šablony z pořízeného obrazu tváře, který zajistí použitý algoritmus. Jsou vybrány určité části tváře a určeny jejich vzájemné prostorové vztahy, které jsou jedinečné každému člověku. Posledním krokem je pak porovnání těchto šablon tváře s celou databází záznamů pokud se jedná o identifikaci, případně určit míru shody se záznamem osoby, která má být verifikována. [1] Použití nachází spíše v bezpečnostně komerčním prostředí.



Obr. 3 Sledované body na obličeji [15]

#### 1.3.1.4 Tvar vnějšího ucha

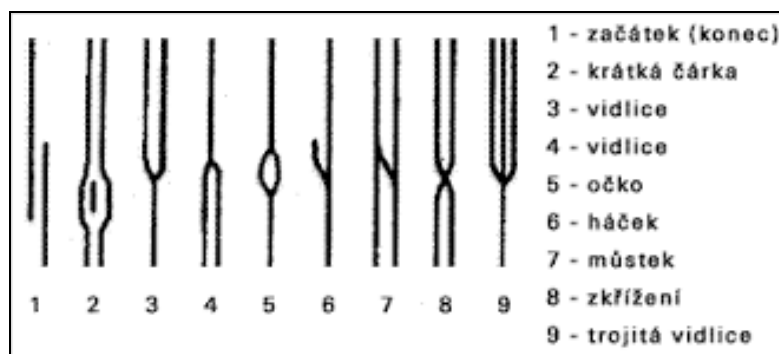
Vnější část ucha, někdy také označovaná jako ušní boltec, je vlastně chrupavka pokrytá kůží, která je svým tvarem a specifickými rozměry vhodná pro určení individuální totožnosti člověka. Tvar ucha se vyvíjí už v době vývoje lidského plodu a jeho výsledná podoba se poté od porodu až do smrti člověka v podstatě nemění. Identifikace je založena na označení konkrétních specifických anatomických rysů, určení jejich vzájemné polohy a délkových rozměrů mezi nimi. [1] Řadí se mezi ezoterickou metodu identifikace.



Obr. 4 Základní markanty ucha a udávané geometrické charakteristiky (měří se délky úseček) [16]

### 1.3.1.5 Otisky prstů, dlaní a chodidel

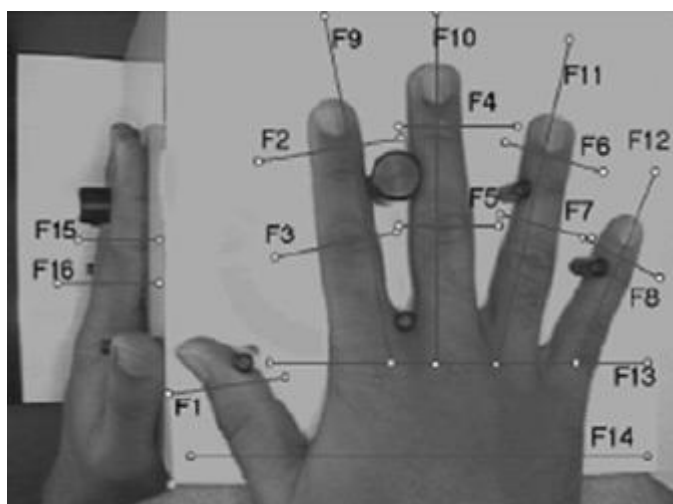
Jedinečné obrazce vyskytující se na konečcích prstů slouží k identifikaci člověka už velmi dlouho. Individuální znaky však můžeme kromě konečků prstů nalézt také na dlaních a chodidlech. Obrazce na dlaních a chodidle se však v běžné praxi moc často nevyskytují a dále se proto budu věnovat především otiskům prstů. Je však dobré se o možnostech individuální identifikace pomocí těchto částí lidského těla alespoň zmínit. Otisky prstů jsou považovány za symbol biometrické identifikace a jsou všeobecně přijímány již od svého objevu. Jsou uznávány jako standard jak v bezpečnostně-komerční tak kriminalistické praxi a kromě daktyloskopického snímání pomocí inkoustu již existují speciální metody pro tzv. live scanning neboli přímé snímání pomocí optoelektronických zařízení a snímačů. [1] Otisky prstů tedy patří jak do policejně-soudní, tak do bezpečnostně komerční sféry, otisky dlaní a chodidel jsou však využívány pouze pro policejně soudní potřeby.



Obr. 5 Některé sledované markanty papilárních linií [17]

### 1.3.1.6 Geometrie prstů a ruky

Metoda založená na zkoumání rozměrů ruky byla jednou z prvních aplikací biometrie v identifikačních systémech používaných v komerčním prostředí. I přes fakt, že přesnost této metody není závratně vysoká a používá se pouze pro verifikaci osob má i své nesporné výhody. Jednou z nich je skutečnost, že skenery rukou pracují se záznamem, jehož výsledná velikost je pouze několik málo bitů. Díky této malé velikosti je možné do samotného skenovacího zařízení uložit rozsáhlou databázi osob a toto zařízení může s úspěchem pracovat v autonomním režimu, tedy bez jakéhokoliv připojení k dalším zařízením, ve kterých jsou u jiných biometrických systémů uchovávány záznamy o skenovaných osobách. Jejich vzájemné případně centralizované propojení je však samozřejmě možné. Další zmiňovanou výhodou tohoto způsobu verifikace je i méně nepříjemný způsob provádění samotného skenování než je tomu např. u skenerů oční sítnice nebo duhovky. I s touto metou však mohou mít někteří lidé určité problémy a pociťují značné nepohodlí. Jde zde o to, že nemohou překonat odpor k objektům, kterých se velmi pravděpodobně dotklo mnoho jiných osob před nimi. [1] Tato metoda patří mezi bezpečnostně-komerční.

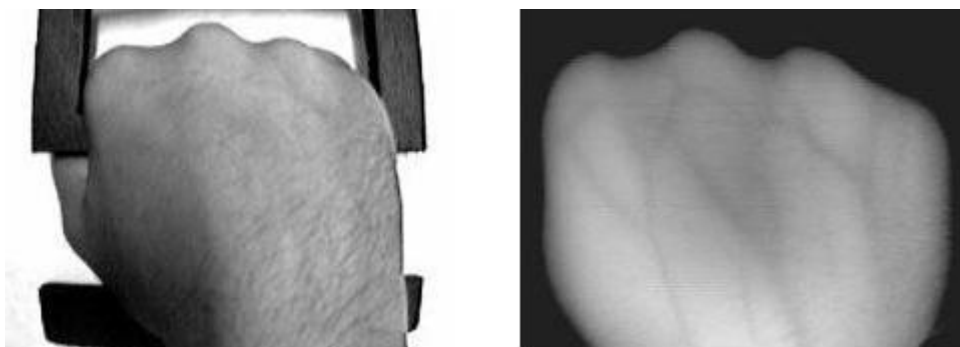


Obr. 6 Rozložení prstů ruky při snímání [18]

### 1.3.1.7 Topografie žil

Tato metoda identifikace je založena na individuálnosti tvaru krevního řečiště ruky. Konkrétně rozmístění tepen a žil ve hřbetu ruky. Bylo prokázáno, že toto geometrické rozložení je z hlediska požadavků pro biometrickou identifikaci vhodné, tedy opět je dostatečně časově stálé a unikátní. Rozložení vykazuje rozdíly nejen mezi každým člověkem ale i každá ruka jednoho člověka je jiná. Metoda je neinvazivní a nese obdobný

soubor výhod jako v předchozí kapitole zmiňovaná metoda identifikace na bázi vnější geometrie ruky, navíc ještě není nutné skenovanou ruku fixovat stále ve stejné pozici stabilizačními kolíky a má lepší předpoklady pro použití např. v bankomatech nebo zámčích automobilů a domů, díky možnosti zmenšení skenovacích zařízení. Proces získání obrazu krevního řečiště probíhá podobně jako klasické fotografické snímání, pouze se zde využívá infračervené (Infra Red - IR) světlo. Je také možné skenovat místo hřbetu ruky dlaň. Technicky skenování probíhá nasvícením ruky IR světlem pomocí LED diod a zachycení obrazu černobílou kamerou s technologií CCD. Snímek je pořízen v šestnácti stupních šedé barvy a poté porovnáván se záznamy dříve pořízených šablon. Pro pořízení snímku je nezbytné, aby osoba byla naživu, což je považováno za vlastnost, která této metodě propůjčuje vyšší úroveň bezpečnosti než jiným metodám verifikace. [1] Jedná se spíše o ezoterickou metodu identifikace, i když její rozšíření je v budoucnu poměrně snadno představitelné.



Obr. 7 Hřbet ruky ve viditelném a infračerveném světle [19]

#### **1.3.1.8 Pach lidského těla**

Jedinečnost lidského pachu je opět neoddiskutovatelná a vědci a odborníci si jsou této skutečnosti samozřejmě velmi dobře vědomi. Lidský čich je stejně jako další smysly poměrně nedokonalý a i přes to jsou známy případy, kdy byli rodinní příslušníci nebo životní partneři identifikováni svými známými pouze přičichnutím. Toto je však v praxi téměř nevyužitelná metoda a tak existují snahy o vytvoření technických prostředků, které budou schopny osoby na základě jejich pachu identifikovat. Tyto prostředky budou aktivně nasávat vzduch z okolí osoby a následně provádět chemickou analýzu vzorku. Přístroje si musí poradit i s různými druhy nadbytečných a tím i rušivých pachů pocházejících z parfémů nebo chemických přípravků sloužících např. k čištění apod. Tyto pachy musí být schopno zařízení účinně odfiltrovat a porovnávat tak opravdu pouze pach lidského těla. Analýza vzduchu se dnes uplatňuje běžně u nasávacích systémů pro detekci požáru nebo

přístrojů pro odhalování výbušnin na letištích. Identifikačních metod samozřejmě není nikdy dost a tak jsou snahy o vytvoření takového zařízení naprosto logické. Prozatím je však automatická technicky zajištěná identifikace osob podle pachu pouze na úrovni výzkumu a testování. V souvislosti s problematikou pachu lidí samozřejmě nemůžeme nezmínit využití speciálně vycvičených psů. Ti mají několikanásobně citlivější čich než člověk a je možné je vycvičit tak, aby hledali nejen lidi ale samozřejmě i chemické látky pro výrobu výbušnin nebo drogy. Běžně tyto speciálně vycvičení psi pomáhají nejen policii a jiným bezpečnostním složkám ale také horské službě nebo jiným záchranářským jednotkám při zemětřeseních nebo jiných přírodních katastrofách. Opět se jedná spíše o ezoterickou metodu.

#### ***1.3.1.9 Obsah solí v lidském těle***

Chemickou analýzou je možné zjistit vnitřní poměry látek v těle člověka, především je pak sledován obsah solí, na základě kterého je možné rozhodnout, zda odebrané nebo jinak získané vzorky tkáně pocházejí od stejného člověka. Opět zde platí předpoklad o jedinečnosti a časové stálosti, tak jako u jiných biometrických údajů. Také tato identifikační metoda patří mezi ezoterické.

#### ***1.3.1.10 DNA***

DNA je zkratkou z anglického Deoxyribonucleid Acid. Jedná se o nukleovou kyselinu, která přenáší informace o buněčném organismu, tedy i člověku, a předurčuje jeho vlastnosti. Zkoumáním této kyseliny se zabývá mnoho vědeckých pracovníků z různých oborů jako lékařství, biologie ale také kriminalistika. DNA je zdrojem cenných informací v kriminalistice a forezních disciplínách. První využití v kriminalistice je uváděno v roce 1986 v Anglii. Kyselina DNA má předpoklad nejpřesnějšího identifikačního znaku člověka a pro spolehlivou identifikaci jí stačí již velmi malé množství. Do budoucna je jí předpovídána odpovídající důležitost, jaká je dnes přisuzována daktyloskopickému zkoumání otisků prstů. Vzorky DNA by pak byly označovány jako genetický otisk, právě podle zmiňovaných otisků prstů. [1] Jde o policejní-soudní identifikační metodu.

### 1.3.2 Behaviorální charakteristiky

Tyto charakteristiky týkající se projevu lidského chování jsou využívány k identifikaci méně často než metody spadající do první kategorie. V praxi se jedná zejména o zkoumání písma nebo podpisu a také hlasu. Dále jsou zde zařazeny metody identifikace na základě dynamiky psaní na klávesnici nebo tzv. lokomoce, tedy charakteristických projevů lidského pohybu. [1]

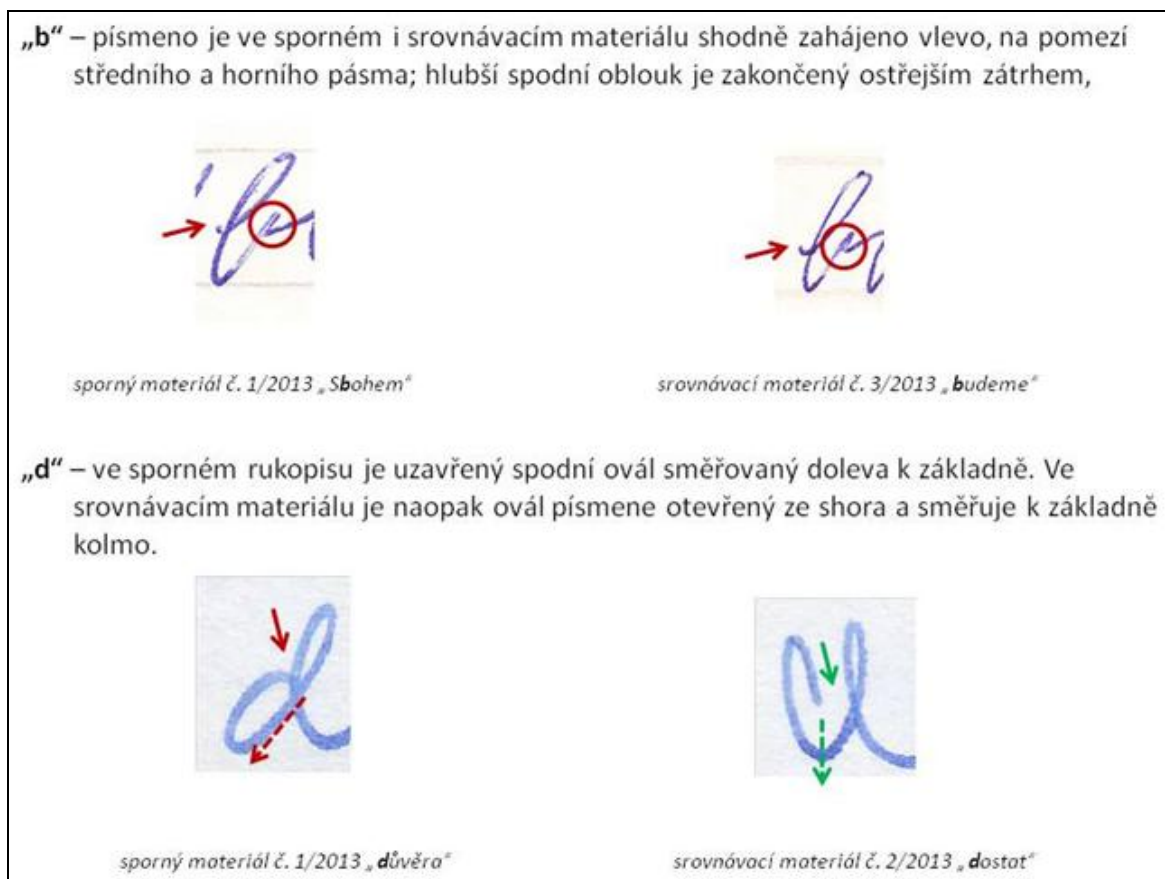
#### 1.3.2.1 Hlas

Hlas každého člověka obsahuje měřitelné charakteristiky, které jsou také považovány za individuální a není možné je jednoduchým způsobem změnit. Může tak posloužit jako identifikační charakteristika. Hlas obsahuje jak behaviorální tak také fyziologické charakteristiky. Hlas, jako původně akustický signál, je převeden do digitálního kódu a následně porovnáván s jinými vzorky. [3]

Identifikace osob podle hlasu je zařazena jak do policejně soudních tak i bezpečnostně-komerčních metod identifikace.

#### 1.3.2.2 Písmo a podpis

Biometrie písma a podpisu je dalším způsobem identifikace osob. Zkoumány jsou jak statické vlastnosti písma a podpisu, tak také dynamika psaní. Při statické analýze jsou sledovány vlastnosti, jako je sklon, velikost nebo estetičnost písma a jeho charakteristické tvary. V případě dynamické analýzy jsou sledována např. rychlost jakou se pohybuje hrot pera, tlaková síla, směr a jiné relační charakteristiky. [3]



Obr. 8 Ukázka analýzy rukopisu [20]

### 1.3.2.3 Dynamika psaní na klávesnici

Identifikace osob podle dynamiky psaní na klávesnici je jednou z intenzivně zkoumaných metod identifikace nebo verifikace. Vyžaduje instalaci speciálního softwarového programu na počítači, který je k tomuto účelu určen. Jsou zde porovnávány charakteristiky spojené s celkovou rychlostí psaní slov, četnost chyb nebo styl, jakým kontrolovaná osoba píše velká písmena. Zjišťována může být ale také síla, s jakou jsou jednotlivé úhozy prováděny. [1] Tento druh identifikace se řadí mezi bezpečnostně-komerční aplikace.

### 1.3.2.4 Lokomoce

Nejprve uveďme definici tohoto pojmu, který není až tak běžně používán a znám. Lokomoce je pohyb člověka ve smyslu jeho přesunu z jednoho místa na místo jiné v prostoru. [27]

Bylo prokázáno laboratorními zkouškami, které probíhaly v zahraničí ale i v ČR, že díky analýze chůze je za splnění jistých podmínek o kterých bude pojednáno v následujících kapitolách možné člověka identifikovat.

Identifikace osob podle chůze se řadí mezi ezoterické biometrické identifikační metody a např. v roce 2008 byla na webových stránkách ministerstva vnitra zveřejněna statistika sta případů, které posuzoval pro potřeby soudu znalec z oboru forenzní biomechaniky. Z těchto sta případů, byla ve čtyřech z nich prokazována totožnost pachatele ze záznamu jeho chůze. [26]

Biomechanický obsah stopy, v tomto případě kamerový záznam pohybu člověka, tedy může sloužit jako zásadní faktor identifikace pachatele a nejedná se tedy pouze o výmysl scénáristů vědecko-fantastických filmů. Zastoupení pouze ve čtyřech případech není nikterak ohromující, ale je nepopíratelným důkazem o funkčnosti této metody identifikace.

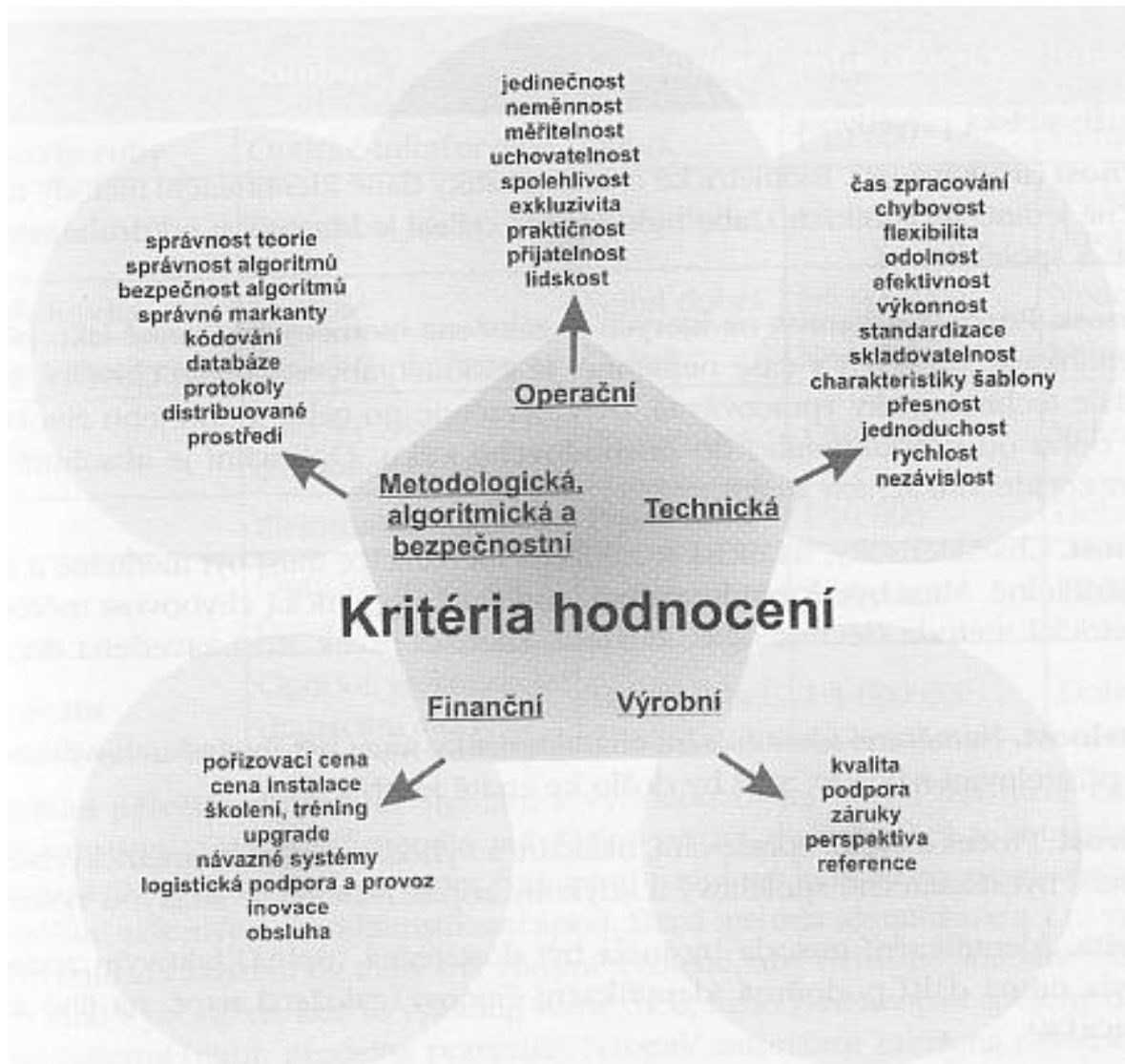
Tab. 1 Biometrické metody a extrahované markanty [3]

Biometrická metoda	Extrakce charakteristických markantů
Otisky prstů	Umístění a směr charakteristických bodů otisku (rozvojení papilárních linií, jejich tvar apod.)
Hlas	Frekvence, intonace, trvání jednotlivých hlasových charakteristik.
Tvář	Relativní pozice a tvar nosu, očí, lícních kostí.
Ucho	Velikost, tvar ucha, vzdálenost anatomických bodů vnějšího boltce.
Oční duhovka (iris)	Rýhování a proužkování duhovky, geometrické obrazce.
Oční sítnice (retina)	Tvar markantů krevního řečiště v sítnici.
Geometrie dlaně a prstů	Délka a šířka kostí a kloubů dlaně a prstů.
Podpis	Rychlost, směr jednotlivých tahů, dynamika, vzhled podpisu.
Dynamika psaní na klávesnici	Pořadí kláves, časové intervaly mezi jednotlivými úhozy.
Chůze	Pohyb těžiště, signifikantních bodů, extrakce siluety apod.



## 1.4 Hodnocení biometrických technologií

Tak jako všechny technologie i technologie biometrické je možné hodnotit z různých hledisek a podle rozličného druhu kritérií. Přehled těchto kritérií tak jak jej lze nalézt v odborné literatuře, je uveden na následujícím obrázku, (Obr. 9).



Obr. 9 Kritéria hodnocení biometrických technologií [1]

Kritéria pro hodnocení biometrických technologií uvedená na (Obr. 9) představují soubor těch nejběžněji sledovaných charakteristik a jejich výčet nemusí být úplný. Vždy je možné nalézt specifické vlastnosti a na jejich základě provádět vzájemné srovnávání.

Jak je uvedeno v kapitole 1.3, dělení biometrických identifikačních metod může být na takové, které sledují anatomicko-fyziologické vlastnosti člověka nebo vlastnosti behaviorální. Dalším způsobem, jakým je možné biometrické identifikační metody dělit je

podle prostředí, ve kterém nacházejí nejčastěji své uplatnění a v tomto případě se jedná o policejně-soudní (forenzní) a bezpečnostně-komerční prostředí. Speciální skupinou jsou pak ještě tzv. esoterické metody, které jsou známy pouze specialistům na danou problematiku. V případě zájmu je v příloze P1 této diplomové práce uvedena tabulka, ve které jsou srovnávány další charakteristiky biometrických identifikačních a verifikačních metod, právě z pohledu forenzního a komerčně bezpečnostního. Tato srovnávací tabulka je poměrně obsáhlá, a proto byla umístěna do příloh. Své místo by však jistě našla právě v této kapitole, kde však budou pro zachování lepší přehlednosti uvedeny pouze kritéria uvedená na (Obr. 9).

#### 1.4.1 Kritéria operační

Do této skupiny patří celkem devět vlastností, které jsou u biometrických identifikačních technologií sledovány a na jejichž základě je možné provést jejich hodnocení. Dále bude přiblíženo sedm vlastností, které pokládám za nejdůležitější.

Jedná se o tyto vlastnosti:

- jedinečnost
- neměnnost
- měřitelnost
- uchovatelnost
- spolehlivost
- exkluzivita
- praktičnost

**Jedinečnost** biometrických charakteristik u jednotlivých metod identifikace je zásadní podmínkou, které je využito pro jednoznačnou identifikaci člověka. Pokud by měřená vlastnost nebyla jedinečná, znamenalo by to, že více osob může být označeno za totožné.

**Neměnnost** v čase je také důležitý předpoklad pro použití biometrické metody identifikace. Aby mohla být metoda použita v praxi, musí být vždy prokázána alespoň relativní časová stálost sledované biometrické veličiny.

**Měřitelnost** biometrické charakteristiky je zásadní faktor a musí být v každém případě možné tuto sledovanou charakteristiku nějakým způsobem symbolicky vyjádřit.

**Uchovatelnost** v praxi znamená, že je možné naměřené biometrické hodnoty uložit takovým způsobem, že nedojde ke ztrátě jejich kvality a vypovídací hodnoty.

**Spolehlivost** identifikace musí být prokazatelná i při opakovaných měřeních.

**Exkluzivita** metody spočívá v tom, že je dostačující k provedení identifikace sama o sobě a není nutné ji doplňovat jinou metodou.

**Praktičnost** metody je bezesporu její velkou výhodou a jde především o jednoduchost použití, případně rychlost vyhodnocení.

**Přijatelnost** identifikační metody spočívá v tom, že neporušuje např. osobní, společenské, náboženské, politické, sociální nebo etické normy a požadavky.

**Uživatelská přívětivost** identifikačního procesu je také důležitým kritériem hodnocení a všeobecně lze říci, že metoda nesmí působit rušivě či nepříjemně a měla by být tedy co možná nejpohodlnější.

V tabulce (Tab. 2) jsou uvedeny základní biometrické identifikační metody a jejich charakteristiky. Co se přijatelnosti metody týče, při bližším zkoumání můžeme zjistit, že např. ověření identity pomocí otisku prstu při přístupu k počítači je vnímáno jako mnohem méně invazivní, než by tomu bylo v případě stejného snímání, prováděného celní kontrolou na letišti. [3]

Tab. 2 Základní biometrické metody a jejich charakteristiky. [3]

Biometrická metoda	Snímání	Neměnnost	Jednoznačnost	Přijatelnost
Geometrie ruky	Optické- infračervené	Dobrá	1:10 000	Velmi dobrá
Oční sítnice	Optické - laser	Velmi dobrá	1:1 000 000	Nedobrá (invazivní)
Oční duhovka	Optické	Velmi dobrá	1:6 000 000	Nedobrá
Žíly na hřbetě ruky	Optické - infračervené	Dobrá	Neznámá	Velmi dobrá
Podpis	Statický obraz nebo dynamické (tlak)	Proměnlivá	1:10 000	Velmi dobrá
Hlas	Elektroakustické	Proměnlivá	1:10 000	Dobrá
Tvář	Optické nebo infračervené	Dobrá	Neznámá	Dobrá
Otisk prstu	Optické, elektronické (kapacitní atd.)	Velmi dobrá	1:1 000 000	Dobrá
Chůze	Optické	Velmi dobrá	Neznámá	Velmi dobrá

### 1.4.2 Kritéria technická

Tak jako každé technické zařízení, musí i zařízení sloužící k biometrické identifikaci splňovat jistá technická kritéria. V tomto případě je pozornost věnována především rychlosti a spolehlivosti při procesu identifikace. Dalším důležitým aspektem je odolnost zařízení proti rušivým vlivům okolního prostředí, jako je prach, vlhkost, mráz nebo naopak vysoká teplota, ale také odolnost proti elektromagnetickému vyzařování okolních zařízení apod. Důraz je kladen také na standardizaci, výkonnost, případně flexibilitu.

### 1.4.3 Kritéria výrobní

Jak vyplývá z (Obr. 9), výrobní kritéria pro hodnocení biometrických identifikačních zařízení jsou kvalita, podpora, záruky, perspektiva nebo reference. Kromě těchto zmíněných je vhodné sledovat i jiné informace např. o dodavatelské firmě, která bude zařízení instalovat.

### 1.4.4 Kritéria finanční

Toto kritérium se dnes jeví ve všech sférách jako jedno z nejdůležitějších, výjimkou tedy nejsou ani biometrické identifikační technologie. Zákazník vždy požaduje co nejlepší výrobek nebo službu, ale zaplatit by chtěl co možná nejméně. Konkrétní sledované veličiny z hlediska finanční náročnosti jsou uvedeny na (Obr. 9). Do skupiny finančních kritérií je kromě investic do instalovaného zařízení a jeho provozu důležité zohlednit i hodnoty, které touto technologií chceme chránit.

### 1.4.5 Kritéria metodologická, algoritmická a bezpečnostní

Biometrická identifikace jako taková, je vždy založena na matematických teoriích a výpočtech, ze kterých je následně vytvořen vhodný algoritmus. Pokud je již prvotní teoretický předpoklad chybný, musí být zákonitě chybný i výsledný algoritmus dané metody. Algoritmus každé metody má určitý stupeň zabezpečení a obecně je možné říci, že pokud je cena překonání bezpečnostního opatření vyšší než cena informací, které chrání, můžeme tuto technologii považovat za bezpečnou. Kódující algoritmy mohou být z pohledu bezpečnosti a spolehlivosti buď absolutně bezpečné, nebo bezpečné pouze s vypočtenou mírou rizika. Absolutně bezpečný algoritmus je však v praxi nereálný, takže se vždy musí počítat s jistou mírou rizika. Z pohledu matematického je možné rozčlenit biometrické algoritmy na statické metody modelování, dynamické programování a neuronové sítě. Přehled kritérií z této skupiny je opět uveden na (Obr. 9).

## 2 DYNAMICKÝ STEREOTYP LOKOMOCE ČLOVĚKA

V této kapitole budou osvětleny jednotlivé odborné pojmy související s řešenou problematikou. Nejprve bude pozornost věnována pojmu dynamický stereotyp člověka a následně pojmu lokomoce. Po prostudování této kapitoly by měl čtenář získat ucelený soubor informací, potřebný pro pochopení dalších částí práce.

### 2.1 Dynamický stereotyp

Všechny činnosti člověka spojené s pohybem řídí velice složitý nervový regulační systém. Každý pohyb, tedy i lokomoční, má nejprve reflexní povahu a až jejich opakováním vzniknou určitá nervová spojení, která poté umožní tyto nejprve reflexní pohyby provádět cíleně, velmi přesně, rychle a hlavně s vynaložením menšího množství energie, tedy ekonomičtěji. Jakmile vzniknou tato nervová spojení, můžeme hovořit o vytvoření dynamického stereotypu neboli pohybové fixaci. Takovéto stereotypy jsou vlastní každému člověku, jejich vytváření je však vždy individuální. Stereotyp není ve své podstatě trvalý, a pokud není posilován a obnovován slábne a může i zaniknout. Jako příklad vypracovaného dynamického stereotypu můžeme uvést např. sled pracovních pohybů, řeč nebo chůzi, dále také sportovní činnost, psaní na klávesnici nebo hru na hudební nástroj. Za každým stereotypním pohybovým úkonem musíme vidět složitou interakci četných svalových skupin a reflexních mechanismů. Proto také ani stejný druh pohybu není prováděn totožným způsobem levou a pravou polovinou těla téhož člověka. Nikdo totiž není absolutně symetrický a nejzřetelněji se tato asymetrie projevuje u malých dětí. Aby byly vytvořené pohybové návyky trvale fixovány, musí být pravidelně prováděny a posilovány, jinak může dojít k jejich postupnému vymizení. [9]

Dokonale fixovaný dynamický stereotyp charakterizuje podle odborné literatury těchto pět vlastností:

- maximální efektivnost prováděného pohybu
- dokonalé zvládnutí pohybu
- stabilita při provádění pohybu
- sladění pohybu s činností ostatních systémů
- energetická ekonomičnost pohybu

## 2.2 Lokomoce

Jak již bylo dříve zmíněno, lokomoce je pohyb člověka ve smyslu jeho přesunu z jednoho místa na místo jiné v prostoru. Lokomoci je možné rozdělit na dvě podskupiny a toto dělení je pak následující:

- přirozená lokomoce
- umělé lokomoce

### Umělé lokomoce

Jako umělé lokomoce je označován pohyb zprostředkovaný jinak než vlastními silami. Jedná se tedy o pohyb zajištěný prostřednictvím zvířat (jízda na koni), mobilních zařízení a pomůcek (brusle, lyže) nebo strojů (kolo, automobil) a v předkládané diplomové práci se jí nebudeme dále zabývat. [10]

### Přirozená lokomoce

Podskupina přirozené lokomoce se dále dělí na bipedální a quadrupedální lokomoci podle toho, kolik styčných bodů se samotného procesu pohybu účastní.

U bipedální lokomoce jsou to tedy dva body, u quadrupedální, jak už z názvu vyplývá, se pohybu aktivně účastní čtyři styčné body. Do skupiny bipedální lokomoce řadíme především chůzi a běh, ale patří sem i skok. Quadrupedální lokomoci reprezentuje plazení ale i lezení po skále, plavání nebo šplh. [10]

## 2.3 Přirozená bipedální lokomoce

Přirozená bipedální lokomoce člověka je pohyb z jednoho místa na druhé v prostoru realizovaný nejčastěji dolními končetinami, které má běžný zdravý jedinec lidského druhu dvě. Jedná se tedy o chůzi, běh a skok. Vzhledem k zaměření této práce především na identifikaci osoby podle chůze, bude z dříve zmíněných způsobů pohybu člověka v prostoru dále největší pozornost věnována právě jí.

Způsob pohybu každé lidské bytosti se během života vyvíjí odlišně, avšak existují zde určité podobnosti. Chůze je jiná pokud jsme děti, dospělí a plně vyvinutí jedinci a specifický projev má samozřejmě chůze staršího člověka. Malé dítě se musí nejprve všem dovednostem naučit a nejinak je tomu i v případě chůze, takže o stereotypním pohybu se zde v podstatě nedá hovořit. V dospělém věku je považována chůze za poměrně časově

ustálenou. S přibývajícím věkem jsou pak kvůli oslabeným svalům nebo nemocem pohybového aparátu změny ve způsobu chůze patrné i v průběhu poměrně krátkého časového období. Co se časové stálosti chůze v dospělosti týče, opět narážíme na značnou individuálnost tohoto předpokladu. Je totiž možné relativně jednoduchým způsobem změnit např. držení těla a to i v poměrně krátkém časovém období. Tato změna v držení těla může být provedena pouze vlastní vůlí nebo také prováděním tělesných cvičení, které zmobilizují konkrétní svalové partie a celkově tak výrazným způsobem ovlivní vnější vzezření. Pouhou změnou ve způsobu držení těla tak můžeme dosáhnout odlišných prostorových vztahů mezi jednotlivými částmi těla, především tedy těžištěm lidského těla, rameny a hlavou. Naštěstí se pro identifikaci člověka z videozáznamu sledují především pozice dolních končetin a u nich se takto markantních změn dosahuje mnohem obtížněji. Lidská chůze je realizována jako výsledek spojení procesu vytváření individuálních návyků a vzorce neuronální aktivity (činnosti nervové soustavy), v odborné literatuře označovaném jako centrální motorický program. [21]

Člověku je geneticky podmíněn model chůze, který v sobě obsahuje celou řadu společných rysů, zároveň je však možné nalezení modifikovaných individuálních vlastností, utvářených během vývoje. [3]

Chůze je tedy v jistém smyslu stále stejná u každého člověka, ale vykazuje vždy jistou míru změny a variability. Tato variabilita, pokud se vyskytuje v ohraničených mezích v závislosti na prostředí, ve kterém je pohyb uskutečňován, není známkou špatného zdravotního stavu lidského těla, ale naopak umožňuje překonání téměř jakéhokoliv povrchu. Pomocí zraku a s využitím předchozích zkušeností se způsob chůze upraví do takové podoby, aby bylo možné uskutečnit pohyb i ve velmi členitém a nesourodém prostředí bez větších potíží.

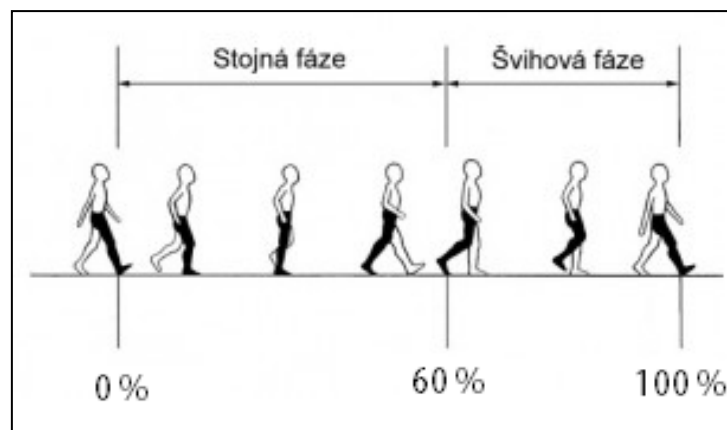
Za předpokladu že je chůze prováděna přirozeným způsobem a stav vnějšího prostředí je relativně stálý, je pohyb prováděn většinou s minimálním (optimálním) výdejem energie. Tento energetický výdej může reprezentovat oscilační pohyb těžiště těla ve vertikálním směru. [22]

Studie a vědecký výzkum v oblasti lidské chůze se dnes nejčastěji zaměřuje na změny pohybu v důsledku zranění nebo přibývajícího věku. Přibývá však také odborných publikací, které pohlížejí na chůzi jako na parametr použitelný v kriminalistickém nebo komerčně bezpečnostním prostředí. [3]

### 2.3.1 Analýza chůze

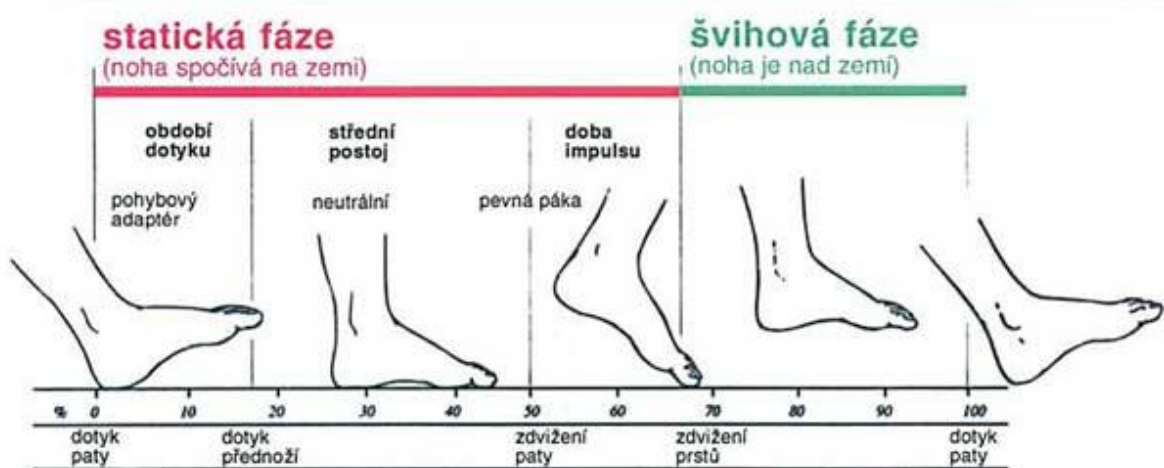
Nejčastěji používaná metoda videografické analýzy chůze je založena na sledování pohybu specifických bodů na lidském těle nebo celých segmentů těla na videozáznamu. Označením těchto bodů jsou pak získány jejich rovinné souřadnice, které následně poslouží ke zjištění kinematických veličin jako dráha, úhel, rychlost nebo úhlová rychlost.

Cyklus chůze je možné definovat jako časový interval mezi dvěma stejnými okamžiky, konkrétně mezi okamžikem, kdy se pata stejné nohy znovu dotkne podkladu. Každá noha se pohybuje v oddělených fázích. Tyto fáze jsou pojmenovány jako stojná a švihová. Ve stojné fázi je chodidlo v kontaktu se zemí, ve švihové fázi je ve vzduchu. Za počátek jednoho cyklu je považován okamžik, při kterém se pata poprvé dotkne země a začíná tak stojná fáze. Po kontaktu paty se následně dotkne země celé chodidlo a je na něj přenesena celá váha člověka. Druhá noha je v tomto okamžiku zvednutá a pohybuje se směrem dopředu, aby se poté také dotkla patou země. Za kompletní cyklus chůze jsou považovány dva kroky. V odborné literatuře se uvádí, že stojné fázi odpovídá asi 60% z celého cyklu kroku, švihová tak při běžné rychlosti chůze zaujímá zbývajících 40%. Stojná fáze je také někdy označována jako statická. Pomalejší chůze způsobí prodloužení stojné fáze, rychlejší naopak fáze švihové. Průměrný počet kroků za minutu je uváděn na 113 a průměrná délka jednoho kroku činí asi 70cm. Získání všech charakteristických komponentů pro identifikaci člověka podle chůze z obrazu sejmutého běžnou bezpečnostní kamerou, je považováno za velmi obtížné až nemožné. Měření všech komponent chůze je považováno za tak složité, že prakticky neexistuje možnost vytvoření automatického programu, který by identifikaci zajistil. [3]



Obr. 10 Časový vztah mezi fázemi chůze [3]





Obr. 11 Detail chodidla v jednotlivých fázích chůze [3]

Pohyb člověka je vždy prováděn v trojrozměrném tedy 3D prostoru. Po zpracování videozáznamu je však možné získat pouze informace dvojrozměrného charakteru označovaného jako 2D. V případě že chceme získat informace pro provedení prostorové analýzy pohybu, je nutné použít záznam alespoň ze dvou videokamer. Jelikož se pracuje s videozáznamem složeného z pixelů, je potřeba vyřešit problém s převedením těchto jednotek na běžně používané délkové jednotky. Toto je zajištěno provedením vyhodnocení měřítka, pomocí objektu nám známých rozměrů. Při rovinné analýze se jedná o objekt rovinný, pro prostorovou analýzu pak bude také použit prostorový objekt. Měřítka se umístí tak, aby bylo viditelné v prostoru, ve kterém probíhá analýza pohybu. Na tomto měřítku jsou poté vyznačeny úsečky o známé délce a získány tak hodnoty pro převedení změřených vzdáleností v pixelech na délkové jednotky.

Tato metoda nachází své uplatnění v lékařství, profesionálním sportu, tvorbě filmů a počítačových her a bylo ji s úspěšností využito pro potřeby kriminalistického výzkumu. [3]

### 2.3.2 Faktory působící na styl chůze

Chůze se mění v závislosti na nejrůznějších podnětech ať už je to věk člověka, jeho psychický stav nebo povrch po kterém se daná osoba právě pohybuje. Faktorů tedy existuje hned několik a byly proto pro lepší přehlednost v odborné literatuře rozděleny na dvě podskupiny. Můžeme se tedy setkat s následujícím dělením:

- vnitřní faktory variability chůze
- vnější faktory variability chůze

### **Vnitřní faktory variability chůze**

Do vnitřních faktorů způsobujících změnu ve stylu a projevu chůze se řadí věk, celkový zdravotní stav jedince, ale také psychika, bolest či únava. Existují zřejmé rozdíly v parametrech chůze dítěte, mladého a starého člověka. Nejvýraznější rozdíl bude patrný v rychlosti, výrazné změny se s postupujícím věkem projeví také v pohyblivosti kloubů a to především kolene a kyčle. Také funkce CNS, svalů, kardiovaskulárního (srdečně-cévního) systému a posturální kontrola (týkající se napětí svalstva při chůzi, stání nebo sedu) prodělává během života variabilní změny.

### **Vnější faktory variability chůze**

Za faktory působící z vnějšku jsou naopak považovány především prostředí a hlavně povrch, na kterém se chůze provádí. Při přechodu z jednoho povrchu na jiný byla prokázána změna v délce kroku ale také v pohybu hlavy a celého trupu. [23]

Pohyb po nerovném nebo mokřém povrchu významným způsobem ovlivní šířku kroku, frekvenci s jakou jsou jednotlivé kroky prováděny nebo také čas strávený ve fázi kroku označované jako fáze dvojí opory, tedy stav kdy se podložky dotýkají obě nohy. Byl také prokázán vliv druhu obuvi na způsobu provedení chůze. Dalšími faktory ovlivňujícími finální podobu chůze je nesení těžkého břemene nebo strmost klesání a stoupání cesty. [9]

Dalším faktorem, který bývá často zmiňován samostatně, je variabilita v rychlosti chůze. Byla provedena série měření jedné osoby v různých podmínkách, které však umožňovaly přirozenou frekvenci kroků a z analýzy videozáznamu jasně vyplývá, že se rychlost měnila. Dále pak byla prokázána úměra mezi rychlostí a variabilitou ostatních sledovaných parametrů chůze. Analýza pohybu zdravého jedince pohybujícího se rychlostí, kterou můžeme označit jako pomalejší vzhledem k přirozené rychlosti, vykazuje výrazný nárůst změn v měřených veličinách. U rychlejší chůze je tato variabilita menší a nejmenší pozorované změny vznikají při pohybu tzv. přirozenou rychlostí. [24][25]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 IDENTIFIKACE OSOB PODLE DYNAMICKÉHO STEREOTYPU LOKOMOCE

Jak již bylo dříve zmíněno, v provedení chůze se vyskytují pravidelně se opakující série pohybů a pro jejich analýzu se tak pracovalo s předpokladem, že pro získání použitelného výsledku je dostačující, aby byl analyzován pouze jeden nebo dva krokové cykly a další jsou považovány za totožné. Provedení přesné analýzy pohybu osoby po rozlehlém prostoru by totiž bylo velmi obtížné.

Aplikace biomechaniky při analyzování chůze je považován za perspektivní. Mohlo by se zdát, že se jedná o novinku, ale pravda je, že se tomuto tématu věnovala pozornost již na počátku devadesátých let. Rozšíření vědomí o této problematice by mohlo mít v budoucnu značný význam pro bezpečnostně-soudní, potažmo ale i komerčně-bezpečnostní sféru. Mnoho bezpečnostních kamer totiž instalují a provozují soukromé subjekty. Identifikace osob podle chůze má výhodu v tom, že může být provedena i ze záběru s nízkou kvalitou. Záběr může být pořízen i ze značné vzdálenosti a přesto jej bude možné použít. Navíc osoba ani nemusí vědět, že je natáčena bezpečnostní kamerou. Jako nevýhoda při identifikaci osob je zmiňována skutečnost, že při změně některých podmínek, jako je oblečení snímané osoby, světelné podmínky, úhel kamery nebo i rychlost chůze vzniká při provádění analýzy mnoho odchylek i u stejné osoby, dokonce jich může vzniknout více než při srovnávání dvou osob. Tyto okolnosti vedou k diskusím, do jaké míry je možné využít záznam chůze pro přesnou identifikaci osoby.

Jsou zkoumány dynamické projevy chůze člověka, které umožňují jeho individuální identifikaci. Výzkumy prováděné na Policejní akademii ČR potvrdily také možnost zjištění výšky osoby zachycené na videozáznamu. V trestním řízení jsou většinou vyžadovány odpovědi týkající se právě výšky pachatele nebo jiných rozměrových charakteristik, nebo individuální identifikace osoby. [26]

Identifikace podle způsobu jakým člověk chodí, se nabízí jako zcela přirozená metoda, protože každý jistě na vlastní kůži zažil situaci, kdy si byl jistý, že se k němu blíží osoba, kterou dobře zná a bylo to často i za zhoršených světelných podmínek. S touto myšlenkou pracovali a stále pracují i vědci a odborníci, kteří se zabývají možnostmi identifikovat někoho ze záznamu pořízeného bezpečnostní kamerou.

Lokomoce jakožto pohyb člověka v prostoru, může zanechat i jiný druh stop než pořízený videozáznam a to stopy trasologického charakteru. Tento druh stop je buď přímo viditelný,

např. v měkké hlíně, nebo je nutné použít speciální světlo, pro zviditelnění stop na pevném podkladu. Trasologická stopa obsahuje informace např. o směru, ze kterého pachatel přišel, jak se na místě činu pohyboval, ale také může poskytnout informace o obuvi nebo některých zvláštních skutečnostech, které se projeví na způsobu chůze pachatele. Celou řadou měření bylo prokázáno, že je možné nalézt jisté charakteristické a především stále se opakující pohybové návyky při chůzi člověka a tyto znaky je možné určit už ze stop jednoho kroku, lépe však ze dvou po sobě následujících, tedy tzv. dvojkroku. Na základě rozsáhlého testování byly vytvořeny matematické vzorce, podle kterých je s určitou mírou přesnosti možné odhadnout výšku pachatele podle délky nebo šířky zanechané stopy, případně právě podle délky kroku nebo dvojkroku. Odhad výšky podle délky kroku a dvojkroku poskytuje přesnější výsledky. I když se jedná o známou, všeobecně uznávanou a poměrně přesnou metodu identifikace, dnes už se téměř nepoužívá a tendence směřují spíše k metodám videoanalýzy chůze.

V případě identifikace osoby podle způsobu lokomoce, tedy pomocí biometrických znaků, by měl opět platit předpoklad, že již existuje o této osobě dříve pořízený záznam, se kterým bude každý další záznam porovnáván a na základě jejich shody dojde k případnému potvrzení totožnosti. Tento předpoklad je však zatím pouze přáním kriminalistů a soudních znalců, kteří musejí postupovat zcela opačným směrem. Těm se totiž dostane, v případě, že vůbec existuje, do rukou nejprve záznam z místa činu a osoby, které budou na základě vyšetřování označeny jako podezřelé z jeho spáchání, budou následně znovu natočeny kamerou, tentokrát však již v předem známých podmínkách a tyto nově pořízené záběry pak poslouží jako srovnávací materiál. Jedná se v každém případě o velmi zajímavou metodu, kterou je možné využít v případě, že osoba na záznamu je nějakým způsobem maskována. S tímto fenoménem, tedy maskovaným pachatelem se dnes setkáváme mnohem častěji, než tomu bylo dříve. Pachatelé trestných činů jsou vždy o krok napřed před policií a úkolem kriminalistů je snažit se délku tohoto kroku co nejvíce zkrátit. Snaží se toho dosáhnout používáním nejmodernějších postupů, taktiky a techniky, která je v současnosti dostupná. Proto jsou snahy o rozpoznání i maskované osoby logické.

Stejně tak, jako se pachatelé trestných činů znalých problematiky otisků prstů brání v jejich zanechání rukavicemi, lze se setkat s názory, že se pachatel bude pohybovat na místě činu nepřirozeným způsobem, aby tak případnou identifikaci znemožnil. S tím nelze než souhlasit. Avšak i přes skutečnost, že naprostá většina lidí dnes o otiscích prstů ví, stále se na místech trestných činů nalézají a totéž může platit o záznamu chůze, kdy pachatel

jednoduše, z důvodu působení stresu například, na nucenou změnu ve stylu chůze zapomene a jeden či dva kroky udělá úplně přirozeně, stereotypně, tak jak je běžně zvyklý. Právě tyto dva kroky budou následně použity jako srovnávací vzorek. Pachatel, který se bude na provedení trestného činu připravovat, může použít i závaží upevněné na jedné či obou dolních končetinách, případně jiným způsobem upravenou obuv nebo oděv tak, aby metoda identifikace z kamerového záznamu nebyla použitelná. To je fakt, se kterým nic neuděláme a bude tak nutné získat jiný druh kriminalistických stop. Pokud se ale pokusíme vžít do role pachatele, bude nás nejspíš zajímat jak se co nejrychleji dostat z místa činu a jak se na něm co nejopatrněji pohybovat a každý rozumný člověk musí uznat, že se závaží na noze nebo v botě to úplně ideální nebude.

Změna stylu chůze se může změnit i bez použití závaží a to pouze psychickým stavem člověka páchajícího trestný čin. V případě, že bychom znali přesně způsob, jakým si pachatel styl chůze upravil, je možné při následné analýze tuto změnu vyrušit. Jak bylo již dříve zmíněno, kriminalistům se do rukou v ideálním případě dostane nejprve záznam z místa činu a až následně bude vytvořena nahrávka podezřelé osoby ve známém prostředí, pod dohledem kriminalistů. Pachatel se může a s vysokou mírou pravděpodobnosti se také pokusí o změnu stylu chůze i dodatečně, právě v okamžiku pořizování srovnávacího materiálu. Podezřelá osoba je proto požádána, aby se před kamerou prošla hned několikrát. Sami si můžete vyzkoušet, že chodit jiným než přirozeným způsobem se může zdát v teoretické rovině jako velmi snadné, v realu už tomu tak však není. A právě s tímto faktem kriminalisté počítají a z pořízených záznamů vyberou sekvenci snímků, které podle jejich zkušeností budou zaznamenávat nejpřirozenější způsob pohybu. Tento záznam je pak analyzován a porovnán se záznamem pořízeným na místě spáchání trestného činu a v případě, že soudní znalec vyhodnotí osoby na obou záznamech jako téhož člověka, musí pak následně své tvrzení obhájit i před soudem.

V České republice ale i v zahraničí se problematikou rozpoznání osoby zabývala již celá řada studií a bylo natočeno a následně vyhodnoceno značné množství osob. Aby mohl být tento způsob identifikace vůbec odbornou veřejností uznán, musel nejprve proběhnout laboratorní výzkum, jehož cílem bylo potvrzení domněnky, že každý člověk tak jako má jedinečnou kresbu oční duhovky nebo papilárních linií, má také jedinečný způsob chůze. Analýza chůze člověka probíhala buď prostřednictvím videografické analýzy záznamu z jedné kamery, nebo pomocí několika kamer, které zároveň zaznamenávaly pohyb člověka z různých úhlů. Natáčená osoba měla na svém těle umístěny speciální reflexní

značky, jejichž pohyb byl následně převeden do grafického a matematického vyjádření vlastního pohybu. Na základě těchto pokusů pak bylo prokázáno, že je předpoklad individuálnosti pohybu správný a je tak, při dodržení jistých podmínek, možné identifikovat člověka z videozáznamu jeho chůze. Jedna věc je však analyzovat pohyb člověka ve známém prostředí, spolupracujícího a ochotného k umístění zmiňovaných reflexních značek na své tělo, druhá pak identifikace člověka ze záznamu v neznámém prostředí, z řekněme ne zrovna ideálního úhlu snímání a samozřejmě bez značek. Tím však v žádném případě nesmí být tato výzkumná činnost znevažována, ba právě naopak. Bez těchto zkoušek by nová metoda biometrické identifikace nikdy nemohla vzniknout a být odborníky uznána.

V případě, že chceme provést analýzu záznamu pořízeného pouze jednou kamerou, je považováno za nejvhodnější její umístění tak aby optická osa této kamery protínala sledovaný úsek co nejbližší jeho středu. Pokud se kamera nachází v jiné než této pozici, dochází k tomu, že je sledovaná osoba snímána pod úhlem, který může způsobit chyby v následném měření.

Jako další podmínka je uvedeno umístění kamery tak aby její optická osa byla kolmá k rovině pohybu. Je možné matematickými úpravami při přepočtu zjištěných souřadnic vzniklé odchylky odstranit, ale vždy bychom se měli snažit, aby tyto úpravy bylo nutné provádět co možná nejméně. V odborné literatuře můžeme nalézt čtyři pravidla pro přípravu scény k provedení záznamu pohybu, který poté bude možné použít pro kvalitní a přesnou analýzu. [3]

Tyto pravidla pro přípravu scény pro analýzu pohybu jsou následující:

- vzdálenost kamery od sledovaného objektu
- prostorové možnosti pro záznam pohybu
- světelné podmínky
- pozadí za objektem

**Dostatečná vzdálenost kamery od sledovaného objektu** je nezbytná pro získání záznamu pohybu osoby po větším prostoru. Záběr pořízený z velké vzdálenosti ale nemusí obsahovat dostatečné množství detailních záběrů pohybu. Vzdálenost tak musí být zvolena s ohledem na poměr velikosti lidské postavy a zabírané scény.

**Prostorovými možnostmi pro záznam pohybu** je myšlena především problematika dalších osob při pořizování záznamu pohybu v záběru.

**Světelné podmínky** jsou faktor, který je možné efektivně ovlivnit pouze v laboratorních podmínkách, ve venkovním prostředí už je naše schopnost jeho ovlivnění značně omezena. Je nutné počítat s možností vzniku mlhy, deště nebo sněžení. Horší světelné podmínky je možné ovlivnit pomocí změny některých parametrů kamery nebo změnou rychlosti závěrky. Při změně rychlosti závěrky je však potřeba vzít do úvahy předpokládanou rychlost pohybujícího se objektu aby nedošlo k rozostření záznamu. V případě že můžeme použít doplňkové osvětlení snímané scény, měly bychom vždy dbát na vhodné rozmístění a intenzitu, protože i přesvětlená scéna může být zdrojem pro vznik stínů, tzv. falešných kontur nebo jinak změnit tvar zaznamenávaného objektu. Pokud reflektory pokrývají světlem scénu příliš rovnoměrně, na záznamu se pak může objekt jevit jako plochý.

Poslední zmiňované pravidlo se týká **pozadí za sledovaným objektem**. V reálném prostředí je tento faktor, stejně jako světelné podmínky, pouze málo ovlivnitelný. Následující doporučení je však dobré dodržet v laboratorních podmínkách. Je vhodné pokud má pozadí celistvý charakter bez prvků, které by mohly působit rušivě. Barva pozadí by pak měla být zvolena jako kontrastní s barvou pohybujícího se objektu nebo značek na tomto objektu umístěných.

Z výsledků zkoumání, které započalo před více než patnácti lety, vyplývá, že chůzi je možné využít pro identifikaci nebo verifikaci osob. K tomu aby mohla být tato metoda využívána v běžné praxi pro řešení bezpečnostních úloh, je nutné zlepšení výpočetních technologií. Do této technologie je vkládána velká naděje, protože je možné ji implementovat i do již instalovaných a provozovaných kamerových systémů. Systém identifikace osob pak bude moci využít charakteristiky chůze a obličeje buď dohromady nebo zvlášť. Zájem o tuto technologii podporují rostoucí bezpečnostní rizika spojená s terorismem a jinou trestnou činností. Celou řadu biometrických metod identifikace totiž není možné využít bez přímé spolupráce identifikovaných osob. Např. identifikace podle tváře je velmi lehce znemožněna maskováním nebo špatnými světelnými podmínkami,



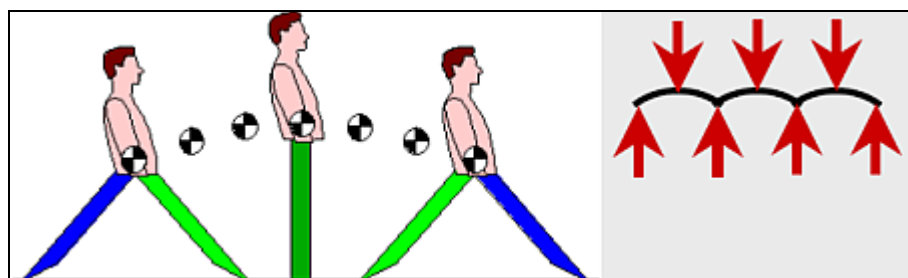
stejně jako nedostatečným rozlišením snímané scény. Totéž platí o identifikaci podle tvaru ucha, které může být opět skryto kuklou nebo vlasy. Využití chůze pro identifikaci má své limity a je tak potřeba využít velmi specifické technické prostředky. Identifikace založená na lidské chůzi by měla být použitelná v běžném prostředí jako je ulice, náměstí, garáže, úřady, školy nebo finanční instituce, zkrátka všude tam, kde je možné nasazení kamerové techniky. Pro masové rozšíření této metody však chybí jakákoliv standardizace, co se týče počtu kamer, úhlů snímání dané scény, vzdálenosti, světelných podmínek apod. [3]

Základy identifikace osob podle stylu chůze jsou přisuzovány Johanssonovi, který experimentoval s bodovými světly umístěnými na lidském těle. Tímto experimentem prokázal možnost identifikovat člověka na základě sledování pohybu těchto světelných bodů. [28]

Na základě tohoto a dalších experimentů převážně z lékařského prostředí, pak v roce 2001 došlo k stanovení závěru, že pro každou osobu je dynamika chůze jedinečná a může být použita pro identifikaci. [29][30]

### 3.1 Identifikace na základě pohybu těžiště

Fyzikálním důsledkem anatomického vývoje člověka je fakt, že při chůzi není schopen udržet těžiště svého těla v přímé linii. Pohyb těžiště znázorněný pomocí spojnice má charakter vlnící se křivky. Tohoto faktu je poté využito při individuální identifikaci. Sledování a vyhodnocování trajektorie vytvořené těžištěm těla patří mezi první metody, které byly pro analýzu chůze použity ať už v lékařství, biomechanickém nebo identifikačně verifikačním výzkumu. [3]



Obr. 12 Zjednodušený pohled na pohyb těžiště těla při chůzi [31]

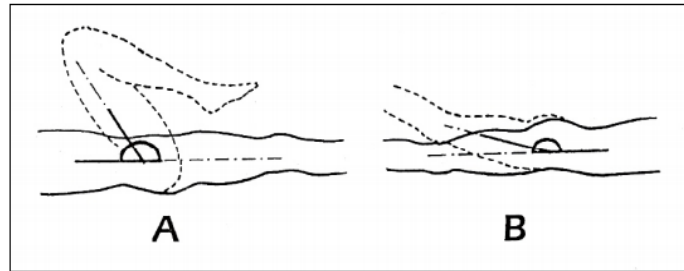
Ke sledování těžiště těla byly později přidávány i jiné aspekty jako úhel ohybu některých kloubů, rotace pánve nebo hrudního koše. Dále byly používány přesnější matematické

modely, které zohledňovaly pružnost lidského těla a výsledná křivka se více přibližovala skutečnému stavu. Výsledkem dlouholetých výzkumů je zjištění, že každá noha je při chůzi vystavena zatížení odpovídající asi 50% celkové váhy člověka, těžiště se pohybuje střídavě nahoru a dolů, ale také ze strany na stranu. Výchylka těžiště je pak udávána na cca. 5,5 cm v závislosti na individuálních vlastnostech každého jedince. Těžiště lidského těla není možné vidět přímo, a řada autorů proto využívá pro potřeby identifikace sledování pohybu temene hlavy, případně středu ucha. Trajektorie ucha a těžiště není stejná, ale je považována za velmi podobnou. Těžiště se v reálu pohybuje o něco méně, než hlava. [32]

### 3.2 Sagitální kinematika

Sledování trajektorie těžiště nebo jiné lépe viditelné části těla bylo pro lékařské použití nedostačující. Pozornost se proto začala věnovat také pohybu kloubů. V praxi se tak můžeme setkat s tzv. sagitální kinematikou. Sagitální znamená předozadní směr a je tedy sledován pohyb kloubů v tomto směru. Konkrétně jsou sledovány úhly ohybu v kyčli, koleni nebo kotníku. Tyto změny úhlů jsou následně zaznamenávány do grafů a je vytvářena jejich průměrná hodnota. Tato metoda byla sice původně využívána pouze pro lékařské účely, své uplatnění však později našla i v tzv. počítačovém vidění pro měření základních charakteristik lidské chůze. Množinu dílčích průběhů jednotlivých pohybů je po složení možné využít pro sestavení celkové charakteristiky každé osoby. [3]

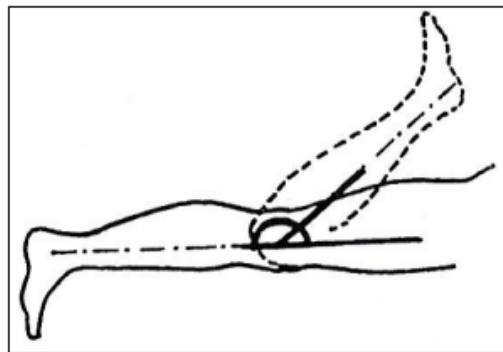
Co se sledování pohybu těla při chůzi týká, je vhodné znát maximální ohyb kloubů především dolních končetin. Zde se nacházejí klouby kyčelní, kolenní a hlezenní. Na následujících obrázcích (Obr. 13,14,15) jsou znázorněny maximální ohyby jednotlivých kloubů v extenzi a flexi. Flexe znamená ohýbání, ve smyslu zkracování dané části těla. Extenze je zpětný pohyb k flexi, tedy natahování, ve smyslu prodlužování dané části těla. [32]



Obr. 13 Ohyb (flexe a extenze) kloubu kyčelního [11]

Kloub kyčelní: Flexe - rozsah pohybu je až 130 stupňů s ohnutým kolenem a 90 stupňů s nataženým kolenem (Obr. 13A)

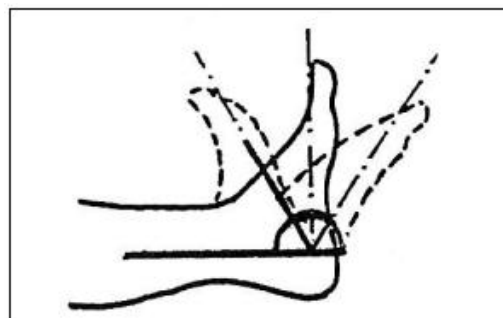
Extenze - rozsah pohybu je do 15 stupňů (Obr. 13B)



Obr. 14 Ohyb kloubu kolenního [11]

Kloub kolenní: Flexe – rozsah pohybu je do 130 až 150 stupňů podle rozvoje svalstva

Extenze – výchozí nulová pozice (někdy do 10 stupňů).



Obr. 15 Ohyb kloubu hlezenního [11]

Kloub hlezenní: Flexe – rozsah pohybu je do 50 stupňů

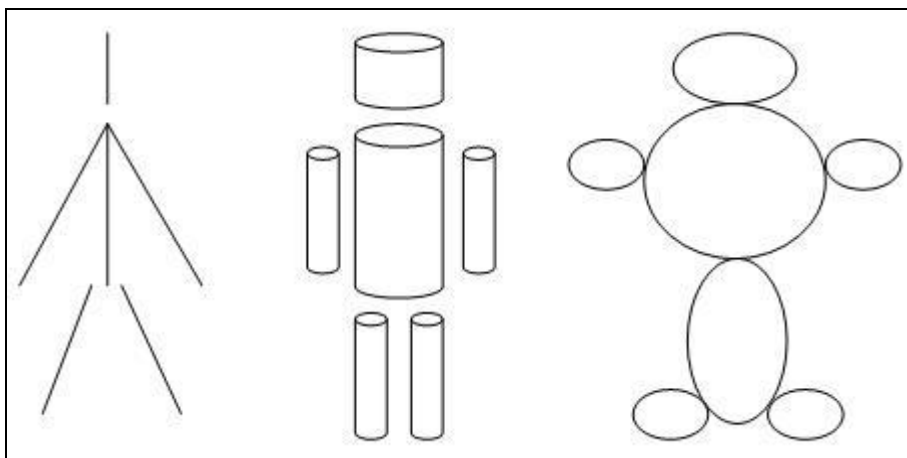
Extenze – rozsah pohybu je do 15 až 20 stupňů.

Problematika identifikace osob podle způsobu jejich chůze patří mezi nejmladší oblasti aplikované biomechaniky a její rozvoj byl přímo závislý na rozvoji výpočetních zařízení, které jsou nepostradatelným prostředkem při zpracovávání obrovského množství obrazových dat. Zatím není vytvořen plně automatizovaný systém pro identifikaci osob ze záznamu chůze, ale určité snahy v této oblasti již existují. Za první velký počín v této oblasti je v odborné literatuře uváděn projekt DARPA – Defense Advance Research Project Agency (<http://www.darpa.mil/default.aspx>), který byl zaměřený na vzdálenou identifikaci osob a pro tuto činnost bylo nashromážděno značné množství dat a na jejichž základě začal vývoj algoritmů pro automatickou identifikaci osob. Od zahájení tohoto projektu až do současnosti stále probíhá sběr dat sloužících ke zlepšování a progresi těchto algoritmů. [3]

V současnosti je problematika identifikace osob podle chůze orientována na dva hlavní směry. První směr je orientován na zpracování siluety pohybujícího se člověka, druhý pak pracuje s modelováním (rozpoznáváním) pohybu.

### 3.2.1 Metody modelování pohybu osoby

Tento druh metod vychází z analýzy pohybu horní poloviny těla, nohou nebo jejich vzájemnou kombinací. Na rozdíl od metod pracujících s lidskou siluetou jsou tyto metody zaměřeny spíše na dynamiku samotného pohybu více než na jeho tvar. Sledované jsou tělesné rozměry jako délky a úhly a tyto metody poskytují přesnější výsledky i při negativním působení různých druhů oblečení. [3]



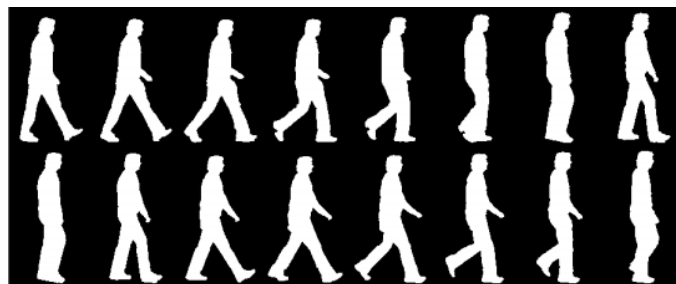
Obr. 16 Modely lidského těla: drátěný, cylindrický, oválný [3]

Modely lidského těla znázorněné na (Obr. 16) tedy drátěný, cylindrický a oválný, někdy též kapkovitý se používají nejčastěji. Existují i jiné modely ale jejich použití je spíše

sporadické. Metody založené na modelování pohybu byly používány i pro jiné než identifikační účely. Volbou správného druhu modelu lidského těla je ovlivňována tzv. rekognifikační efektivnost. Nejčastěji používaným modelem se jeví model drátěný, který je velmi jednoduše použitelný a to i pro 3D modelování. Začátek a konec každého segmentu drátěného modelu reprezentuje kloub v lidském těle. V závislosti na autorovi studie se můžeme setkat s použitím různého počtu segmentů v daném modelu. Nejjednodušší model pracuje se šesti segmenty, kde vždy dva reprezentují horní a dolní končetiny, jeden segment reprezentuje tělo a poslední hlavu. V odborné literatuře existují odkazy na použití modelu se čtrnácti spojovacími body a sedmnácti segmenty a v případě, že se použijí tzv. volumetrické modely lidského těla, pracuje se s pětadvaceti spojovacími místy a dvaceti čtyřmi segmenty. Metody pracující s modely lidského těla jsou v některých případech nazývány jako parametrické, jsou pohledově invariantní, ale vyžadují kalibraci kamerového systému. [3]

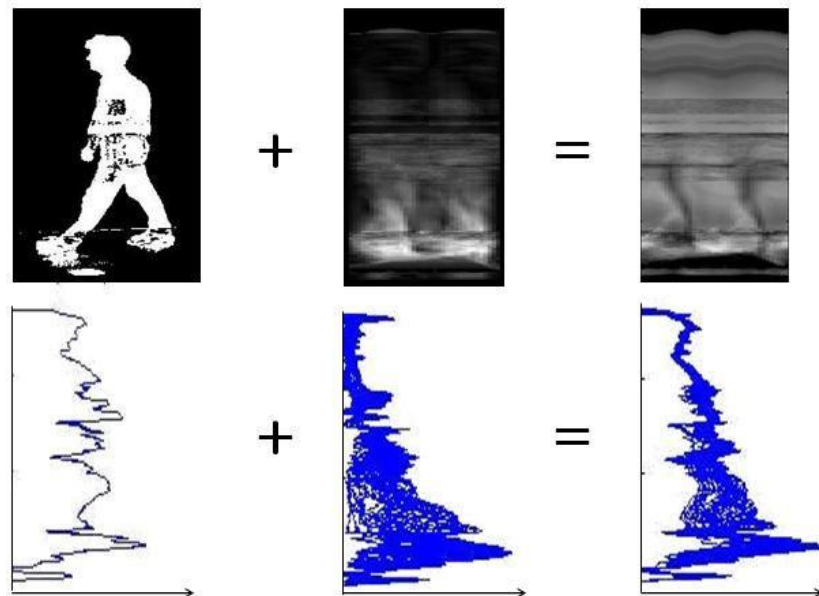
### 3.2.2 Metody vyhodnocující siluetu osoby

Tyto metody pracují na principu vyčlenění siluety pohybujícího se člověka z pozadí snímané scény a její následné vyhodnocení pomocí některého z algoritmů, který byl pro tuto metodu vytvořen. V případě, že by se chtěl někdo dozvědět více informací o těchto algoritmech a metodách v odborné literatuře je doporučována literatu MARK, S., NIXON, J., CARTER, N. Automatic Recognition by Gait, Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No.11, November 2006, Digital Object Identifier:10.1109/JPROC.2006886018, která se této problematice věnuje podrobně. [3]



Obr. 17 Fázové pohyby siluety chodce [3]

Jednou z metod využívající siluetu je metoda analýzy délky kontury siluety. Tato metoda převede délky kontury každého člověka do podoby grafu a tyto grafy jsou následně porovnávány. [1]



Obr. 18 Proces vytváření délky kontury [3]

Pro zvýšení efektivity výzkumné činnosti v oblasti analýzy chůze jsou databáze jednotlivých pracovišť ve většině případů veřejně dostupné, případně dostupné po podání žádosti příslušnému ústavu. Záznamy pořízené na těchto vědeckých pracovištích jsou obvykle pořizovány ve vhodných podmínkách a poskytují tak cenný soubor informací, které mohou být dále zpracovávány. Pokud tak bude mít někdo zájem o vytvoření vlastního algoritmu, nemusí se již zabývat natáčením vlastních videozáznamů. Kromě samotných videozáznamů jsou součástí těchto databází také naměřená prostorová data. Vytvoření databáze vzorků je důležitou podmínkou pro jakoukoliv biometrickou identifikační metodu. Databáze záznamů chůze se stále rozrůstá, v porovnání s databází otisků prstů nebo tváří je však stále ještě velmi malá.

Mezi známé databáze patří např. ta z Univerzity v Marylandu (UMD-Universities of Maryland) nebo databáze vytvořená na Carnegie Mellon University's (CMU) s názvem Mobo. Zajímavá je také databáze National Institute of Standards (NIST) a University of South Florida. Databáze UMD obsahuje data pořízená v terénu, simulační nebo sledovací scénáře. Mobo obsahuje paralelně snímané záběry osob na běžeckém pásu. Poslední zmiňovaná databáze obsahuje 1870 sekvencí 122 osob. Tyto osoby snímaly vždy dvě kamery a chůze probíhala v několika druzích obuvi a po různém povrchu.

Spolehlivost metody identifikace podle chůze je v [3] uváděna s odkazem na tehdejší úroveň výzkumu jako devadesáti procentní. To však znamená, že na světě existují osoby, jejich pohybový projev je takovým způsobem podobný projevu jiné osoby, že jejich

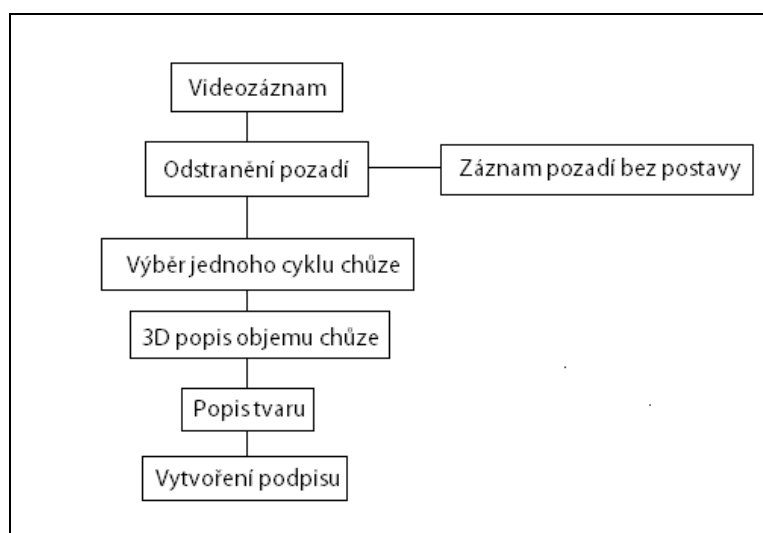
vzájemné rozlišení pouze za pomoci této technologie není možné. Na rozdíl např. od otisků prstů nebo testů DNA. Bezpečnostní složky se o možnosti automatického vyhodnocování a analýzy chůze zajímají i z jiného, než identifikačního hlediska. Takovýto plně automatizovaný systém připojený k městskému kamerovému systému by byl totiž schopen sledovat pohyb cílové osoby přes celé město, protože kdykoliv by se tento člověk ocitl v zorném poli některé z kamer, obsluha by byla upozorněna a mohla by tak vykonat příslušná opatření. V širším pojetí by tato technologie mohla být součástí satelitů a takovéto stopování by mohlo probíhat přímo z oběžné dráhy. [3]

### 3.2.3 Metody využívající záznam z přední strany

V současnosti je tedy největší pozornost věnována metodám pracujícím s modely těla a tvarem siluety. V praxi se však setkáváme spíše s tím, že osoba na záznamu z kamery je snímána z přední strany a obvykle také seshora. Taktéž o kamerách nacházejících se na veřejném prostranství není snadné získat potřebné technické údaje. Tato situace tedy podporuje snahy o vytvoření automatizovaného systému schopného zajistit rozpoznání člověka bez jakékoliv kalibrace samotné kamery. Identifikace člověka na základě dvoudimenzionálních dat (2D) získaných z videozáznamu nezávisle na úhlu snímání člověka je stále považován za nový směr vývoje. Existují snahy o vytvoření systému, který by byl schopen syntetizovat laterální pohled z pohledů jiných, případně z tohoto záznamu vybrat měřitelné parametry, které nejsou tolik závislé na úhlu natočení člověka vzhledem ke kameře. Jeden z přístupů dokázal, že identifikace člověka je možná při splnění podmínky, kdy snímací úhel je maximálně 70°. Laterální pohled je brán jako úhel snímání 0°. Existují i snahy o identifikaci člověka z frontálního pohledu. Publikace na toto téma přinášejí velmi zajímavé výsledky, na které bude možno v budoucnu navázat, prozatím však přesnost těchto metod není schopna překročit hodnotu 82% správně rozpoznávaných osob. [3]

Při snaze o rozpoznávání člověka při pohledu zepředu, je pozornost věnována tvaru těla a změnám tohoto tvaru v čase. Můžeme tímto přístupem získat statické a dynamické parametry každého člověka. Chůze je považována za periodický pohyb s cyklicky se opakujícími fázemi a proto i změny ve tvaru těla se mění relativně periodickým způsobem. Díky tomu je možné jednotlivé fáze chůze rozpoznat a vzájemně oddělit. Této metodě, tedy rozpoznání osob s využitím videozáznamu zepředu se věnují autoři Goffredo, Carter a Nixon v publikaci č. [34] a její popis je možné nalézt např. v literatuře č. [4]

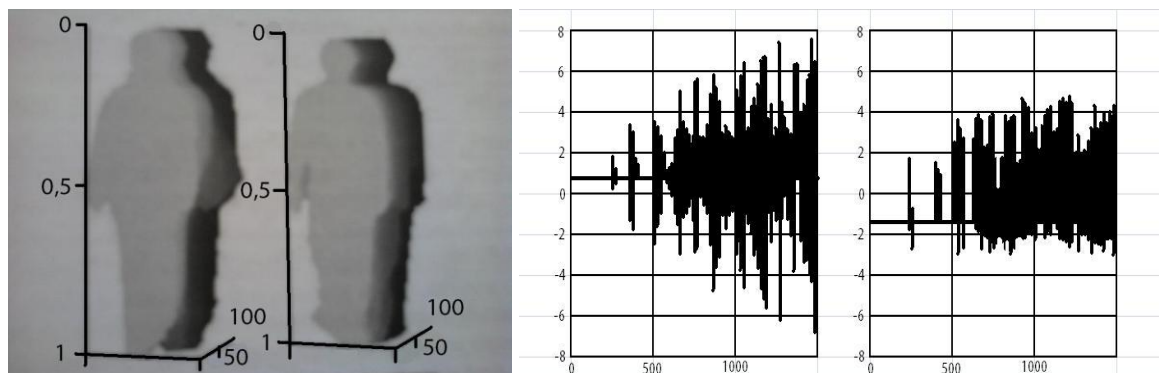
Popisovaná metoda se dělí na dva základní kroky. Prvním krokem je detekce jednotlivých periodických cyklů chůze, druhým pak popis objemu obrazce chůze. Detekce cyklů chůze je provedena po extrakci postavy ze záběru. Je použita metoda odčítání obrazu. Tato metoda předpokládá existenci záznamu prostředí bez přítomnosti dané osoby. Jelikož se tato metoda testovala v laboratorních podmínkách, mohla být použita metoda odpočítání pozadí. Na následujícím obrázku (Obr. 19) je znázorněno blokové schéma postupu u této metody.



Obr. 19 Blokové schéma postupu [4]

Pro aplikaci této metody v reálném prostředí, tedy takovém, které nemá uměle vytvořené podmínky, budou muset být použity sofistikovanější metody.

Po extrakci siluety a výběru jednoho cyklu chůze je následně vytvořen 3D objem toho cyklu. Ten je vytvořen seřazením normalizovaných obrysů za sebe v časové posloupnosti. Z objemu chůze je pak po převedení do grafické podoby možné vytvořit tzv. podpis, na jehož základě je možná následná identifikace.



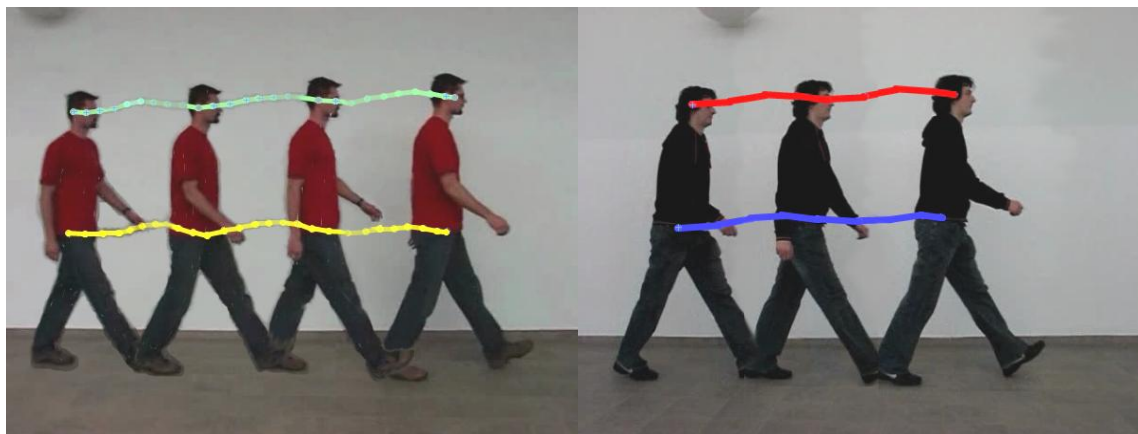
Obr. 20 Ukázka objemu chůze dvou subjektů a vytvořeného podpisu [4]



## 4 VLASTNÍ ANALÝZA VIDEOZÁZNAMU

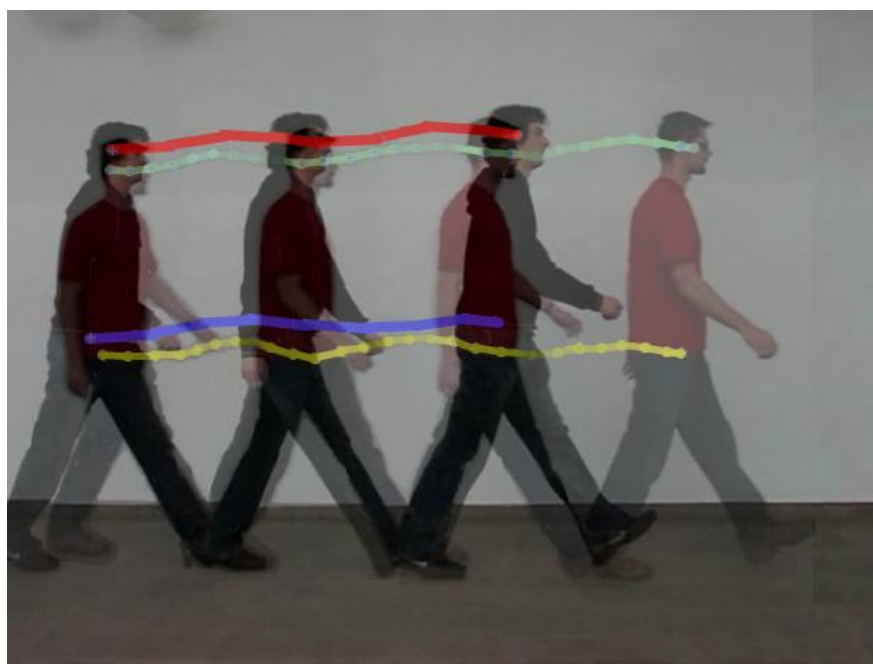
Při tvorbě této práce jsem kromě studia odborné literatury v tištěné či elektronické podobě, zhlédl také publicistický pořad České televize s názvem Hyde Park Civilizace, ve kterém byl hostem prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc. Profesor Straus zde hovoří o identifikaci pachatelů trestné činnosti ze záznamu bezpečnostní kamery, při kterém jsou vytvářeny trajektorie důležitých částí těla. Kromě identifikace pachatelů podle stylu chůze se tento soudní znalec v oboru Kriministika – specializace forenzní biomechanika věnuje také zkoumání pádu z výšky nebo ze stoje, úderům do hlavy, bodnutím nože či dopravním nehodám. I když toto nebylo zahrnuto do zásad pro vypracování této diplomové práce, rozhodl jsem se podobný postup, o kterém prof. Straus hovoří, prakticky vyzkoušet. Pro analýzu chůze a získání křivek zaznamenávajících pohyb těžiště a hlavy jsem použil videozáznamy chůze pořízené při tvorbě diplomové práce Jakuba Krzyžanka. [11] Ten se věnoval vytvoření počítačového programu pro identifikaci osob s využitím siluety člověka ale záznamy, které pro tuto práci vytvořil, byly pro praktickou ukázkou dostačující. Pro tvorbu trajektorií těžiště těla a hlavy jsem použil program Kinovea, který je možné zdarma stáhnout z internetových stránek (<http://www.kinovea.org>) Tento program je možné použít např. pro analýzu sportovních výkonů, umožňuje práci s videozáznamem jako je jeho segmentace zpomalení, zrychlení a po kalibraci i export prostorových dat do Excelu nebo jiného textového formátu. Pro následnou finální úpravu snímků jsem použil program Adobe Photoshop. Bohužel se v záběru nevyskytuje žádný předmět známých rozměrů, pomocí kterého by bylo možné záznam kalibrovat a získat tak např. odhad délky kroku nebo výšky jednotlivých osob na záznamu. Pro tvorbu trajektorií a jejich následné vizuální porovnání však záznam využít lze.

Z videozáznamu, do kterého byly postupně vyznačovány hledané body, jsem následně vybral v první případě čtyři, ve druhém tři snímky, na kterých je osoba ve fázi krokového cyklu, při kterém se pata dotkne země. Vhodným nastavením zobrazovaných bodů bylo možné jejich vzájemné spojení a získání finální podoby snímku tak, jak je možné vidět na (Obr. 21) Následně jsem ještě oba tyto snímky spojil do jednoho, aby bylo porovnání vzniklých trajektorií pohybu lépe patrné.



Obr. 21 Trajektorie dvou osob (vlastní zpracování)

Na (Obr. 22) jsou oba snímky složeny dohromady, aby bylo možné vzájemně porovnat vytvořené trajektorie. Pro lepší zřetelnost byla u druhého snímku vynechána poslední fáze krokového cyklu.



Obr. 22 Složení obou záznamů (vlastní zpracování)

## 5 NÁVRH ZAJIŠTĚNÍ OBJEKTU KAMEROVÝM SYSTÉMEM PRO ZÍSKÁNÍ KINOGRAMU

Tato kapitola práce pojednává o problematice spojené s kamerovým systémem, jehož záznam může být použit kriminalisty v procesu identifikace podezřelé osoby.

Problematika návrhu kamerového systému jako takového je jistě právem považována za poměrně obtížnou disciplínu a je velmi žádoucí, aby takovýto návrh vytvářela odborně způsobilá osoba, nejlépe i s praxí. Vždy je nezbytné pečlivě naslouchat zákazníkovi, který požaduje instalaci kamerového systému ve svém objektu a na základě jeho požadavků s přihlédnutím k technickým možnostem ale také povinnostem tento návrh vytvořit. Projektant by měl být obeznámen s veškerou problematikou, která s tvorbou návrhu a následným uvedením kamerového systému do provozu souvisí. Stejně jako s technickými možnostmi a požadavky jednotlivých použitých zařízení. Zákazníci mohou mít častokrát velmi mylné představy o tom co je a není možné a firma která kamerový systém navrhuje, musí být proto schopna poskytnout pochopitelnou formou informace, proč je právě takové řešení vhodné nebo i nezbytné. V potaz musí být brány faktory finanční náročnosti, tedy kolik peněz je zákazník ochoten vůbec zaplatit, stejně jako charakter střeženého objektu.

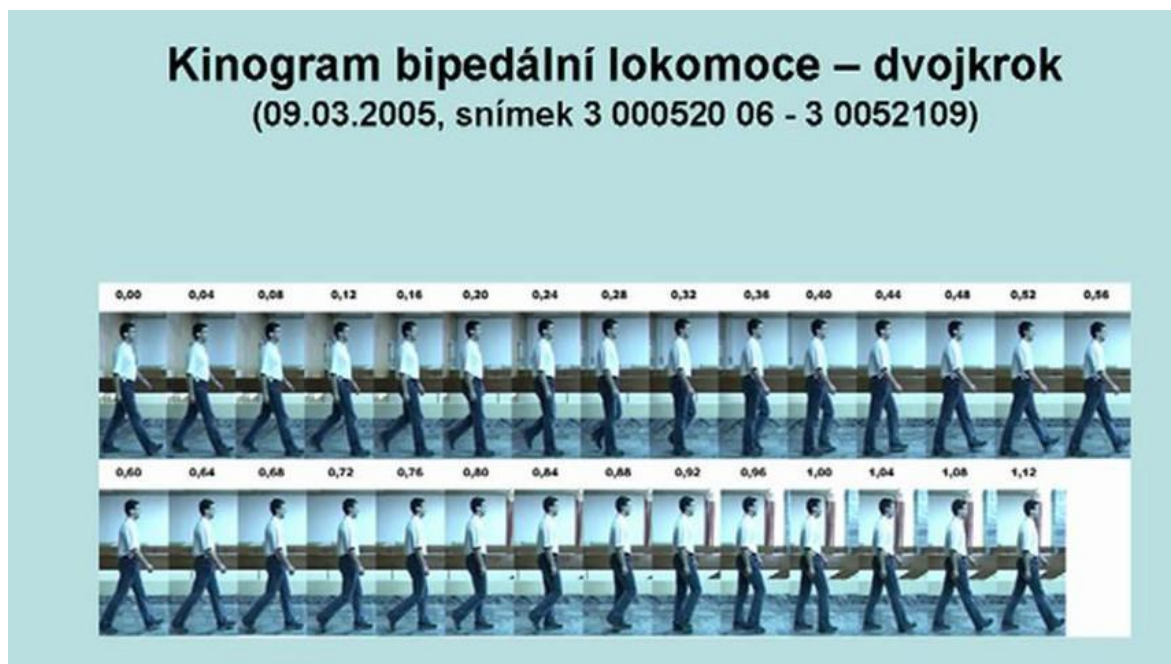
Dílčím cílem v této části práce je navrhnout jakým způsobem zajistit střežené objekty podniky průmyslu komerční bezpečnosti, dále jen PKB, aby bylo možné získat kriminalisticky užitečný kinogram. Toto představuje zcela nový aspekt v průběhu návrhu kamerového systému, který musí být specifickými opatřeními zohledněn. Zároveň však musejí být zachovány stávající požadavky na provoz kamerového systému ve standardním pojetí.

Metody identifikace osob zmiňované v předchozí kapitole, které pracují se záznamem osoby z čelní strany nebo pod úhlem a pracující se siluetou jsou jistě velmi zajímavé, avšak stále není dosaženo jejich dostatečné přesnosti a automatizace. Jediná možnost, která již byla v praxi ověřena a skutečně vedla k pravomocnému odsouzení pachatele je videografická analýza záznamu osoby při které jsou ručně vyznačeny sledované body snímek po snímku. Tyto body jsou následně propojeny a vzniknou tak unikátní trajektorie, podle kterých je soudní znalec schopen identifikovat konkrétní osobu. Identifikovaná osoba je při této ideografické analýze snímána z boční strany, s přihlédnutím k videozáznamu pořízenému na místě činu.

## 5.1 Kinogram

Definice kinogramu je série snímků zachycující tentýž objekt v jednotlivých fázích, jinými slovy rozfázování pohybu. [35]

V odborné literatuře se uvádí, že pro získání kinogramu, je nutné záznam pohybu rozfázovat po 0,04 sekundách. Ukázka takto vzniklého kinogramu je na následujícím obrázku. (Obr. 23)



Obr. 23 Ukázka kinogramu [36]

Jak je patrné z (Obr. 23), kinogram chůze je pořízen z boční strany, stejně jako většina záznamů chůze, na kterých byly testovány metody automatického rozpoznávání osob.

Cílem projektanta kamerového systému by mělo být získání právě takového záběru. Tento stav se vyskytuje pouze v laboratorních podmínkách a reálnou snahou by tak mělo být spíše co největší přiblížení se tomuto stavu.

## 5.2 Kamerové systémy

Předkládaná diplomová práce není přímo zaměřena na komplexní návrh kamerového systému jako takového, protože tato problematika je natolik obsáhlá, že by bylo možné vytvoření samostatné práce na toto téma. Obsahuje proto pouze návrhy a doporučení na opatření, která jsou v rámci návrhu běžného kamerového systému spíše nestandardní. Vzhledem k tomu, že dílčím cílem této práce je navrhnout způsob zajištění objektu

kamerovým systémem pro získání kriminalisticky užitečného kinogramu a vzhledem k tomu, že kinogram je v podstatě série statických snímků, mohlo by jedním z návrhů být také rozšíření stávajícího kamerového systému nikoliv o kameru, ale pouze o fotoaparát, který by byl nastavený tak, aby v okamžiku pohybu osoby v jeho zorném poli pořídil sérii snímků po 0,04 sekundách, tak, jak bylo vysvětleno v předchozí kapitole, věnované kinogramu. Praktičtější se však jeví spíše použití kamery a z následného videozáznamu potřebné snímky extrahovat. Při identifikaci osob podle způsobu chůze je totiž nezbytný komplexní přístup a často i kombinace různých analytických metod. Videozáznam tak poskytuje mnohem větší soubor použitelných informací.

Předpokládám, že se v nejbližších několika letech nestane získávání kriminalisticky užitečného kinogramu hlavním předmětem zaměření kamerových systémů. Rozšíření povědomí o možnostech identifikace osob pomocí videozáznamu mezi projektanty a provozovatele kamerových systémů však považuji za velmi žádoucí stav a tato práce by k tomuto měla být přínosem. Opusťme teď myšlenku použití fotoaparátu a vraťme se k použití kamery a získání videozáznamu. V tomto případě bude totiž kromě specifických opatření nezbytné brát v úvahu existující legislativní a technické požadavky. Uvedu zde alespoň ty základní normativní předpisy, které se k problematice kamerových systémů vztahují a v případě zájmu o další informace, odkazují čtenáře na odbornou literaturu uvedenou v seznamu použité literatury.

### 5.2.1 Analogové a digitální kamerové systémy

Dnes máme na výběr obecně ze dvou druhů kamerových systémů. Prvním, zastaralejším druhem kamerového systému je systém analogový, druhým, modernějším je pak digitální, někdy označovaný jako IP nebo také síťový kamerový systém.

Analogové systémy používají analogové kamery se záznamem na digitální záznamové zařízení DVR (Digital Video Recorder). IP monitorovací systémy používají síťové kamery, IP infrastrukturu, servery, software, a síťové záznamové zařízení NVR (Network Video Recorder). Rozdíly jsou mimo jiné ve snímání obrazu, kdy analogové kamery jsou vytvořeny tak, aby jejich výstup, tedy obraz, mohl být přehráván na televizních monitorech, případně zaznamenán na DVR záznamové zařízení. Rozlišení analogové kamery je omezeno video formátem PAL, který definuje velikost snímku na 704 x 576 obrazových bodů. Analogové kamery snímá obraz ve dvou cyklech, kdy jsou střídavě snímány liché a sudé řádky obrazu. Mezi těmito snímky je časový posun a v případě

záznamu pohybujícího se objektu může dojít k rozmazání obrazu. Snímání provádí čip a digitální signál se musí převést na analogový, což může způsobit vznik zkreslení a zhoršení kvality obrazu. IP kamery jsou tedy digitální a jejich rozlišení v podstatě není nijak omezeno. Nejčastější rozlišení kamer je uváděno 1.3 MPix, 2.1 MPix, 3.1 MPix a 5 MPix. Kvalita obrazu je zde definována počtem odeslaných snímků za vteřinu a jejich rozlišením.

Pro přenos obrazu je možné vybírat opět ze dvou možností. U analogových kamerových systémů někdy označovaných jako CCTV (Closed Circuit Television), tedy uzavřený televizní okruh, je obraz převeden na napětí a proud. Tyto veličiny jsou následně změřeny a převedeny na informaci, kterou lze uložit na záznamové zařízení. Nevýhoda oproti IP technologii je zhoršení kvality při přenosu signálu na dlouhé vzdálenosti a také skutečnost, že každá kamera musí mít samostatné připojení k monitoru. IP kamery jsou připojeny do síťové infrastruktury a každé z těchto kamer je přiřazena vlastní adresa, pomocí které je možné připojení k této kameře přes Internet. Obrazová informace se přenáší podle pravidel definovaných síťovým IP protokolem v podobě datových bloků.

Zpracování a následné uložení dat je důležitým aspektem kamerového systému. Kamery mohou být připojeny přímo k monitorovacímu zařízení nebo k zařízení záznamovému, ze kterého je obraz až následně do monitoru přeposlán. Analogové systémy používají k uložení dat již zmiňované DVR zařízení, HDD nebo jiné záznamové médium, IP systémy používají síťová zařízení NVR.

IP kamerové systémy využívají pro svou funkci síťovou infrastrukturu a při realizaci rozsáhlejšího systému s více kamerami je nezbytné této infrastruktuře věnovat pozornost. IP kamery potřebují ke svému bezchybnému provozu stabilní a kontinuální datový přenos a v některých případech nebude možné jejich připojení ke stávající síti ve střeženém objektu. Bude muset být vytvořena síť zcela nová, nebo bude muset být ta stávající inovována. IP kamerové systémy jsou považovány za rychle se rozvíjející oblast CCTV a jejich rozvoj je spojený s technickým rozvojem výpočetní techniky a počítačových sítí obecně. [37]

Předpokládám, že se návrh kamerových systémů bude nadále ubírat směrem k IP technologiím a analogové systémy budou pomalu mizet. V dalších částech práce se proto zaměřím především na síťové kamerové systémy.

Dále uvedu pět nejdůležitějších hledisek a s nimi spojených legislativních úprav, které jsou pro oblast projektování IP CCTV v odborné literatuře zmiňovány. [38]

Jelikož se předpokládá u kamerového systému i záznam, je nutné nahlížet na problematiku projektování z hlediska ochrany osobních údajů. V ČR se tomuto tématu věnuje zákon č. 101/2000 sb. o ochraně osobních údajů a uvádí mimo jiné zásady pro provozování kamerového systému se záznamem obrazu. Záznamy z bezpečnostních kamer totiž mají povahu osobních údajů a musí s nimi být podle toho zacházeno.

Důležité je též hledisko živnostenského zákona č. 455/1991 Sb. CCTV kamerové systémy totiž patří do oblasti poplachových systémů a je proto povinná koncese na poskytování technických služeb k ochraně majetku a osob.

Jelikož dnes často dochází ke konvergenci kamerových systémů a prostředků informačních a komunikačních technologií, je nezbytné reagovat na nově vzniklé požadavky IP kamerových systémů. Rozvody IP CCTV řeší normy ČSN EN 50174 A ČSN EN 50173.

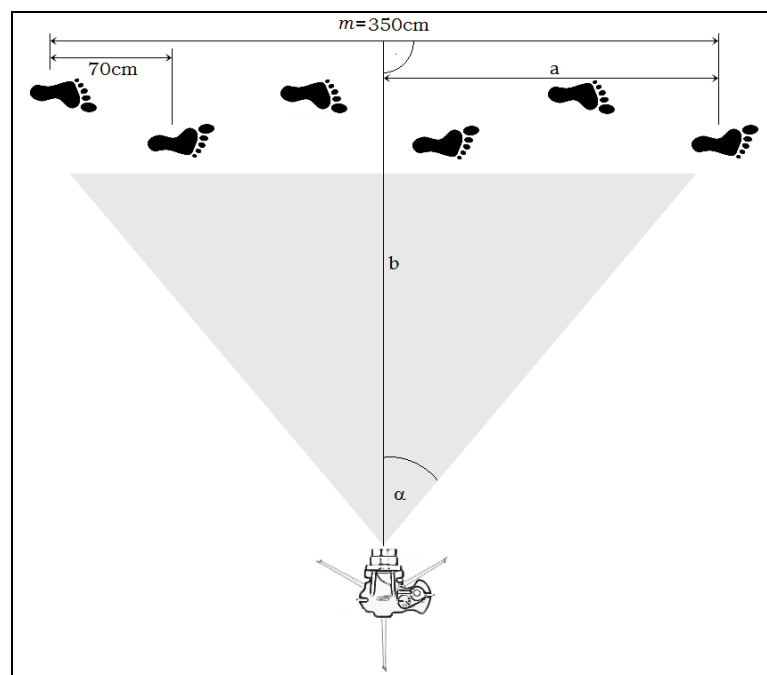
Dalšími hledisky jsou ochrana proti blesku a přepětí a také ochrana proti požáru. Co se ochrany proti blesku a přepětí týče, je nutné brát v potaz ČSN EN 62305 A ČSN EN 50310 ed.3. Pro zajištění ochrany proti požáru je nutné dodržet požadavky uvedené ve vyhlášce č. 23/2008 Sb. a také přidružené normě ČSN 7308xx.

I přes to, že je teoreticky možné pro identifikaci osob na základě způsobu jejich chůze zachycené na videozáznamu použít analogové kamery, doporučuji spíše instalaci IP CCTV systému.

### **5.2.2 Rozložení snímané scény**

Při standardním návrhu kamerového systému jsou, v závislosti na požadavcích, jednotlivé kamery instalovány nejčastěji na plášti chráněného objektu a sledují dění v jeho bezprostředním okolí. Případně jsou kamery instalovány ve vnitřních prostorech a zabezpečují monitoring dění uvnitř. V případě, že naším cílem jako projektanta kamerového systému bude získání záběru pohybujícího se pachatele z boční strany, musíme zvolit odlišný způsob uvažování než doposud. Obvykle je kamera umístěna takovým způsobem, že zaznamená pohybujícího se člověka zepředu a spíše zhora. Pro získání kinogramu nebo videozáznamu, ze kterého bude možné kinogram následně vytvořit, bude nutné umístit kameru na samostatný sloup nebo i jinou budovu, než je ta, kterou máme za úkol zabezpečit. Tyto kamery pak budou orientovány tak, aby zabíraly předpokládanou přístupovou cestu k chráněnému objektu. Tyto kamery budou spíše rozšířením nebo doplňkem standardně projektovaného kamerového systému takže ostatní

kamery budou umístěny tak jak je obvyklé. V odborné literatuře se můžeme setkat s informací prokázanou řadou měření, podle které je délka kroku v průměru 70cm. Identifikace osoby je teoreticky možná i z jednoho jediného kroku ale platí zde pravidlo, že více zaznamenaných kroků je vždy lepší než méně. V případě, že bychom chtěli nasnímat např. pět kroků, potřebovali bychom zabírat asi 350cm dlouhý úsek, ve kterém se bude podle našich předpokladů pohybovat identifikovaná osoba. Předpokládá se ideální stav, ve kterém pokaždé začne první fáze krokového cyklu na začátku snímané scény a krok každého člověka bude přesně 70cm. V praxi tak pro zaznamenání pěti kroků bude zapotřebí snímat mnohem větší prostor.



Obr. 24 Rozložení scény a vzdálenosti [11]

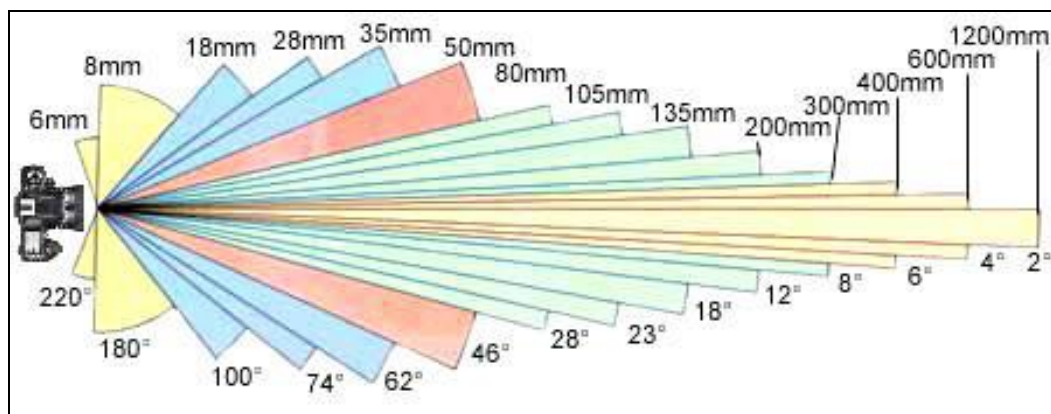
Na (Obr. 24) můžeme vidět rozložení scény pro záznam pěti kroků. Informace potřebné pro určení vzdálenosti kamery od místa, ve kterém chceme pořídít záznam chůze člověka, jsou ohnisková vzdálenost  $f$  a velikost snímacího čipu kamery  $d$ , z těchto hodnot vypočítáme zorný úhel  $\omega$  pomocí matematického vzorce. [11]

$$\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{d}{2f} \rightarrow \omega = 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{d}{2f} \dots \alpha = \frac{\omega}{2} \quad (5)$$

Z předešlé rovnice můžeme vypočítat vzdálenost  $b$  od trajektorie chůze  $m$  pomocí goniometrické funkce.

$$m = 2 \cdot a \rightarrow b = a \cdot \operatorname{cotg} \alpha \quad (6)$$





Obr. 25 Zorné úhly pro různé ohniskové vzdálenosti [11]

Na (Obr. 25) jsou znázorněny zorné úhly, které je možné zabírat, v závislosti na ohniskové vzdálenosti objektivu.

## 6 PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ

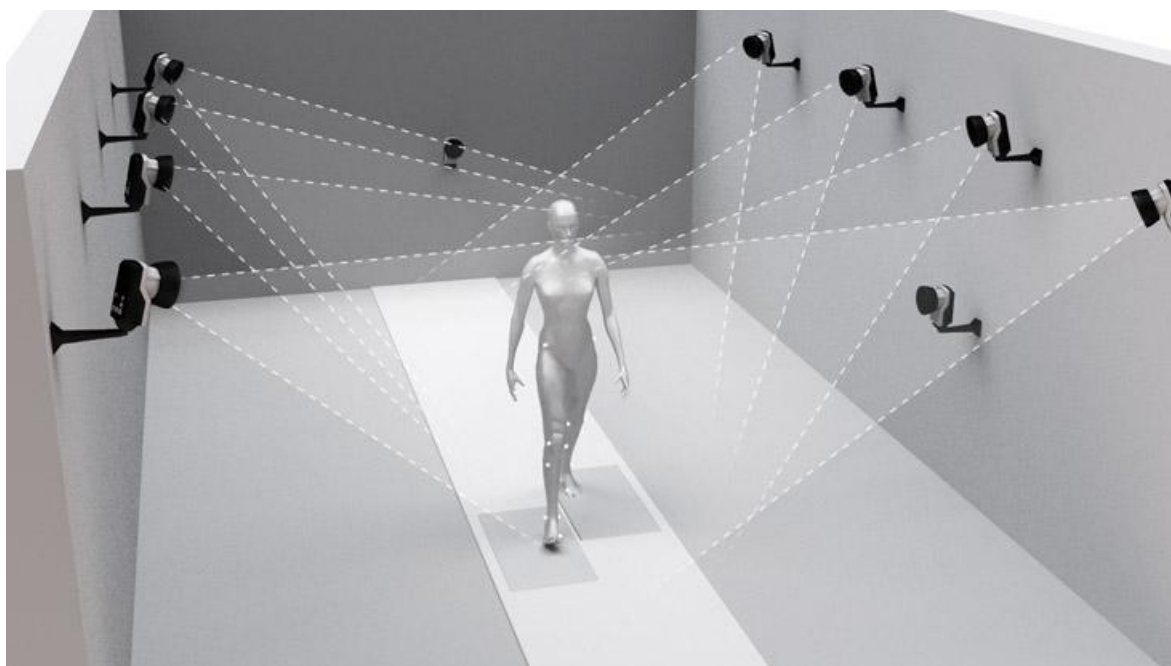
Identifikace pachatele trestné činnosti pomocí záznamů z videokamery, ale i jakoukoliv jinou metodou, bude bohužel s velkou mírou pravděpodobnosti potřebná stejně tak v budoucnu jako je tomu dnes, doufejme, že ne ještě více. Těžko je si v dnešním světě naplněném kriminalitou a teroristickými útoky všech možných rozsahů, představit také něco jiného. Proto se domnívám, že také budou stále existovat snahy o vytvoření rychlejších, přesnějších a ve všech dalších parametrech výkonnějších systémů, mechanismů, metod a zařízení, které budou schopny identifikaci člověka z videozáznamu jeho chůze provést. Je pouze otázkou několika málo let, než bude vytvořeno a důkladně otestováno automatické softwarové řešení identifikace osob podle způsobu chůze, které bude poskytovat dostatečně přesné výsledky.

Až bude takto přesný systém vytvořen, nebude představovat velký problém jeho implementace do kamerových systémů spojených mezi sebou prostřednictvím společné sítě. Dalším logickým krokem pak bude snaha o vytvoření databáze lidské chůze, na základě které bude možné nalezení konkrétní osoby v okamžiku, kdy se ocitne v zorném poli některé z propojených kamer, případně ze záznamu tak, jak jsou dnes porovnávány stopy DNA případně otisky prstů nalezené na místě činu.

Při tvorbě této práce jsem narazil i na předpoklad integrace takového automatizovaného systému do satelitů. Vzhledem k obrovskému technickému a technologickému pokroku, který lidstvo dosud urazilo a s vidinou dalšího, s touto možností také souhlasím. Další krok v této vývojové etapě by mohlo být propojení se všemi kamerami v mobilní síti. Z každého mobilního telefonu vybaveného kamerou by pak vzniklo vstupní zařízení pro vyhledávací systém. Samozřejmý je vývoj v oblasti výpočetní techniky, bez které se takto složitá činnost neobejde. V souvislosti s mobilními telefony je také možné uvažovat o identifikaci osob na základě jejich tváře, protože většina telefonů již dnes disponuje i kamerou na přední straně.

Jako další možný směr vývoje by mohlo být nasazení zařízení pracujícího na principu rentgenu, které by mohlo velmi přesně zaznamenat jednotlivé geometrické, kinematické nebo dynamické znaky každého člověka. Toto zařízení by bylo umístěno na frekventovaných místech, jako jsou letiště, nádraží, sportoviště, soudy, školy nebo objekty kritické infrastruktury.

Rovněž inspirace systémy pro záznam pohybu pro hry a filmy se speciálními efekty, které využívají záznam i z několika desítek kamer najednou ale i lékařský výzkum představují možný směr, kterým se identifikace osob podle chůze může ubírat. Již dnes existují databáze, které obsahují videozáznam chůze a data ze senzorů umístěných na podlaze, které snímají tlak způsobený chodidlem nebo jejich pozici, tato data je možné časově synchronizovat. Prostor, ve kterém by probíhala identifikace, by mohl vypadat obdobným způsobem jako na následujícím obrázku. (Obr. 26)



Obr. 26 Vizualizace prostoru pro identifikaci osob [39]

Společnost Qualisys, od které byla vizualizace převzata, většinou používá pro analýzu chůze 8-12 kamer a prostor, který tyto kamery snímají má rozměry 4 x 1.5 x 2 m (délka x šířka x výška) To představuje prostor, který v případě přihlednutí k řešené problematice může být vytvořen téměř kdekoliv. Pohyb je však zaznamenáván pomocí značek umístěných na těle, takže je samozřejmě nutné nejprve vyvinout dostatečně přesný systém snímání pohybu bez značek tzv. markerless. Uváděná frekvence snímání je 180 Hz a rozlišení kamer je většinou 4 MP, případně je možné použít i jiné parametry. [39]

Systém, který bude pracovat bez reflexních značek, tak předpokládám, bude muset disponovat alespoň srovnatelnými parametry, ne-li mnohem většími.

Existuje samozřejmě celá řada systémů, které se s úspěchem pro záznam a analýzu pohybu v ČR i ve světě používají a mohou mít odlišné vlastnosti.

Metody snímání pohybu bez značek umístěných na těle jsou již dnes vytvořeny a s úspěchem využívány převážně v zábavním průmyslu. Jejich použití pro bezpečnostně-komerční případně policejně-soudní účely je však stále pouze předpokládaný vývoj.

Tyto metody jsou prozatím použitelné pouze ve vnitřních prostorech s odpovídající úrovní osvětlení a limitovaný počet osob pohybujících se v záběru. Výzvou tak do budoucna bude vytvoření systému použitelného i v prostředí venkovním, kde se předpokládá jak pohyb mnoha osob najednou tak proměnlivost světelných podmínek.

## ZÁVĚR

Po zpracování této diplomové práce a studiu teoretických podkladů můžeme vyslovit tyto závěry a poznatky.

Dnes se velmi často setkáváme se situací, při které je trestný čin nebo jiné protiprávní jednání zaznamenáno bezpečnostní kamerou. Tento záznam je pak možné použít při následném vyšetřování tohoto činu a kriminalistům může poskytnout značné množství informací o způsobu jednání pachatele a průběhu celého incidentu. V některých případech je možné poznat konkrétní osobu zachycenou na záznamu i bez využití speciálních metod pouze pohledem. To v případě, kdy byl záznam pořízen kamerovou technikou s odpovídající kvalitou, pachatel nebyl maskovaný, takže byl zřetelně viditelný jeho obličej nebo jsou na záznamu zachyceny jiné druhy informací, na základě kterých je možné proces kriminalistické identifikace uskutečnit.

Před pár lety se o identifikaci osob podle chůze mluvilo pouze jako o teoretickém problému, později byl zahájen seriózní výzkum v této oblasti a dnes již máme ověřenou a v praxi využitelnou metodu. I přes fakt, že již bylo vytvořeno několik výpočetních algoritmů a programů, jejichž účelem bylo identifikaci z kamerového záznamu provést, nedosahují dostatečné přesnosti, aby mohly být nasazeny v plně automatickém provozu a poskytovaly kriminalisticky relevantní a užitečné výstupy. Až se někomu podaří takovýto program vytvořit, způsobí to obrovský skok v možnostech identifikace osob.

Hlavním cílem práce bylo poskytnout čtenáři popis dynamického stereotypu lokomoce člověka, seznámit jej s možnostmi identifikace osob z videozáznamu pořízeného bezpečnostní kamerou a navrhnout, jak zajistit objekty podniky PKB z hlediska nasazení kamerové techniky pro získání kriminalisticky užitého kinogramu. Jako dílčí cíl jsem si stanovil získat teoretické poznatky o možnostech biometrické identifikace osob a zpracovat předpokládaný vývoj řešeného problému.

Odpovědí na stanovené cíle diplomové práce je návrh postupu při instalaci kamerového systému, který povede k získání videozáznamu pohybu pachatele na místě činu z boční strany. Tento záznam by měl co nejvíce odpovídat laboratorním podmínkám, ve kterých jsou metody identifikace testovány a měl by být co možná nejkvalitnější, aby bylo možné přesné určení důležitých sledovaných částí těla.

Problematika řešená v této práci je dle mého názoru velmi zajímavá a stále pokračuje výzkum v této oblasti. Pokládám za důležité vytvářet práce podobné koncepce jako je tato, které přispějí ke všeobecné informovanosti o moderních trendech v možnostech identifikace i maskovaného pachatele a v ucelené formě poskytne potřebné teoretické informace. Díky poznatkům získaných z této práce je možné modifikovat návrh kamerových systémů projektantem do takové podoby, která zajistí kriminalistům použitelné informace, které by ze standardně koncipovaného kamerového systému nezískali.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] RAK, Roman, MATYÁŠ, Václav, ŘÍHA, Zdeněk a kolektiv. *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. 1. Vyd. Praha: Grada Publishing, 2008. 631 s. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [2] PORADA, Viktor. *Kriminalistika: (teorie, metody, metodologie)*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2014, 459 s. ISBN 978-80-7380-490-9.
- [3] PORADA, Viktor. *Kriminalistické, forenzní a právní souvislosti identifikace osob podle funkčních a dynamických znaků*. 1. Vyd. Praha: Vysoká škola Karlovy Vary, 2010, 174 s. ISBN 978-80-87236-02-4.
- [4] PORADA, Viktor, STRAUS, Jiří. *Kriminalistika: (výzkum, pokroky, perspektivy)*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2013, 699 s. ISBN 978-80-7380-477-0.
- [5] PORADA, Viktor, ŠIMŠÍK, Dušan. *Identifikace osob podle dynamického stereotypu chůze*. Karlovy Vary: Vysoká škola Karlovy Vary, 2010, 311 s. ISBN 978-80-87236-01-7.
- [6] VACH, Martin. *Historie biometrik a jejich využití ve výpočetní technice* [online]. 2003 [cit. 2015-04-08]. Historie biometrik a jejich využití ve výpočetní technice. Dostupné z: [http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xvach\\_biometriky.htm](http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xvach_biometriky.htm)
- [7] Ekey biometric systems: Co je biometrie?. [online]. [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.ekey.net/co-je-biometrie>
- [8] *Nový akademický slovník cizích slov A-Ž*. 1. Vyd. Praha: Academia, 2005, 879 s. ISBN 80-200-1351-2.
- [9] STRAUS, Jiří. *Kriminalistické stopy s biomechanickým obsahem: kriminalistické stopy odrážející funkční a dynamické vlastnosti a návyky působícího objektu*. 1. Vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 2001, 117 s.
- [10] BERNACÍKOVÁ, Martina, M. KALICHOVÁ a L. BERÁNKOVÁ. FAKULTA SPORTOVNÍCH STUDIÍ MASARYKOVI UNIVERZITY. *Základy sportovní kineziologie: Lokomoce člověka* [online]. 2010 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/lokomoce.html>
- [11] KRZYŽANEK, J. *Identifikace osob pomocí bipedální lokomoce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 65s. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Horák, Ph.D.
- [12] Army Reveals Afghan Biometric ID Plan; Millions Scanned, Carded by May [online]. 2010 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://www.wired.com/2010/09/afghan-biometric-drag-net-could-snap-millions/>

- [13] Security Revue. *Close circuit television cameras surveillance and biometric identification system* [online]. 2011 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.securityrevue.com/article/2011/01/close-circuit-television-cameras-surveillance-and-biometric-identification-system/>
- [14] Herta security. The 'B side' of biometrics [online]. 2012 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.hertasecurity.com/en/the-b-side-of-biometrics/553>
- [15] eForensics magazine. Biometric Facial Recognition Database Systems [online]. 2014 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://eforensicsmag.com/biometric-facial-recognition-database-systems/>
- [16] Ministerstvo vnitra ČR. Kriminalistika-Identifikace osoby na základě tvaru ucha a jeho otisků II [online]. 2008 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/kriminalistika/2004/0402/ident\\_info.html](http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/kriminalistika/2004/0402/ident_info.html)
- [17] Společnost pro kriminalistiku. Papilární linie, obrazce a markanty [online]. 2010 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/63066/pravf\\_b/63066\\_Radim\\_Houser\\_Bakalarska\\_prace\\_casn6.txt](https://is.muni.cz/th/63066/pravf_b/63066_Radim_Houser_Bakalarska_prace_casn6.txt)
- [18] Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. STRaDe - Security Technology and Development - Snímání geometrie ruky [online]. 2009 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://strade.fit.vutbr.cz/biometrie/snimani-geometrie-ruky.html>
- [19] DOBIÁŠ, Richard; HIRŠ, Petr. BIOMETRIE - Technologie žil hřbetu/dlaně ruky [online]. 2006 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://bio.sonixdesign.net/snimky/snimek2.html>
- [20] Identifikace osob podle ručního písma. [online] [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://ninuska.mistecko.cz/temata/identifikace-osob-podle-rucniho>
- [21] KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. Vyd. 3. Praha: Galén, 2011, 235 s. ISBN 978-80-7262-618-2.
- [22] TREW, M., EVERETT. T *Human movement, an introductory text*. New York: Churchill Livingstone // Hausdorff, J. M. 2005
- [23] MARIGOLD, D. PATLA, S., *Gait and Posture* 2008 Volume 27, Issue 4, Pages 539-722
- [24] MASANI, K et al. *J Appl Physiol*, 2002
- [25] BILNEY, B. et al. *Gait and Posture*, 2003



- [26] Ministerstvo vnitra České republiky. Zkušenosti ze znalecké praxe ve forenzní biomechanice [online]. 2008 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/zkusenosti-ze-znalecke-praxe-ve-forezní-biomechanice.aspx>
- [27] Základy sportovní kineziologie. Lokomoce [online]. 2010 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/lokomoce.html>
- [28] JOHANSSON, G.: Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and Psychophysics*, 1973, 14(2), p. 201-211.
- [29] ABDELKADER, C.B Gait as a biometric for person identification in video sequences. Technical Report, University of Maryland Computer Science Department, 2001
- [30] NIXON, M.S., CARTER, J.N., NASH, J.M., HUANG, P.S., CUNADO, D. and STEVANGE, S.V. : Automatic gait recognition. In *Proceedings IEEE Colloquium Motion Analysis and Tracking*.
- [31] PATTON, James. *Gait Section, PartB, Kinesiology* [online]. 2002 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: [http://www.smpp.northwestern.edu/~jim/kinesiology/partB\\_GaitMechanics.ppt.pdf](http://www.smpp.northwestern.edu/~jim/kinesiology/partB_GaitMechanics.ppt.pdf)
- [32] STRAUS, J. JONÁK, J., Je možné identifikovat osobu podle pohybového projevu lokomoce? *Policajná teória a prax*, č. 3/2005
- [33] HALADOVÁ, E., NECHVÁTALOVÁ, L., *Vyšetřovací metody hybného systému*, Institut pro další vzdělání pracovníků ve zdravotnictví Brno, 1997, 137 s., ISBN 80-7013-237-X
- [34] GOFFREDO, M; CARTER, J. N.; NIXON, M. S. Front-view Gait Recognition. In *IEEE 2nd International Conference on Biometrics: Theory, Applications and System (BTAS 08)*, ct. 1. Washington D.C. 2008
- [35] *Slovník cizích slov.net* [online]. [cit. 2015-03-05] Dostupné z: <http://www.slovník-cizích-slov.net/kinogram/>
- [36] Hyde Park, Kriminálníisté dokáží identifikovat pachatele podle způsobu chůze [online]. 2012 [cit. 2015-03-05] Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/exkluzivne-na-ct24/198912-kriminaliste-dokazi-identifikovat-pachatele-podle-zpusobu-chuze/>
- [37] Klimatron servis s.r.o. IP vs. Analog [online]. 2011 [cit. 2015-04-05] Dostupné z: <http://www.cctv-kamerove-systemy.cz/ip-vs-analog/> IP vs. Analog
- [38] RANDA, Michal, VOMÁČKA, Jaromír, MIKULA, Tomáš a VIENER, Zdeněk. *ORSEC. IP CCTV Guideline - Průvodce návrhem síťového videa*. Calamarus, s.r.o., 2011.
- [39] Qualisys, Motion Capture Systems [online]. 2013 [cit. 2015-04-05] Dostupné z: <http://www.qualisys.com/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PKB	Průmysl komerční bezpečnosti
DNA	Deoxyribonucleid Acid
FAR	False Acceptance Rate
FRR	False Rejection Rate
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
CCD	Charge-coupled device
NIR	Near Infra Red
IR	Infra Red
ČR	Česká republika
CNS	Centrální nervová soustava
IP	Internet Protocol
CCTV	Closed Circuit Television
DARPA	Defense Advance Research Project Agency
DVR	Digital Video Recorder
NVR	Network Video Recorder
HDD	Hard Disk Drive

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Snímání sítnice a algoritmus zpracování snímku .....	23
Obr. 2 Cévy oční sítnice .....	24
Obr. 3 Sledované body na obličeji.....	25
Obr. 4 Základní markanty ucha a udávané geometrické charakteristiky.....	26
Obr. 5 Některé sledované markanty papilárních linií .....	26
Obr. 6 Rozložení prstů ruky při snímání.....	27
Obr. 7 Hřbet ruky ve viditelném a infračerveném světle.....	28
Obr. 8 Ukázka analýzy rukopisu.....	31
Obr. 9 Kritéria hodnocení biometrických technologií .....	33
Obr. 10 Časový vztah mezi fázemi chůze.....	40
Obr. 11 Detail chodidla v jednotlivých fázích chůze.....	41
Obr. 12 Zjednodušený pohled na pohyb těžiště těla při chůzi.....	49
Obr. 13 Ohyb (flexe a extenze) kloubu kyčelního.....	51
Obr. 14 Ohyb kloubu kolenního .....	51
Obr. 15 Ohyb kloubu hlezenního.....	51
Obr. 16 Modely lidského těla: drátěný, cylindrický, oválný .....	52
Obr. 17 Fázové pohyby siluety chodce.....	53
Obr. 18 Proces vytváření délky kontury .....	54
Obr. 19 Blokové schéma postupu .....	56
Obr. 20 Ukázka objemu chůze dvou subjektů a vytvořeného podpisu.....	56
Obr. 21 Trajektorie dvou osob (vlastní zpracování) .....	58
Obr. 22 Složení obou záznamů (vlastní zpracování) .....	58
Obr. 23 Ukázka kinogramu.....	60
Obr. 24 Rozložení scény a vzdálenosti .....	64
Obr. 25 Zorné úhly pro různé ohniskové vzdálenosti.....	65
Obr. 26 Vizualizace prostoru pro identifikaci osob.....	67

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Biometrické metody a extrahované markanty .....	32
Tab. 2 Základní biometrické metody a jejich charakteristiky .....	35

## SEZNAM PŘÍLOH

P1 - Sledované charakteristiky biometrické identifikace a verifikace

## PŘÍLOHA P I: SLEDOVANÉ CHARAKTERISTIKY BIOMETRICKÉ IDENTIFIKACE A VERIFIKACE

Sledovaná charakteristika	Biometrická identifikace a verifikace	
	Bezpečnostně komerční	Policejně soudní (forezní)
Rozlišovací schopnost metody	Nižší rozlišovací schopnost 1:10 <sup>4</sup> až 10 <sup>6</sup>	Vysoká rozlišovací schopnost 1:10 <sup>7</sup> až 10 <sup>9</sup>
Automatizace	Úplná	Vysoká, ale pouze podprůměrná role
Identifikační nebo verifikační závěr realizován	Zcela automaticky biometrickým zařízením, aplikací	Silná podpora automatizovaných prostředků, ale rozhodující závěr je vyslovován certifikovanými, nezávislými soudními znalci.
V praxi převládá	Verifikace nad identifikací	Identifikace nad verifikací.
Chybné ztotožnění (v bezpečnostně komerčních aplikacích odmítnutí) registrované osoby znamená : (vztahuje se na FRR)	Nespokojený registrovaný (oprávněný uživatel), protože nebyl zařízením, aplikací korektně rozpoznán a musí opakovat identifikační/verifikační proces. Nízký uživatelský komfort. Nedůvěra uživatele v danou biometrickou metodu nebo zařízení	Podezřelá osoba, nebo pachatel trestného činu, který má již záznam v policejně soudní evidenci biometrických vzorků, absolutně uniká z dosahu činnosti policejně-soudních orgánů, spravedlnosti. Spokojený pachatel, nespokojené orgány činné v trestním řízení. Vyšetřování je svedeno špatným směrem. Vzniklou chybu lze zpravidla těžko nalézt a následně odstranit.
Chybné ztotožnění (v bezpečnostně komerčních aplikacích přijetí) registrované osoby znamená : (vztahuje se na FAR)	Spokojená je (z pohledu bezpečnostně-komerčních aplikací neoprávněná) osoba, které byly omylem přidělena práva (přístupu, funkcionality atd.), jež jí nepřísluší. Tato osoba se zpravidla určitým způsobem snaží poškodit chráněný objekt.	Pověřená osoba je chybně zaměřena se zcela jinou osobou, která má již policejně-soudní záznam. Pro orgány činné v trestním řízení je nutno si uvědomit tuto skutečnost a provést další kroky, aby bylo vyvráceno falešné obvinění nevinné osoby. Zvýšení nákladů na

	Nespokojený uživatel, který může utrpět průnikem cizí osoby do chráněného objektu škody i značného rozsahu (vyčíslitelné i nevyčíslitelné).	proces vyšetřování a dokazování trestného činu. Velice nespokojená nevinná osoba. Chybu lze s vynaložením značného úsilí následně nalézt a opravit.
Ukládání referenčních šablon do databáze	Pouze známých osob, tj. osoby jsou seznámeny s touto skutečností.	Známých osob, ale i osob neznámých (biometrické stopy z místa neobjasněných trestných činů) s cílem jejich pozdější identifikace („určení jejich majitele“) nebo alespoň k dokazování souvislosti (identičnosti) stop z různých míst trestných činů.
Možnost opětovného sejmutí vzorky	Prvotní zavádění (enrollement) biometrických dat do databáze lze opakovat, je-li jejich kvalita nedostačující.	V případě stop, nalezených na místě trestných činů nelze zvyšovat kvalitu jejich novým pořizováním. Původce stopy je neznámý. Stopy jsou buď vyhovující (mají požadovanou nebo přijatelnou kvalitu) nebo zcela nevyhovující pro další zpracování.
Ukládání biometrických vzorků a referenčních šablon do databáze	V databázi se pro porovnávací účely zpravidla uchovávají pouze referenční šablony.	Kromě samotných referenčních šablon se u některých metod uchovávají i původní biometrické vzorky (např. otisky prstů). Důvodem je možnost regenerování nových referenčních šablon z originálních vzorků pomocí dokonalejších metod a algoritmů v případě migrace informačního systému na modernější, efektivnější verzi, které vyžadují generačně zcela nový typ biometrických šablon.

Doba zpracování	Řádově sekundy. Důležitou roli hraje akceptovatelnost doby zpracování uživateli a provozovateli.	Není až tak rozhodující. Vteřiny až dny (např. u analýzy DNA).
Akceptovatelnost použití	Nezávislými, posuzovatelskými institucemi, provozovateli, uživateli.	Státem, policejně-soudní teorií a praxí.
Právní regulace používání biometrických aplikací	Nutný souhlas osoby, která používá danou metodu, zařízení - interní směrnice, podnikové normy apod., které musí být v souladu s národní legislativou (pokud pro tuto oblast existuje).	Vždy zakotveno v národní legislativě.
Státní dozor	Spíše ne.	Ano, vždy.