

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 18: Informatika

Vytvoření podvrhů 2D/3D obličeje

Natálie Kučerová
Jihomoravský kraj

Brno 2020

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 18: Informatika

Vytvoření podvrhů 2D/3D obličeje

Development of a 2D/3D face

Autor: Natálie Kučerová

Škola: Gymnázium Brno, Křenová, příspěvková organizace, Křenová
304/36, 602 00 Brno-střed-Trnitá

Kraj: Jihomoravský

Konzultant: Ing. Tomáš Goldmann

Brno 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Brně dne 13.2.2020

Natálie Kučerová

Poděkování

Při tvorbě mé práce mi pomáhal Ing. Tomáš Goldmann, a proto bych mu chtěla tímto krátkým odstavcem poděkovat za odborné vedení mé práce, za ochotu a čas, který mi věnoval. Velké díky mu patří za pomoc a cenné rady. Dále také za poskytnutou literaturu a konzultace k této práci.

Další mé poděkování náleží JCMM za poskytnutí příležitosti tuto práci zrealizovat. Také za finanční podporu k mému tématu, bez které by se má práce neobešla.



Obr. 1: Logo soutěže Středoškolská odborná činnost

Anotace

Hlavním cílem praktické části mé SOČ práce bylo vytvořit falsifikát tváře pro autentizaci osoby podle 2D a 3D obličeje. Testování falsifikátu probíhalo na dvou vybraných skenerech. Celé zkoumání mělo více částí, ve kterých jsem použila různé metody pro zkoumání obličeje. Falsifikát, zaregistrovaný v systému skeneru, jsem dotvarovala nebo zakrývala některé jeho části a sledovala při jakých změnám skener bude reagovat. Všechny získané výsledky mi pomohli, abych se více seznámila s problematikou nedokonalosti některých skenerů, jejich funkcí, a abych se blíže obeznámila s tímto rozsáhlým tématem.

Klíčová slova

3D snímek, 2D snímek, obličej, antropometrie, spoofing

Annotation

The main objective of my practical part of my SOČ work was to create a falsified face for the person authentication according to 2D and 3D face. Falsification testing was performed on two selected scanners. This whole work had several parts in which I used different facial scanning and examination. Falsified, registered in the scanner system, I crept or covered some of its parts and investigated what changes the scanner will react. All the results have helped me to get to know more about some of the scanners' imperfections, their functions, and to get a closer look at this extensive topic.

Keywords

3D photo, 2D photo, face, anthropometry, spoofing

Obsah

Obsah	6
Úvod.....	7
1 Biometrie	8
2 Obličej.....	10
2.1 Fyziologie obličeje.....	10
2.1.1 Antropometrické body	10
2.1.2 Rozdíly mezi rasami	12
3 Rozpoznávání podle obličeje	14
3.1 Rozpoznávání na základě 2D snímků	14
3.2 Rozpoznávání na základě 3D snímků	16
3.3 Využití v praxi	20
3.3.1 Kriminalistika	20
3.3.2 Medicína	21
4 Spoofing.....	24
5 Vytváření 3D podvrhů	26
5.1 Modelování obličeje	26
5.2 Experimentální zjištění signifikantních rysů obličeje pro rozpoznávání.....	28
5.3 Vliv změny rysů modelu na rozpoznávání	29
5.4 Realistické znázornění obličeje na 3D model.....	31
6 Vytváření 2D podvrhů	32
6.1 Postup práce	32
7 Závěr	34
8 Diskuze	35
9 Seznam použitých zdrojů.....	36
10 Seznam obrázků.....	38
11 Seznam tabulek.....	39

ÚVOD

Cílem této práce je seznámit se s hlavními aspekty týkající se vědy biometrie a jejich základních rysů. Prvním velice důležitým tématem jsou biometrické systémy, které umožňují rozpoznávat osoby na základě jejich vzhledu nebo hlasu. Toto rozpoznávání osob je známo už z dávných dob. První zmínky o biometrii pochází z Číny ze 14. století, avšak jedná se o důkazy nepřímé, protože se dochovaly například jen otisky prstů na keramice. První prokazatelné zmínky o použití biometrie pramení z 19. století, kdy anglický guvernér William James Herschel začal používat otisky prstů svých zaměstnanců pro potvrzení jejich identity. [1]

Obličej, jeho zkoumání, hlavní rysy obličeje u různých ras nebo také důležité body na obličejích je také jedno z hlavních témat této práce. Každý z nás používá obličej jako hlavní faktor pro rozpoznávání jiných osob. Charakteristické vlastnosti obličeje v biometrii mají jedno z nejvýznamnějších postavení, a proto jsou každoročně publikovány stovky článků, které se na tento obor zaměřují. [1]

Ve své SOČ práci jsem se zabývala podvrhy 2D a 3D obličejů. Mým cílem bylo zjistit, na jaké změny na obličejích bude reagovat 3D skener. Toto zkoumání bylo rozděleno na tři části. V první části jsem si již namodelovaný obličej rozvrhla na osm celků. Tyto celky jsem postupně zakrývala papírem a zkoumala, jaké části obličeje skener nepotřebuje, aby obličej stále rozeznal. V druhé části jsem na tom stejném modelu prováděla změny tak, že jsem domodelovávala části obličeje a pozorovala, jestli i s těmito změnami skener obličej stále pozná jako ten původní. Těchto změn jsem provedla několik. A v poslední části práce jsem se snažila napodobit obličej mému reálnému tak, že jsem vytiskla části obličeje a zkoumala, jestli skener obličej rozezná jako reálný. U 2D podvrhů jsem pracovala s vytisknutou fotografií a programem MegaMatcher. Zkoumala jsem jaká bude shoda mezi skutečným obličejem a fotografií.

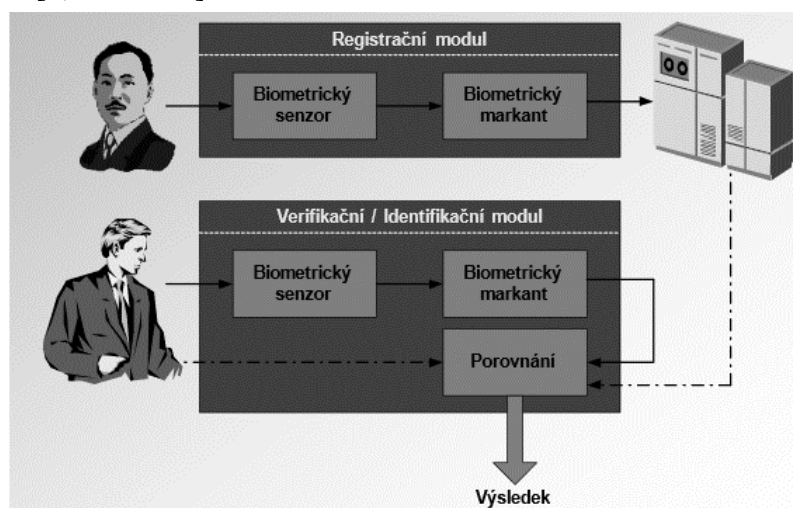
1 BIOMETRIE

Biometrie je věda, která se zabývá rozpoznáváním lidských jedinců podle jejich biometrických charakteristických rysů, například obličeje, otisků prstů, sítnice nebo duhovky, což jsou tzv. anatomické rysy. Dále existují i rysy behaviorální, například hlas nebo řeč, chůze, mimika obličeje, ale také podpis či síla stisku klávesy. [1, strana 13]

U vlastností anatomických máme jeden pevný znak daný konkrétní biometrickou vlastností. Tato vlastnost se vyskytuje vždy a není lehce ovlivnitelná. Těto metodě se také říká statická. [1, strana 17]

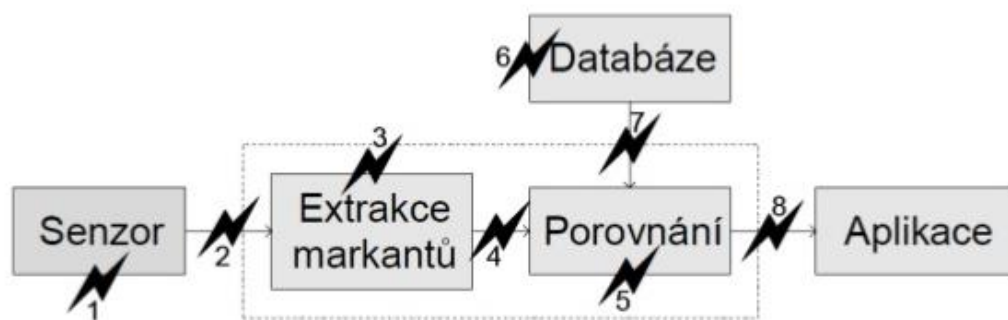
Behaviorální vlastnosti jsou u různých jedinců odlišné, jsou spojeny s různými činy člověka. Narozdíl od statické metody je tahle velice snadno ovlivnitelná. Zkoumání dané biometrické vlastnosti velice často vede k „odlišnému souboru biometrických vzorků, což je způsobeno vnitrotřídní variabilitou.“ Těto metodě se také říká dynamická. [1, strana 17]

Na tomto principu pracují biometrické systémy, které lze také rozdělit do dvou kategorií: modul registrační a modul verifikační neboli identifikační. Tyto moduly lze vidět na Obrázku 1. „Oba obsahují biometrický senzor, který slouží k získání biometrického vzorku a následnému přenesení do digitální podoby.“ Pro moduly také platí, že mají společnou věc, což je biometrický markant. „Biometrický markant jsou extrahované rysy z biometrického vzorku na vstupu.“ Pro modul registrační platí, že tyto biometrické rysy jsou uloženy v databázi, protože v tomto modulu je „biometrická informace registrována“. Modul verifikační koná totéž, co modul registrační. Výjimkou však je, že tento modul „neukládá biometrické rysy do databáze, nýbrž data z databáze pouze načítá, aby aktuální biometrické rysy mohl s údaji v databázi porovnat“. Po srovnání s databází dostaneme výsledek. Výsledek však závisí na nalezení či nenalezení shody a případném operačním módu. [1, strana 15]



Obr. 2: Biometrický systém

Všechny biometrické systémy mají také své nevýhody. Systémy se dají lehce zmanipulovat. Na Obrázku 3 můžeme vidět několik způsobů, jak tyto podvody udělat. 1. Imitace biometrických vlastností (např. umělý falešný prst), Obrázek nám ukazuje, že tato chyba probíhá už na senzoru – 2. Komunikace mezi senzorem a extraktorem markantů může být napadena metodou replikace starých dat – 3. Samotný extraktor může být modifikován (jeho funkční princip) – 4. Komunikace mezi extraktorem markantů a porovnávací jednotkou může být zmanipulována vložením syntetického vektoru rysů, který byl například odchyten při dřívější komunikaci – 5. Může dojít ke změně porovnání výsledků – 6. Podvržen může být výsledek, který je zasílán aplikací, která si výsledek porovnání vyžádala – 7. Kanál mezi databází a porovnávací jednotkou může být blokován – 8. Výsledek porovnávání může být pozměněn. [1, strana 15-16]



Obr. 3: Chyby biometrického systému

2 OBLIČEJ

Obličej se řadí mezi nejzajímavější rysy člověka. Každý z nás má obličej zcela odlišný. Pomocí obličejů rozeznáváme každý den mnoho různých osob, což je pro lidského jedince nejběžnější prostředek pro identifikaci. Tohle rozpoznávání provádíme nepřetržitě s velkou spolehlivostí a přirozeností. Obličej také obsahuje velké množství specifických znaků, které se navzájem od sebe odlišují. [1, strana 153]

Lidský obličej je velice proměnlivý. „To je způsobeno mnoha vlivy“. Mimika obličejů hraje velkou roli, protože se díky ní může snímáný obrázek velice měnit. Nejvíce se liší „oblast kolem úst, očí, obočí a čela“. Změna účesu či vousů také dokáže proměnit vzhled jedince. Vnější předměty jako jsou „brýle, pokrývka hlavy či další věci také velkou měrou přispívají na vnitrotřídní variabilitu“. Avšak jevem, který není dosud více prozkoumán, je stárnutí. Může to být také proto, že „časové období mezi jednotlivými snímáními není dost dlouhé, aby se tyhle dlouhotrvající změny projevíly“. [1, strana 154]

2.1 Fyziologie obličejů

2.1.1 Antropometrické body

Antropometrie je věda zabývající se lidským tělem a jeho částmi. Antropometrické body jsou body na hlavě, trupu a končetinách. „Jejich umístění bylo stanoveno mezinárodní dohodou.“ Z hlediska této práce jsou podstatné antropometrické body v obličejové části hlavy. Pozice těchto bodů je jedním z nejdůležitějších faktorů při rozpoznávání osob podle obličejů. Při různých změnách těchto bodů reagují různé skenery a 3D snímače. [2]

Hlava obsahuje více míst, kde se tyto body nachází. Jsou to oči, ústa, uši, nos a obličejová část. Všechny tyto body jsou znázorněny na Obrázku 3 a 4 v přesném místě, kde je normálně nalezneme.

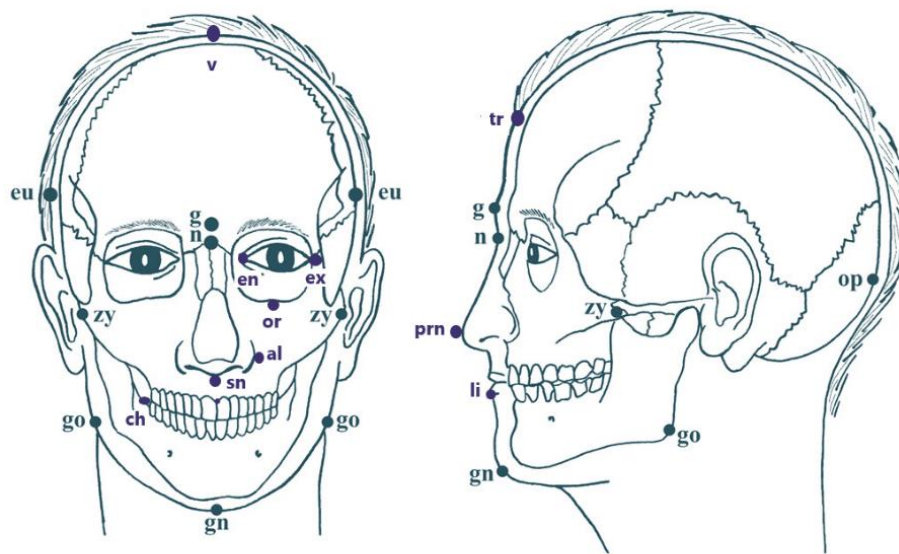
Na obličejích jsou to body: „Glabella(g) – tento bod se nachází nad horním kořenem nosu, ve střední rovině mezi obočím; Vertex(v) – bod na temeni lebky, který je nejvíce nahoře; Opsthocranion(op) – bod na týle lebky, v mediální rovině; Euryot(eu) – bod ležící nejvíce laterálně; Trichion(tr) – bod ležící na vlasové hranici, většinou se tenhle bod mění; Gnathion(gn) – bod ležící v mediální rovině, položený nejvíce dole na bradě; Gonion(go) – bod ležící na úhlu čelisti; Zygion(zy) – bod ležící na jařmovém oblouku, stanoví se při měření největší šířky obličejů.“ [3]

Na nose jsou to: „Nasion(n) – bod ležící na kořenu nosu; Subnasale(sn) – bod ležící pod horní přepážkou nad horním rtem; Pronasale(prn) – bod ležící na hrotu nosu, nejvíce vepředu; Alare(al) – bod ležící vedle nosních dírek, zjišťuje se při měření šířky nosu.“ [3]

Tyhle body máme také kolem úst a to: „Prosthion(pr) – bod mezi horními řezáky u dásní; Stomion(sto) – při zavřených ústech leží tento bod v mediální rovině v průsečíku ústní štěrbiny; Labrale inferius(li) – bod ležící v mediální rovině na spodní hranici dolního rtu; Cheilion(ch) – bod ležící v koutku na spojnici spodního a dolního rtu.“ [3]

V oblasti oka jsou to body: „Entokanthion(en) – tento bod se nachází ve vnitřním koutku oka, kde se stýkají obě víčka (u slzného kanálku); Ektokanthion(ex) – nachází se na boční straně oka, kde se stýkají obě víčka; Orbitale(or) – nejnižší bod na okraji očníce.“ [3]

Na uchu jsou to body: Otobasion superius(obs) – bod v místě úponu ušního boltce; Otobasion inferius(obi) – bod, kde se ušní lalůček připojuje ke kůži tváře; Supraaurale(sa) – bod na okraji helixu, při poloze hlavy v orientační poloze se nachází nejvíce nahoře; Subaurale(sba) – bod na ušním lalůčku, nejvíce dole; Praeaurale(pra) – bod, který leží na spojnici obs a obi; Postaurale(pa) – bod ležící na zadním okraji helixu, nejvíce vzadu; Tuberculare(tu) – bod na hrotu ucha, jeho ztluštění je tzv. Darwinův hrbolek, což je výstupek na ušním boltci, ale není však vytvořen u všech lidských jedinců.“ [3]



Obr. 4: Antropometrické body na hlavě



Obr. 5: Antropometrické body na uchu

2.1.2 Rozdíly mezi rasami

„Rasa je geneticky příbuzná skupina jedinců, které se projevují určitou shodou četných fyzických znaků.“ Každý člověk je svým způsobem jedinečný. Na Zemi nenajdeme dva lidi, kteří by byli totožní. Lidé v dnešní době mají tři druhy pleti „bílou“, „žlutohnědou“ a „černou“. Další rozdíly mohou být tvar i „barva očí, vlasů, ale i stavbu těla (výška, tvar hlavy nebo nosu atd.)“. Podle těchto odlišností můžeme lidské jedince rozdělit do tří současných antropologických skupin: 1) rasa negroidní, 2) rasa mongoloidní, 3) rasa europoidní. [4]

Rasa negroidní

Tato rasa se musela přizpůsobit tropickým podmínkám, protože se „utvářela kolem rovníku na africkém kontinentu“. Lidská kůže této rasy obsahuje nejvíce pigmentu kvůli tomu, že se musí chránit před „spálením, vysušením, úžehu apod“. Čím více se tohohle pigmentu vytvoří, tím lépe je tělo chráněno. Jedná se tedy o rasu nejtmaší s „největším množstvím kožního barviva“. Dalšími znaky této rasy jsou tmavé, kudrnaté vlasy. Na obličejí jsou největší dominantou masivní rty a plochý, široký nos. „Tuto skupiny lze však rozdělovat na další dva typy: 1) paleonegroidní (staročernošský), 2) neonegroidní (mladočernošský).“ [4]

„Staročernošská populace je starší, světlejší barvy pleti a menšího vzrůstu. Patří do ní Křováci, Hotentoti a Pygmejové.“ [4]

„Neonegroidní rasu rozdělujeme na Bantuidé, Sudanidé a Niloté.“ [4]

Rasa mongoloidní

Tahle rasa je nejvíce zastoupenou rasou světa. Je známá jako rasa „žlutohnědá“ nebo také „asijsko – americká“, a proto se do této rasy řadí také Indiáni a Eskymáci. Typickými znaky této rasy mohou být „světlá až nažloutlá pleť, hnědé oči a dlouhé, rovné, husté vlasy“. Jejich vlasy obsahují mnoho hnědého pigmentu, což může vést k tomu, že se nám jejich vlasy zdají až černé, ale mají vlasy pouze tmavě hnědé. Obličej je většinou velký s vystupujícími lícními kostmi a malým nosem. Oči jsou tmavé a šikmé. Šikmost je způsobeno „zdvojenou kůží na horním víčku tzv. epikantus“. Tihle lidé bývají také menšího vzrůstu. [4]

„Typickou mongoloidní rasu v současné době tvoří Mongolové, Burjati, Mandžuoové, Korejci a Číňané.“ [4]

Rasa europoidní

Europoidní rasa neboli rasa bílá vznikla v „mírném pásu na severní polokouli“. Tahle rasa je zastoupena na velkém území, proto můžeme „pozorovat různé rozdíly například v barvě pleti, očí nebo vlasů.“ „Pleť může být od velmi světlé až bílé až po tmavou.“ Oči jsou zbarveny od „světle modré, šedé přes zelenou až k různým odstínům hnědé“. Barva vlasů je také velice různorodá. „U této skupiny se může projevit albinismus, což je člověk s velice světlou pletí s pihami, vlasů a očí bez pigmentu. Tento jev se však vyskytuje velice ojediněle.“ [4]

Rasa se vyznačuje poměrně velkým nosem a bradou, variabilní výškou a tvarem hlavy, která je užší. „Lícní kosti nejsou výrazné“.

V dnešní době se europoidní rasa rozděluje na čtyři typy:

- Nordický neboli severní typ jsou lidé vysoké postavy se světlou pletí, vlnitými vlasy a modrýma očima. [4]
- Východní neboli baltický typ jsou lidé menšího vzrůstu, ale mají také světlou až narůžovělou pleť a světlé vlasy a oči a výraznou spodní čelist. [4]
- Adriatický neboli dinárský typ lidí mají vysokou postavu s tzv. orlím nosem. Zbarvení pleti, očí i vlasů je až do hněda. [4]
- Západní neboli alpský typ jsou lidé střední postavy, nos mají střední až široký. Světlé nebo tmavé oči, pleť je světlá, vlasy světle hnědé. [4]

Míšení ras

V dnešní době nemáme pouze tyto tři rasy. Často dochází z míšení těchto ras a vzniku tak míšenců. Každý míšenec je pak „odchytkou či variantou od původní rasy“. „K nejčastějším křížencům patří mulat, mestic, zambo, případně kreolové.“ [4]

Na Obrázku 5 je znázorněn trojúhelník míšení ras. Mestic je míšeneц bílé rasy se žlutou rasou (Indiánem). Mulat vzniká křížením bílé rasy s černou a zambo je kříženeц rasy černé a žluté



Obr. 6: Míšení ras

3 ROZPOZNÁVÁNÍ PODLE OBLIČEJE

Na základě rozpoznávání obličejů lze tyto metody rozdělit do tří skupin: „rozpoznávání na základě 2D snímku, rozpoznávání na základě 3D snímků a rozpoznávání na základě termosnímku“. V této práci se však budeme věnovat pouze 2D a 3D snímkům. [1, strana 155]

3.1 Rozpoznávání na základě 2D snímků

„Rozpoznávání pomocí 2D snímku je stále nejrozšířenější metodou, jaká se dosud používá“. I když tato metoda nese s sebou celou řadu obtížností a nepřesností je nejrozšířenější hlavně proto, že je „snadné 2D snímky získat“. „Celý postup rozpoznávání 2D snímku řídí takto:

- 1) Detekování obličeje na snímku
- 2) Normalizace nalezeného obličeje (kompenzace osvětlení, pozice, natočení, velikosti)
- 3) Extrakce příznaků je transformace normalizovaných dat za účelem lepší rozpoznatelnosti (např. filtrace, statistická analýza)
- 4) Vyhodnocení podobnosti se šablonou.“

[1, strana 155]

Abychom mohli obličeje rozpoznávat je „nutné lokalizovat obličej v rámci snímku“. Nasnímané obličeje mohou být různě veliké, lišit se v barvě nebo velikosti, pozici a výrazu. Také se může stát, že na snímku obličej není nebo jich je tam naopak více. „Tento problém se dá řešit dvěma metodami:

1) Detekce obličeje na základě expertních znalostí – tento postup využívá informací, které jsou nám již známy („barva kůže, pozice očí nebo úst“), které jsou typické jen pro lidský obličej. [1, strana 156]

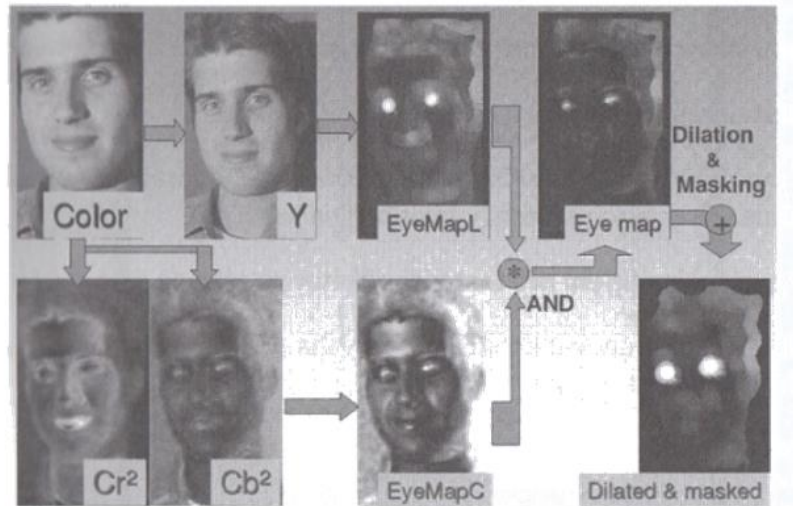
2) Detekce obličeje na základě strojového určení – „tato metoda využívá obecných algoritmů strojového určení. Ty se trénují pomocí databáze velkého množství snímků, na kterých je manuálně vyznačena oblast obličeje. Tyto snímky pak slouží jako vstupní data pro zvolenou učící se metodu (např. neuronová síť, kaskáda klasifikátorů, pravděpodobnost usuzování). Tímto způsobem se natrénuje model, který je schopen lidský obličej rozpoznat.“ [1, strana 156]

Ani jedna metoda nefunguje vždy úplně přesně, a proto se využívá jejich kombinace, kdy se „algoritmem strojového určení naleznou kandidáti, kteří mají charakteristiku podobou obličejí. Tito kandidáti se potom sekvenčně projdou a buď jsou potvrzeni, nebo zamítnuti znalostním algoritmu.“ [1, strana 156]

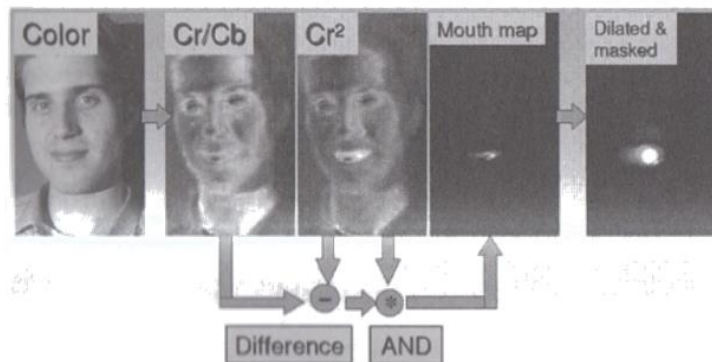
Detekce obličeje na základě expertních znalostí

Tato metoda pracuje na principu, že obličej každého jedince má nějaké společné charakteristiky. Postup u této metody je takový: 1) „Kompenzace osvětlení, 2) Detekce tónů kůže, 3) Detekce rysů obličeje (oči, ústa), 4) Hranice obličeje (velikost obličeje a orientace gradientů).“ [1, strana 157]

„Postup detekce očí a úst je založen na převodu barevných prostorů RGB => YCbCr.“



Obr. 7: Algoritmus na základě expertních znalostí – detekce očí.



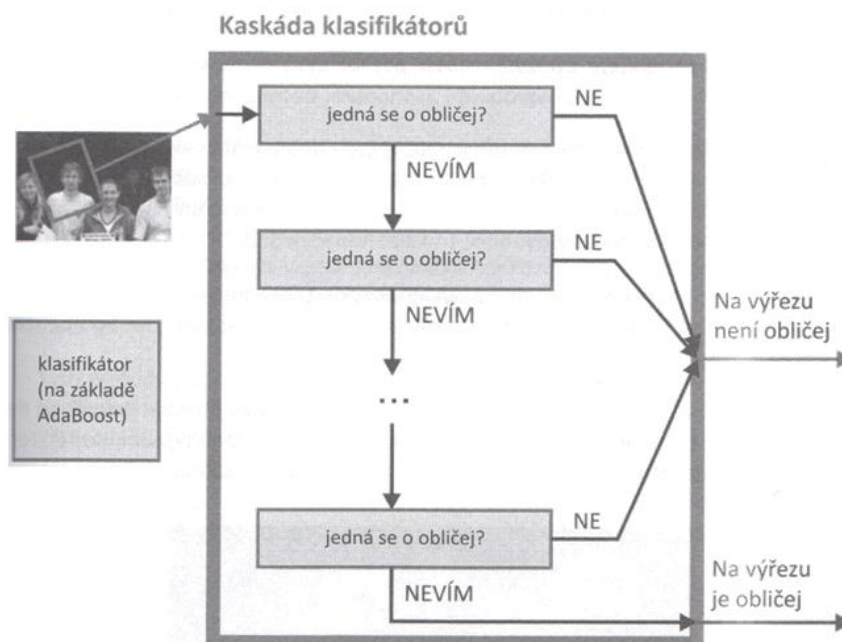
Obr. 8: Algoritmus na základě expertních znalostí – detekce úst

Detekce obličeje na základě strojového určení

Detekce v tomto případě probíhá jinak než u detekce předchozí. Důležitý faktor u tohoto detektoru je klasifikační algoritmus, který pracuje tak, že zkoumá část určitého výřezu a „umí o něm říci, zda obsahuje nebo neobsahuje lidský obličej“. „Detektor pak tomuto klasifikátoru postupně předkládá různé výřezy originálního obrazu a poznačí si ta místa, která byla označena pozitivně.“ Algoritmus tedy nepracuje pouze s obličejem a aktivně jej nevyhledává, ale pracuje s celým obrazem. „Průchodů bývá dokonce více za použití různě velkých výřezů.“ [1, strana 158]

Jedním z nejpoužívanějších algoritmů, který využívá „klasifikátor postavený na metodě *Adaboost*.“ Tento klasifikátor řadí vhodných způsobem jednotlivé „jednoduché slabé klasifikátorů do jednoho silného.“ [1, strana 158]

„Při detekci samotného obličeje se vytvoří několik méně složitých algoritmů, které jsou následně poskládány do kaskád.“ [1, strana 158]

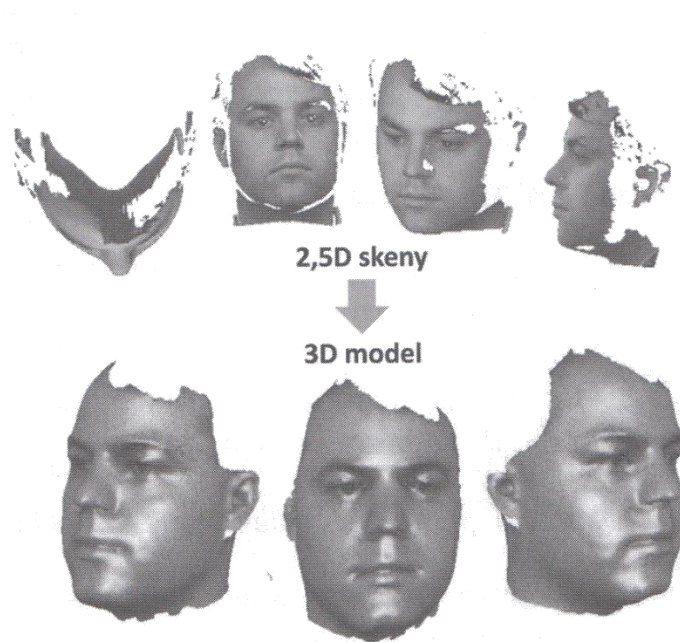


Obr. 9: Princip kaskády klasifikátorů

3.2 Rozpoznávání na základě 3D snímků

Rozpoznávání na základě 3D snímků nabízí mnohem více možností než zkoumání 2D obličeje. Pomocí 2D metod tyto obličeje ztrácejí podstatnou část informací. Hlavní odlišností mezi 2D a 3D metodou je to, že „při metodě 2D postačí jakýkoli mobilní telefon nebo fotoaparát, ale u metody 3D je potřeba speciální zařízení, které obvykle funguje na bázi 2,5D skeneru.“ [1, strana 167]

„2,5D skeny jsou vlastně 2D obrazy, které mají pro každý bod uloženou informaci o jeho hloubce. Tímto způsobem představuje prostorová data, ale tyhle data nejsou pokládána za 3D model.“ K vytvoření 2,5D skenu se využívá infračervené světlo nebo strukturované viditelné světlo. „Promítnutím jistého vzoru na 3D povrch a jeho snímání pod jiným úhlem vede k dostatečně přesné tvorbě 2,5D skenu. Tento sken nemusí být úplně dokonalý, ale může obsahovat díry, které vznikly tak, že nějaká místa nemusela být v zákrytu. Při pořízení více těchto skenů z různých míst se 3D model vytvoří tak, že jsou tyto skeny složeny k sobě do plného 3D modelu.“ Toto skládání můžeme vidět na Obrázku 9, na kterém z 2,5D skenu vznikl 3D model. „V praxi je ale nejvíce využíváno snímání z místa jednoho a předpokládá se, že tyhle informace budou pro rozpoznávání dostatečné.“ [1, strana 167]

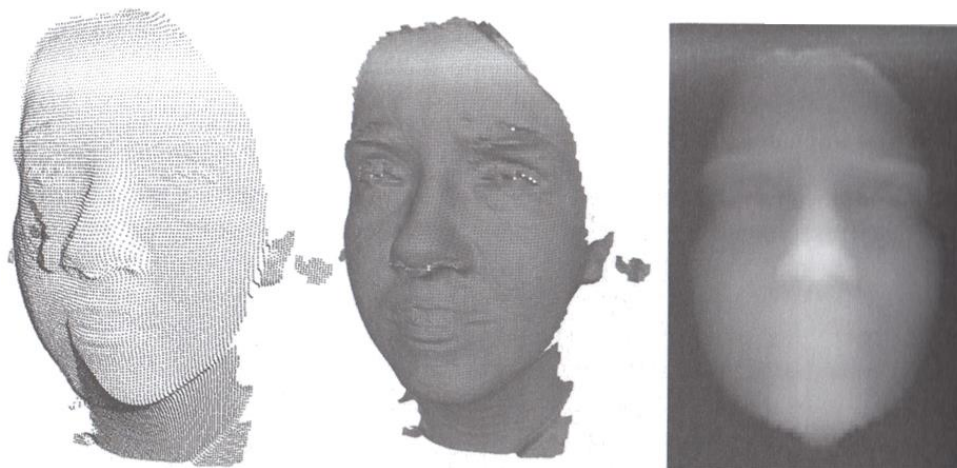


Obr. 10: Rekonstrukce 3D modelu z 2,5D skenů

Reprezentace 3D modelu

Téměř všechny trojrozměrné modely využívají pro uložení reprezentaci sítí. Nasnímaná data lze rozdělit do tří skupin:

- Mrak bodů reprezentuje nejjednodušší síť a je zjednodušením polygonální sítě, využívá pouze 3D souřadnice bez vzájemných vazeb
- Polygonální síť je reprezentována sítí polygonů
- Hloubková mapa je 2D obraz, kde každý prvek představuje vzdálenost v prostoru

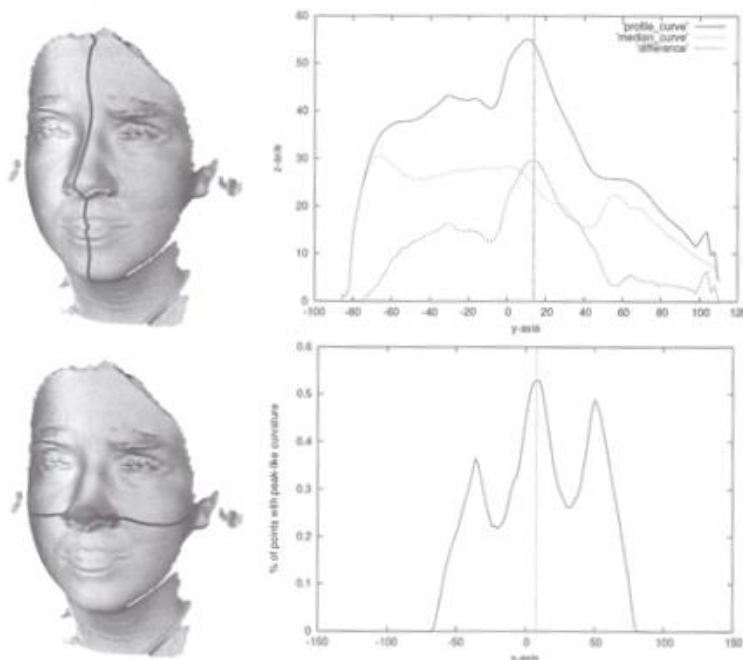


Obr. 11: Mrak bodů, polygonální síť, hloubková mapa

Zarovnání 3D modelu

U 3D snímků nelze počítat s tím, že dva různé snímky budou naprosto totožné. Proto je nutné 3D snímek normalizovat. Tato normalizace probíhá na klíčových bodech, což jsou „špička nosu a koutky očí.“ „Po správné detekci těchto bodů lze model transformovat do výchozí polohy, ve které lze předpokládat vysokou shodnost mezi dvěma modely stejného obličeje.“ [1, strana 169]

Při detekci nosu lze postupovat dvěma variantami. Oba dva postupy jsou znázorněny na Obrázku 11. První možnost je ta, že „předpokládáme, že je nos nejvystouplejší částí směrem k fotoaparátu.“ „Při rotaci hlavy je model rotován kolem os x a y , a jako nos je zvolen bod z , který má v průměru nejnižší souřadnic.“ Druhá možnost pracuje tak, že „předpokládáme, že pozice osy je ve směru osy y tak, že vykreslí maximální a průměrnou hodnotu řezu v rovině yz a na profilu jejich rozdílu hledá maximum. Souřadnice x je potom hledána pomocí maximálního zakřivení podél této osy. Pomocí známe pozice nosů je dále hledána pozice očí.“ [1, strana 169]



Obr. 12: Detekce nosu pomocí profilových křivek

Hledání podobnosti

Pro hledání podobnosti obličeje neexistuje nějaká nejlepší nebo nejrychlejší metoda. „Všechny metody se od sebe liší rychlostí, složitostí a přesností.“ Mezi základní metody hledání podobnosti můžeme zařadit:

- Podobnost 3D modelů
- Podobnost založena na tvaru a vzhledu
- Podobnost hloubkových map

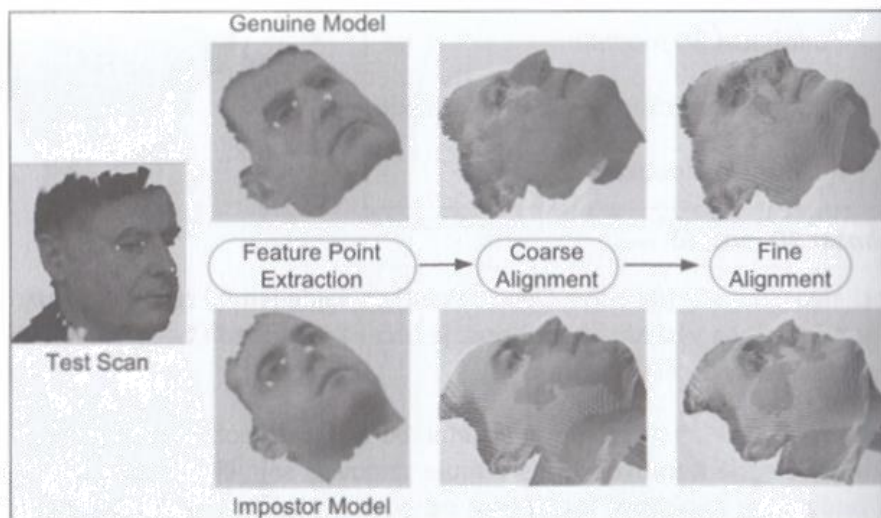
[1, strana 171]

Podobnost 3D modelů

„Pomocí algoritmu ICP se najde jemné zarovnání testovacího snímku a šablony a výsledná podobnost je určena jako rozdíl tvarů zarovnaných 3D reprezentací (polygonálních sítí).“ [1, strana 171]

Algoritmus ICP pracuje tak, že „vybere kontrolní body na obličejí“. Jak tento algoritmus pracuje v praxi vidíme na Obrázku 12. Tyhle body jsou v oblastech, které se při změně výrazů v obličejí mění velmi málo, nicméně je potřeba, aby „pokrývali možná co největší plochu obličejí“. Algoritmus pak následně přetransformuje snímek tak, aby všechny kontrolní body byly co nejblíže k povrchu šablony. [1, strana 171]

„Přesný postup algoritmu je takový, že: 1) Vybere kontrolní body v jedné množině, 2) Najde nejbližší body v množině druhé (korespondence), 3) Vypočítá optimální transformaci mezi oběma množinami na základě aktuální korespondence, 4) Transformuje body; opakuje algoritmus od kroku 2 až do konvergence.“ [1, strana 171-172]



Obr. 13: Využití algoritmu ICP na porovnání 3D modelu

Podobnost založená na tvaru a vzhledu

Tato metoda spočívá v tom, že hledá původní transformaci, aby co nejlépe odpovídala hledanému snímku a zároveň hledá i to, aby se co nejlépe vizuálně shodoval s aktuálním snímek. Pracuje s „kompletním 3D modelem uložených v šabloně a 2,5D skenem aktuálního testovaného snímku.“ [1, strana 172]

Podobnost hloubkových map

Metoda pracuje pouze s hloubkovou mapou z již normalizovaným 3D obličejem. Tato metoda patří mezi ty nejjednodušší. Hloubkovou mapu si můžeme představit jako 2D obraz. Pro lepší přesnost je výhodnější použít její filtrovanou podobu. [1, strana 172]

3.3 Využití v praxi

3.3.1 Kriminalistika

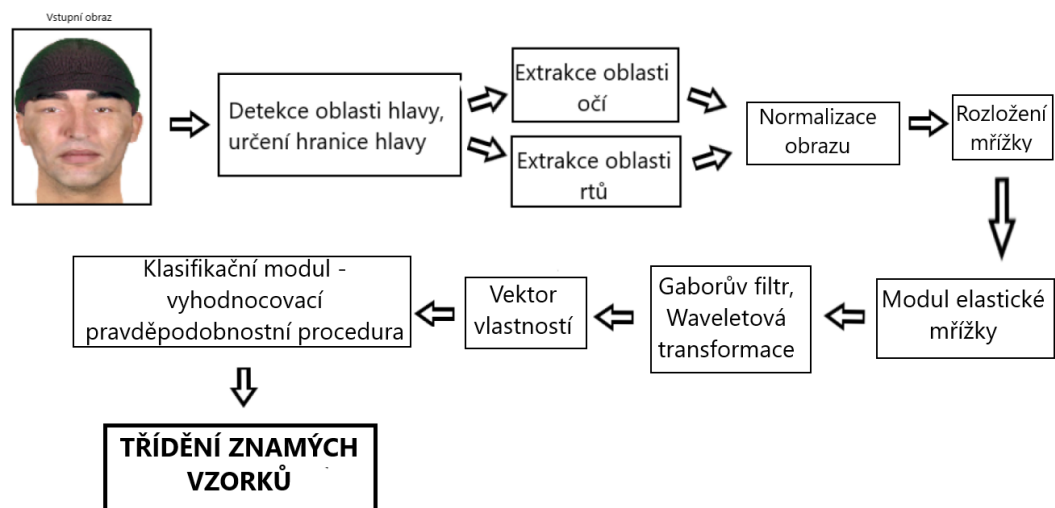
Pro zjišťování totožnosti osob využívá policie mnoho metod. „Vynecháme-li standartní metody rozpoznávání osob (například podle průkazu totožnosti), jsou na řadě metody spočívající v nalezení, získání, určení a vyhodnocení jednoznačných markantů, podle nichž je možné určit totožnost osoby“. [5]

Policie využívá dva základní systémy pro identifikaci:

Strukturální přístup – rozpoznávání jednotlivých částí obličeje (oči, uši, nos) předkládaného vzoru. změření antropometrické veličiny, které se znormalizují a pomocí klasifikačních algoritmů jsou „porovnány s databází známých fotografií“. Nakonec se „rozhodne o podobnosti s takto vybranou množinou obrázků“. [5]

Holistický přístup – „identifikace vzorku pomocí globálních reprezentací opět s následným statistickým vyhodnocením relativní pravděpodobnosti. Tyto přístupy se vyznačují kombinací s metodami *backpropagation*, dekompozicí jedinečných hodnot a základní analýzou komponent.“ [5]

Proces rozpoznávání obličeje



Obr. 14: Detekce obličeje v kriminalistice

Hranice hlavy u obličeje se určí pomocí dominantních oblastí. „Tyto oblasti jsou předány modulům, které rozpoznávají oči a rty.“ Dále vybrané oblasti jsou předány modulu, který určuje referenční body díky elastické mřížce. „Tyto získané referenční body určují rozpoložení všech bodů na elastické mřížky přes celou oblast obličeje.“ [5]

„Detekce hranice hlavy je prvním krokem rozpoznávání“. Tato metoda začíná nejprve rozpoznávat možné kandidáty za pomocí grafického vzoru. „Poté následuje extrakce hranice možných tváří použitím aktivních hran. Pro grafickou reprezentaci obličeje je použito hybridní schéma

geometrických rysů, kde vrcholy obrazců nesou informaci o aktivních lokálních částech obrazu vybraných z pozadí obrazu pomocí Gaborova filtru“. [5]

Obrysy očí a rtů jsou určovány pomocí hranice hlavy. „Oči mají ustálený tvar i strukturu“, a proto jsou modelovány pomocí šablony. „To se provádí skenováním. Po celém obličeji se provede prohledávací fáze pomocí rastru“. [5]

Ústa jsou nepravidelných tvarů a velice poddajná. Jejich zajímavou schopností je, že jsou schopny emočního vyjádření. Pro zjištění polohy úst se obvykle „používají deformační modely s hierarchickým adaptivním algoritmem“. Tyto modely se používají hlavně proto, že běžné detektory nejsou schopné nalézt ústa kvůli jejich tvaru. [5]

Velice zajímavým způsob, jak lze podle charakteristických vlastností zjistit totožnost člověka je metoda zvaná identikit. „Identikit je sestavení portréту pachatele nebo hledané osoby na základě popisu a výpovědi svědků.“ Sestavování obličeje probíhá tak, že svědek vybírá z možností jednotlivých segmentů, což je nos, oči atd. Po sestavení obličeje přichází na řadu grafická úprava dokreslováním. [6]



Obr. 15: Identikit

Další vědou, která mapuje podobu člověka je forenzní antropologie. Tato věda se zabývá kreslením portrétů mrtvol podle lebky člověka neznámé totožnosti anebo kreslením portrétu dlouho pohřešovaných osob. Je důležité mít dokonalé znalosti o antropologii, anatomii, plastické chirurgii, ale mimo jiné i velice dobrou prostorovou představivost a výtvarné nadání. Výsledkem této práce může být „pravděpodobná podoba člověka“. Všechny tyto vytvořené portréty mohou velice pomáhat kriminalistům při objasňování případů. Tohle sestavování je velice složité. Hodně záleží na faktu, v jakém stádiu rozkladu byla tahle mrtvola nalezena. Pokud už jde o pokročilejší stadium a nezůstávají na lebce žádné měkké tkáně, nezůstává nic jiného než vyčíst nějaké informace přímo z kostí. „Jednou z takových informací je věk“. Věk se dá zjistit například i „ze zubů na kterých se dělají takzvané nábrusy“. Pohlaví je další faktor, který můžeme vyčíst z šířky a postavení z pánve nebo z určitých rysů lebky. Další parametr, která dokáže výrazně změnit podobu člověka je množství podkožního tuku. [7]

3.3.2 Medicína

Věda antropometrie je využívána i v medicíně při tzv. antropometrickém měření. Antropometrické měření je měření vzdálenosti mezi „význačnými body“ pomocí posuvného měřidla metrické pásky. Toto měření se provádí na měkkých tkáních na obličeji pacienta. Je levné a ve 3D, ale má také své nevýhody, neboť výzkum je „velice časově náročný“. Při každém měření se musí přijít do „kontaktu s pacientem“ a provádí individuálně. Nepřesnost je v tomto případě taky velice častá,

protože vzniká „tlak na měkké tkáně“. Omezením je také archivace a digitalizace získaných dat. [8]

„V praxi jsou pro analýzu obličejových struktur používány metody kefalometrie a 2D fotografie. Mezi výhody těchto metod řadíme rychlé zhotovení, nízkou cenu a snadnou archivaci těchto dat.“ [8]

„V kefalometrii se zhotovují laterální nebo frontální radiografické snímky hlavy za pevně daných podmínek“. Snímky jsou zhotoveny tak, že pacientova hlava je „zafixována v kefalostatu“, tyto podmínky jsou nezbytné pro minimalizaci chyb. Snímky „zobrazují měkké i tvrdé tkáně na obličejí a srovnávají lineární a úhlové rozměry v průběhu času“. Díky těmhle získaným snímkům může být pacientovi sdělena diagnóza, jsou také důležité pro „růstovou analýzu, diagnózu nebo pro hodnocení výsledků léčby“. V minulosti se laterální kefalogramy používali při problematickém růstu obličeje a při morfologii. Z těchto výsledků byly pak vytvořeny šablony pro predikci růstových změn a diagnostiku kraniofaciálních syndromů. [8]

„Kefalometrie představuje pouze 2D reprezentaci 3D objektu, což vede k vertikálním a horizontálním posunům struktur na rentgenovém snímku“. Popsat obličej ve 3D je omezeno, protože snímky popisují pouze velikost, ale nepopisují hloubku a orientaci. „Nevýhodou je také, že se pacienti musí vystavovat radiačnímu záření. Z etických důvodů tak nebudou kefalometrické longitudinální růstové studie pravděpodobně nikdy znovu povoleny.“ [8]

V poslední době se dostávají do popředí 3D zobrazovací systémy, které „nacházejí uplatnění v ortodoncii a maxilofaciální chirurgii.“ [8]

V celé medicíně je na stanovení diagnostik často používána výpočetní tomografie neboli CT. Výpočetní tomografie kuželovým svazkem neboli CBCT „umožňuje přesnější zobrazení obličejových struktur.“ Obě metody pracují se značným množstvím bodů rozprostřených v celém objemu snímaného objektu. Tyto zařízení nejsou však vhodné pro morfologii obličeje, protože jsou velice nákladné, produkují radiační záření a jsou slabě rozlišné od obličejových obrysů. [8]

Mezi první vyvinuté 3D skenery se řadí skenery laserové, které „využívají laserového paprsku.“ „Laserový paprsek projde přes povrch obličeje, na kterém se rozptýlí. Rozptyl je zachycen na snímač a následně pomocí triangulace jsou vypočítány souřadnice určitého povrchového bodu.“ Tímto způsobem jsou zajištěna všechna data o celém povrchu obličeje. „Výsledný 3D model je velice přesný“, ale také může dojít k různým chybám. Například u dětí může vznikat zkreslení, které je způsobeno tím, že dítě nevydrží sedět bez hnutí na jednom místě. Také tato metoda neumí zaznamenat „texturu povrchových měkkých tkání“. [8]

Nejvíce bezpečnou metodou jsou optické skenery, které účinným způsobem „zachytí morfologii lidského obličeje, ale bez rizika radiačního záření“. Tyto skenery lze rozdělit na dvě skupiny: „skenery využívající strukturované světlo a skenery fungující na principu stereofotogrammetrie (pasivní nebo aktivní).“ [8]

„Skenery využívající strukturované světlo promítají na snímaný objekt bílé světlo v podobě mřížek, teček nebo proužků.“ Daný objekt je také současně fotografován pomocí kamery. Tato

kamera je nastavena na určitý typ vzorce a následně hledá deformace vzniklé na povrchu objektu. Pomocí speciálního softwaru je vytvořen 3D struktura. Tato metoda je však účinná při snímání menších objektů. „Při snímání obličeje je již potřeba snímat obličej ze dvou úhlů pohledů.“ [8]

Opakem ke skenerům využívající strukturované světlo jsou skenery fungující na principu stereofotogrammetrie. Hlavním rozdílem těchto dvou metod je, že metoda první využívá pouze jednu kameru a objekt je snímán jen z jednoho úhlu. Druhá z metod „využívá více synchronizovaných kamer, který daný objekt snímají z více odlišných úhlů.“ Také umožňuje „detailní zachycení a následnou analýzu obličeje ve 3D“. „3D model je vytvářen ve více krocích.“ „Prvním krokem je modelace, která využívá matematických výpočtů na principu triangulace.“ Kamery snímají z různých úhlů pohledu. Následně jsou jejich informace spojeny pomocí softwaru a určeny souřadnicí ve 3D. „Tento model je však jen velké množství trojúhelníků (polygonů), které vytváří síť a následně pokryta vrstvou pixelů. Krok dva je stínování, které dá objektu reálnou podobu. Poslední krok je tzv. rendering, kdy počítač převede všechna nashromážděná data do 3D zobrazení.“ [8]

Pasivní stereofotogrammetrie je závislá na výkonosti kamer. K téhle metodě jsou potřeba velice výkonné kamery s vysokým rozlišením (SLR), které dokáží zachytit i detaily na povrchu obličeje, jako jsou třeba „pihy, kožní póry, jizvy atd.“ Proces fotografování trvá velice krátkou dobu, což je velice užitečné při práci s dětmi. Během několika málo minut software vytvoří 3D model, který velice detailně popisuje povrchovou strukturu a realisticky znázorní texturu a barvu kůže. [8]

Aktivní stereofotogrammetrie „využívá strukturovaného světla“. Na povrch objektu je promítán světelný vzorec, který je následně „zachycen dvěma a více kamerami z různých úhlů pohledů“. „3D souřadnice jsou následně vypočteny metodou triangulace.“ Tato metoda je odolná vůči změnám světla. Skener v procesu snímání „bere na sebe plnou kontrolu v zajištění osvětlení“. Skener zhotoví šest fotografií za velmi krátkou dobu. „Čtyři fotografie jsou černobílé a jsou zhotovené pomocí strukturovaného světla a jsou potřebné na konstrukci 3D struktury. Barevné fotografie jsou pak na povrchové struktury kůže.“ [8]

Pro mnoho oborů v medicíně jako je třeba ortodontie, genetika nebo chirurgie jsou 3D fotografie čím dál více důležitější. [8]

4 SPOOFING

Spoofing je obecně podvodný nebo škodlivý obsah. Tento obsah se maskuje jako zdroj nám známý. Slouží pro získání důvěrných informací, šíření malwaru, díky infikovaným odkazům apod. [9]

Mezi nejznámější spoofing patří určitě tzv. E-mail spoofing, který je založen na odesílání podvodných e-mailů. „Tyto e-maily mohou vypadat jako od známého odesílatele.“ Odesílatel spoléhá na to, že když e-mail vypadá jako neškodný dotyčný ho otevře a bude se řídit podle něj. „Tyto zprávy mohou požadovat číslo účtu“ nebo jiné důvěrné informace. Toho může odesílatel využít na ukradení peněz z bankovního účtu nebo přenést do počítače viry, které můžou značně váš počítač poškodit (mazání souborů, získání osobních informací atd.). [9]

Podobné jako e-mail spoofing pracuje je také spoofing textových zpráv. Zpráva může vypadat jako normální, ale po kliknutí na ni nebo po zadání některých údajů může dojít k jejich znehodnocení. [10]

Nejlepší metodou, jak se proti těmto dvou napadením chránit je nereagovat na e-maily nebo zprávy, které se nám budou zdát nějak podezřelé, velice pečlivě zkontrolovat adresu odesílatele nebo těmhle zprávám vůbec nevěnovat pozornost. Vůbec nejlepší způsob je mít antivirové ochrany v podobě programu. [10]

Další formou spoofingu je web spoofing. Web spoofing využívá nepoctivých webů, které chtějí, aby si uživatel myslela, že navštívil ty stránky, které potřeboval. „Tyto weby obvykle napodobují bankovní stránky“ nebo stránky, na kterých je nutné napsat osobní informace, aby mohlo dojít k následnému zneužití těchto informací. Avšak tyto weby „využívají loga, specifický text i design“, aby co nejvěrohodněji napodobily původní stránku. [11]

Spoofing obličej

Spoofing obličej je založen na tom, že je nám ukradena identita a použita někým jiným za účelem získat naše privilegia nebo přístupová práva. Pokud budeme chtít získat práva nebo privilegia někoho jiného, můžeme použít například jeho fotografii, video nebo jiné náhrady tváře. Útoky mohou být například:

Tiskový útok – útočník si vytiskne na papír fotografii nebo použije jeho digitální verzi. Jedná se o nejběžnější verzi útoku, protože fotografie je jednoduché získat například na internetu nebo sociálních sítích. [13]

Opakování/video útok – tento způsob je přirozenější ve srovnání s fotografií. Toto napadení je také více účinnější díky známým žvota, jako je „například mrknutí, pohyb hlavy nebo úst a výrazy v obličejí“. Může být provedeno pomocí mobilních telefonů nebo tabletů. [13]

3D útok masky – pro tento útok se používá 3D maska, která dokáže lépe napodobit přirozené pohyby hlavy. [13]

„Oční výřezy na fotografii – z fotografie jsou vyříznuty oči, aby se projevilo mrkání.“

Pokřivení fotografie – fotografie je pokřivena a následně ohýbána, aby napodobila pohyb obličeje. [13]

Jedinou metodou, jak se těmto podvodům bránit je tzv. detekce živosti. Hlavním účelem této detekce je zjistit, zda je tato osoba „živá“ nebo jde o podvod. Metoda se dá rozdělit na dva přístupy – aktivní a pasivní. [14]

Aktivní přístup – aktivní přístup vyžaduje prokázat, svou „živost“ spolupracováním se systémem. Systém potřebuje, aby dotyčná osoba předvedla před kamerou několik pohybů na obličeji a prokázalo se tak, že se nejedná o spoofing. „Podmínkou je, že osoba musí dokončit všechny akce.“ [14]

Pasivní přístup – tento přístup žádnou akci nevyžaduje. Systém dělá vše sám a uživatel, aniž by uživatel o něčem věděl. [14]

Je zřejmé, že aktivní přístup je více účinnější než pasivní přístup, ale nevýhodou je, že vyžaduje spolupráci se systémem.

Jiná metoda na určení životnosti je soustředit se na mrkání očí. Tato metoda bývá velice přesná, protože mrkání je velice přirozené a lze díky němu zjistit, zda je člověk živý. „Průměrně člověk mrkne 12krát za minutu a oči během mrknutí zůstávají zavřené na 250 milisekundy“. Pomocí videa lze zjistit kolikrát a jak dlouho oči byli zavřené. „Pokud tyto hodnoty budou souhlasit s normou lze říct, že člověk je živý.“ [12]

„Hluboké určení a tzv. CNN neboli konvoluční nervová síť jsou dalším způsobem“, jak se chránit před spoofingem. Tyhle metody dokáží rozpoznat to, co lidské oko nedokáže. Rozpoznávají fotografie a určí, jestli jde o podvod. „Fungují s určitými datovými sadami, ale pouze za určitých podmínek, jako je třeba osvětlení, prostředí anebo kvalita fotoaparátu.“ „Pokud se ale některá z těchto podmínek změní“ systém přestane pracovat nebo nám nemusí poskytnout správné výsledky. [12]

Rozdíly mezi fotografií na papíře a pravým obličejem dokáží rozeznat 3D kamery, „které jsou nejspolehlivější proti spoofingu“. Rozdíly mezi těmito věcmi dokáží díky velice dobré „informaci o hloubce pixelů“. [12]

5 VYTVÁŘENÍ 3D PODVRHŮ

Mým úkolem bylo zjistit na jaké změny na obličeji bude reagovat 3D skener. Tyto změny jsem prováděla na 3D modelu obličeje, který mi byl vytisknut na 3D tiskárně.

Moje zkoumání jsem prováděla ve více částech. V první část se zabývala tím, jestli skener dokáže rozpoznat obličej, i když některé části nebudou na obličeji viditelné. Druhá část spočívala v tom, že jsem na obličeji měnila jednotlivé části a také následně zkoumala, jestli skener obličej rozpoznal jako ten původní. A poslední částí u 3D podvrhů byla snaha přizpůsobit falsifikát mému obličeji.

5.1 Modelování obličeje

Celý postup modelování probíhal tak, že jsem na modelu vytvarovala přibližný tvar obličeje. Použila jsem modelovací hmoty. Následně jsem na již vytvořený obličej nanasla barvy a dokreslila ho podle skutečnosti. A s tímto hotovým obličejem jsem dále pracovala. K dispozici jsem měla dva modely obličeje. Oba dva jsem domodelovala a dokreslila, ale v dalších krocích jsem používala pouze jeden, protože byl pro následné změny praktičtější a větší.



Obr. 16: Obličeje vytisklé na 3D tiskárně



Obr. 17: Namodelovaný obličej I.



Obr. 18: Namodelovaný obličej II.

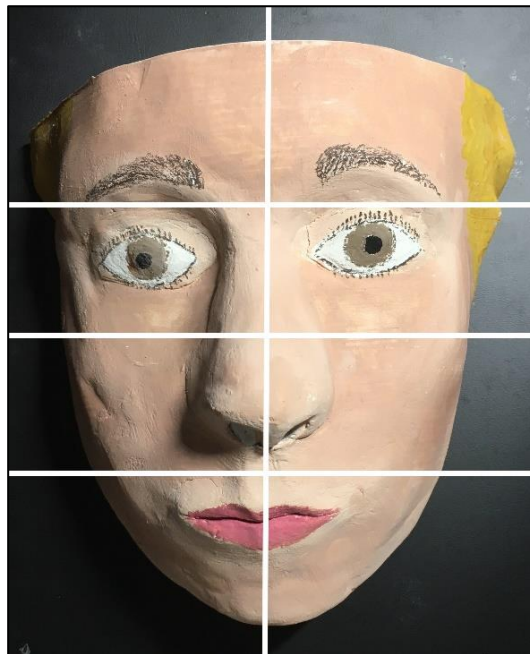


Obr. 19: Namodelované i dokreslené obličej

5.2 Experimentální zjištění signifikantních rysů obličeje pro rozpoznávání

V první části jsem začínala tak, že jsem celý dokreslený a hotový obličej zaregistrovala do skeneru. Tenhle krok jsem musela provést proto, abych na dotvarovaném a namalovaném obličej mohla jednotlivé části obličeje zakrývat. Celkem jsem používala dva skenery. Už při registraci obličejů do systémů skenerů jsem zjistila, že ani jeden ze skenerů nerozlišuje, jestli je registrovaný obličej živý či nikoli. Obličej jsem si rozdělila na osm částí, a to na pravou a levou stranu čela, očí, nosu a úst.

Tento pokus jsem prováděla na dvou skenerech, které jsem měla k dispozici. Každé zakrytí jednotlivé části pomocí papíru jsem provedla třikrát na každém skeneru, abych si byla jistá, jak skener bude reagovat. Tyto výsledky jsem zpracovala do tabulek.



Obr. 20: Obličej rozdělen na osm částí

SKENER I.

	ZMĚNA	MĚŘENÍ I.	MĚŘENÍ II.	MĚŘENÍ III.
1.	Levá část čela	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
2.	Pravá část čela	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
3.	Pravé oko	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
4.	Levé oko	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
5.	Pravá tvář	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
6.	Levá tvář	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
7.	Pravá část úst	Rozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
8.	Levá část úst	Rozpoznal	Rozpoznal	Rozpoznal

Tab. 1: Zakrývání částí obličeje – skener I.

SKENER II.

	ZMĚNA	MĚŘENÍ I.	MĚŘENÍ II.	MĚŘENÍ III.
1.	Levá část čela	Rozpoznal	Rozpoznal	Rozpoznal
2.	Pravá část čela	Rozpoznal	Rozpoznal	Rozpoznal
3.	Pravé oko	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
4.	Levé oko	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
5.	Pravá tvář	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
6.	Levá tvář	Nerozpoznal	Nerozpoznal	Nerozpoznal
7.	Pravá část úst	Rozpoznal	Rozpoznal	Nerozpoznal
8.	Levá část úst	Rozpoznal	Rozpoznal	Rozpoznal

Tab. 2: Zakrývání částí obličeje – skener II.

Na těchto výsledcích je zřejmé, že skener I. rozpoznal obličej jen tehdy, když byla zakryta některá část úst. Skener II. dokázal rozpoznat obličej při více zakrytých částech, což znamená, že je více náchylnější k podvrhům. Nejvíce mě však překvapilo, že tento skener dokázal rozpoznat obličej při zakrytí částí čela, což tedy znamená, že ke svému rozpoznávání nepotřebuje obočí.

5.3 Vliv změny rysů modelu na rozpoznávání

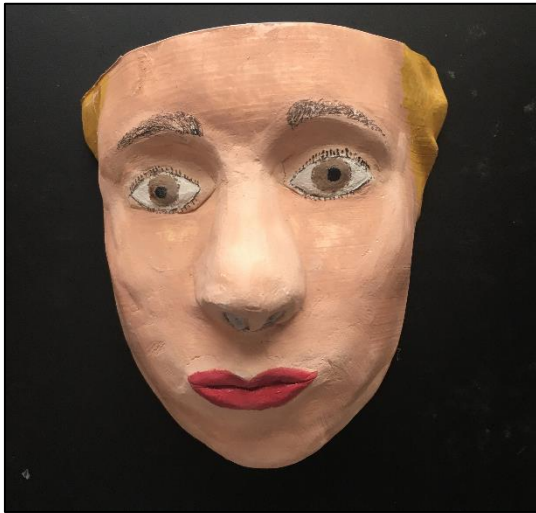
Tento postup probíhal téměř podobně. Rozdíl byl v tom, že jsem jednotlivé části nezakrývala, ale domodelovávala. Cílem bylo pozměnit nebo dotvarovat nějaké části obličeje a zjistit na jaké změny skener bude reagovat. Vždy, když jsem změnila nějakou část obličeje, musela jsem ho znovu domalovat. Nasnímala jsem obličej, a tak zjistila, jestli na tuhle změnu na obličejí skener zaznamená nebo ne.

Celkem jsem provedla několik změn. Tyto změny a reakce skeneru na něj jsem zpracovala do tabulky. Každé změny jsem provedla na obou skenerech.

	ZMĚNA	SKENER I.	SKENER II.
1.	Zvětšen úst	Rozpoznal	Rozpoznal
2.	Zvětšení lícních kostí	Rozpoznal	Rozpoznal
3.	Zvětšení čelisti	Rozpoznal	Rozpoznal
4.	Zvětšení nadočnicového oblouku	Rozpoznal	Rozpoznal
5.	Zvětšení nosu	Rozpoznal	Nerozpoznal

Tab. 3: Vliv změn geometrie 3D modelu obličeje na rozpoznávání

Jak lze vidět ani jeden skener na žádné ze změn nějak výrazně nereagoval, proto tyto skenery nejsou moc účinné. Z výsledků lze dobře vidět, že tyto skenery nereagují na zvětšení některých částí obličeje, ale nýbrž pouze na jejich zakrytí. Při všech pokusech uznaly oba skenery obličej za správný, i když některé změny byly markantní. Skener II. byl v tomto testu o něco málo přesnější, ale jen v tom, že obličej nerozeznal po zvětšení nosu.



Obr. 21: Změna tvaru úst a nosu



Obr. 22: Zvětšení nadočnicových oblouků



Obr. 23: Zvětšení lícních kostí

5.4 Realistické znázornění obličeje na 3D model

Moje další zkoumání bylo zcela odlišné než ty předchozí. V této části bylo mým úkolem zkusit přizpůsobit 3D model mému obličeji. Celý postup probíhal tak, že jsem na 3D model, který byl vytisklý na 3D tiskárně nanasla vrstvy latexu. Dále jsem si vytiskla části mého obličeje, což byli oči, obočí, ústa a nos a přilepila ho na obličej. Další krok byl zkoumat, jestli skener uvěří, jestli skenery rozeznají tento podvrh jako můj obličej.



Obr. 24: Podvrh obličeje

Výsledkem tohoto pokusu bylo to, že skener I. i skener II. nerozeznal tento podvrh jako můj obličej. Tento fakt může být způsoben mnoha důvody například tím, že barva pleti je velice nepřirozená nebo také to, že části, které jsem si vytiskla, jsou velice nerealistické a zcela nepřilnou na povrch obličeje, proto je zřejmé, že jde o obličej, který neexistuje.

6 VYTVÁŘENÍ 2D PODVRHŮ

Toto část se bude věnovat 2D podvrhům, které jsem prováděla pomocí mé fotografie a počítače. K tomuto rozpoznávání byl potřebný program MegaMatcher SDK, který rozpoznává obličej, avšak jen ty, které už jsou v tomto systému zaregistrovány. Určení shodnosti s původním obličejem je tzv. *score*, které nám říká, jak moc jsou si tyto obličej podobné. Tento program se především zaměřuje na vzdálenost očí od sebe, ale také na klíčové oblasti, které jsou určeny významnými body, viz kapitola Antropometrické body.

6.1 Postup práce

Nejprve jsem si vytiskla fotografii mého obličej, což byl podvrh, se kterým jsem dále pracovala. Do systému MegaMatcher SDK jsem zapsala můj obličej, abych mohla zkoumat, jaký bude rozdíl při rozpoznávání podvrhu a mého skutečného obličej. Tento rozdíl se mi ukazoval podle *score*, což je číslo, které určuje shodnost mezi nasnímaným obličejem v systému a obličejem, který je naskenován právě teď.

Postup probíhal tak, že jsem nejprve naskenovala desetkrát svůj obličej a následně podvrh v podobě vytisklé fotografie, který jsem naskenovala taktéž desetkrát. Všechny hodnoty jsem si zapsala. Při tomto skenování jsem používala kameru, co byla na počítači, se kterým jsem pracovala. Dalších pět skenování obličej a následně i fotografie jsem prováděla na web kameře připojené k počítači. Všechny *score* jsem zpracovala do tabulky, aby byl rozdíl co nejvíce viditelný.

OBLIČEJ	
	Score
1.	88
2.	82
3.	85
4.	83
5.	70
6.	93
7.	82
8.	79
9.	90
10.	81
VÝMĚNA KAMERY	
11.	104
12.	96
13.	96
14.	90
15.	87

Tab. 4: Obličej a jeho score

FOTO	
	Score
1.	57
2.	51
3.	58
4.	54
5.	/
6.	48
7.	/
8.	56
9.	58
10.	56
VÝMĚNA KAMERY	
11.	61
12.	52
13.	53
14.	58
15.	56

Tab. 5: Foto a jeho score

Po zpracování výsledků do tabulky je zřejmé, že program nerozpoznával fotografie tak dobře jako reálný obličej. *Score* u fotografie je velice nízké a v některých případech program fotografii vůbec nerozpoznal. Lze také vidět, že výměna kamery ovlivnila výsledky, protože web kamera měla lepší kvalitu obrazu, a proto *score* u normálního obličeje se zvýšilo, na rozdíl od fotografie, kde zůstalo téměř stejné. Avšak ani s výměnou kamery se falsifikát nepřiblížil originálnímu *score* mého obličeje. Nutno ještě podotknout, že rozpoznávací program neobsahoval pokročilé algoritmy pro detekci živosti.

7 ZÁVĚR

Cílem práce SOČ bylo zkoumání reakce skenerů na 3D model obličeje. Z mých zjištěných výsledků vyplývá, že ani jeden skener není stoprocentně spolehlivý, protože oba dva skenery nereagují na to, jestli je zaregistrovaný obličej živý či nikoli. Tento fakt jsem zjistila tak, že se mi do systému podařilo zaregistrovat falsifikát a dále pak s ním pracovat. Ani jeden skener nemá test životnosti.

V experimentální části pro zjištění signifikantních rysů obličeje každý skener reagoval jinak. První skener byl v tomto pokusu užitečnější. Dokázal totiž obličej rozeznat pouze, když byla zakryta jen levá část úst. Skener II. byl méně užitečný, protože dokázal rozeznat obličej i při zakrytí pravé nebo levé části čela a úst. Z těchto zjištěných výsledků vyplývá, že systém skenerů lze lehce prolomit, i když bude některá část obličeje zakrytá.

V druhé části jsem měnila různé části obličeje tak, že jsem je zvětšovala. I tady lze vidět nedokonalost skenerů, protože i když některé změny byly razantní, skenery ho stále rozeznávali jako ten původní.

Moje poslední zkoumání spočívalo v tom, že jsem se snažila napodobit obličej tomu svému. Tento pokus však nedopadl úspěšně. Z výsledků je jasné, že ani jeden skener obličeje, který jsem složila z částí obličeje svého, neuznal jako ten můj. Chybami se v této části mohli stát nedokonalá barva pleti nebo nepřirozenost jednotlivých komponentů obličeje.

Mým cílem u 2D podvrhů bylo zjistit, zda program pozná, že jde o falsifikát. Tato část dopadla dobře, skener fotografií rozeznával s menším *score* než reálný obličej. Tento test dopadl úspěšně.

8 DISKUZE

V mé práci jsem se zabývala modelací 3D obličejů a následným zkoumáním, jak budou na tyto vymodelované obličejové skenery reagovat. Mé zkoumání nebylo ve všech případech úplně přesné, a proto zde uvedu několik málo možností, jak bych postupovala při dalších zkoumáních nebo kdybych tuhle práci opakovala znovu.

Prvním a nejdůležitějším faktorem, co mohlo výsledky ovlivnit, byla modelace obličeje. Obličej jsem modeloval na 3D model vytisknutý na 3D tiskárně pomocí modelovací hmoty. Pokoušela jsem se jednotlivé části na obličejí dotvarovat a domodelovat do realistické podoby. Příště bych spíše volila variantu tu, že bych modelovací hmotu nanesla v jemné vrstvě na celý povrch modelu a nesnažila bych je jednotlivé části domodelovávat. Touto chybou, co jsem udělala, vznikl například moc velký a nerealistický nos a v dalších krocích bylo těžké s tím dále pracovat.

Další chybu jsem viděla v latexu, který jsem v udělala v části, když jsem se snažila přizpůsobit model mému obličejí. Tento latex nebyl v přirozené barvě pleti, což mohlo vést k tomu, že ani jeden skener obličej nerozpoznal jako ten původní. V této části byl také chybou nos, který nepřilnul přesně k povrchu a vznikl tak nedokonalý povrch obličeje, který mohl ovlivnit konečný výsledek.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] DRAHANSKÝ, Martin a Filip ORSÁG. Biometrie. [Brno: M. Drahanský], 2011. ISBN 978-80-254-8979-6.

[2] Antropometrie: [oline]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<https://www.sci.muni.cz/botany/rotreklova/pokusy/Antropometrie.PDF>

[3] Antropometrické body: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<https://player.slideplayer.cz/19/5943301/#>

[4] PAVLÍKOVÁ, Jana. Sport a rasa. Brno, 2007. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií, Katedra společenských věd.

[5] Kriminalistika: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<http://www.kriminalistika.unas.cz/obory/vzhled.htm>

[6] Identikit: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Identikit>

[7] Forezní antropologie: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
https://www.lidovky.cz/domov/kdyz-kosti-mluvi-a-on-nasloucha-forezní-antropolog-ozivuje-portrety-neboztiku-podle-jejich-koster.A190322_164923_In_domov_mber

[8] Medicína: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-stomatologie/2019-1-14/metody-pouzivane-k-vyzkumu-morfologie-obliceje-109597?fbclid=IwAR07wBBPdQUTlbdxIjX0Xt18sEmuCyr1abyDShXad8ALRHLgXeM2JOdGv_A

[9] Spoofing: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<https://www.techopedia.com/definition/5398/spoofing>

[10] E-mail spoofing: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<https://www.investopedia.com/terms/s/spoofing.asp>

[11] Web spoofing: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<https://www.investopedia.com/terms/s/spoofing.asp>

[12] Anti-spoofing: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<https://towardsdatascience.com/anti-spoofing-techniques-for-face-recognition-solutions-4257c5b1dfc9>

[13] Spoofing útoky: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL:
<https://medium.com/datadriveninvestor/face-spoof-detection-e0d08fb246ea>

[14] Detekce životnosti: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL: <https://visagetechologies.com/face-anti-spoofing-face-recognition/>

SOČ šablona: [online]. [cit. 18.1.2020]. Dostupné z URL: <http://www.soc.cz/soc-krok-za-krokem/>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Logo soutěže Středoškolská odborná činnost - dostupné z http://www.soc.cz/soc-krok-zakrokiem/	4
Obr. 2: Biometrický systém – dostupné z [1, strana 15].....	8
Obr. 3: Chyby biometrického systému – dostupné z [1, strana 16].....	9
Obr. 4: Antropometrické body na hlavě – dostupné z https://www.anthropometricinstruments.com/antropometricke-body-na-hlave/ (upraveno)	11
Obr. 5: Antropometrické body na uchu – dostupné z https://www.doctorabel.us/auricular-acupuncture/anthropometry-of-the-outer-ear.html (upraveno).....	11
Obr. 6: Míšení ras – dostupné z http://ucime-se-zemak.blog.cz/0906/lidske-rasy (upraveno)	13
Obr. 7: Algoritmus na základě expertních znalostí – detekce očí – dostupné z [1, strana 157]. ...	15
Obr. 8: Algoritmus na základě expertních znalostí – detekce úst – dostupné z [1, strana 157]	15
Obr. 9: Princip kaskády klasifikátorů – dostupné z [1, strana 159].....	16
Obr. 10: Rekonstrukce 3D modelu z 2,5D skenů – dostupné z [1, strana 167].....	17
Obr. 11: Mrak bodů, polygonální síť, hloubková mapa – dostupné z [1, strana 168].....	17
Obr. 12: Detekce nosu pomocí profilových křivek – dostupné z [1, strana 170].....	18
Obr. 13: Využití algoritmu ICP na porovnání 3D modelu – dostupné z [1, strana 172].....	19
Obr. 14: Detekce obličeje v kriminalistice – dostupné z http://www.kriminalistika.unas.cz/obory/vzhled.htm (upraveno)	20
Obr. 15: Identikit – dostupné z https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/6110/kašik_2008_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y	21
Obr. 16: Obličeje vytisklé na 3D tiskárně – foto autora	26
Obr. 17: Namodelovaný obličej I. – foto autora	26
Obr. 18: Namodelovaný obličej II. – foto autora.....	27
Obr. 19: Namodelované i dokreslené obličeje – foto autora	27
Obr. 20: Obličej rozdělen na osm částí – foto autora	28
Obr. 21: Změna tvaru úst a nosu– foto autora	30
Obr. 22: Zvětšení nadočnicových oblouků – foto autora.....	30
Obr. 23: Zvětšení lícních kostí – foto autora	310
Obr. 24: Podvrh obličeje – foto autora.....	31

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Zakrývání částí obličeje – skener I.....	28
Tab. 2: Zakrývání částí obličeje – skener II.....	29
Tab. 3: Vliv změn geometrie 3D modelu obličeje na rozpoznávání	29
Tab. 4: Obličej a jeho <i>score</i>	33
Tab. 5: Foto a jeho <i>score</i>	33