

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

**Projekt iz predmeta Raspoznavanje uzoraka
Ak. god. 2016/17**

Deidentifikacija teksturnih karakteristika lica

Autori:
Nikola Bukovac
Tonko Čupić
Valerio Franković
Mate Kokan
Zvonimir Labor
Leon Šamec

Siječanj, 2017.

Sadržaj:

1. Uvod	1
1.1 PREGLED LITERATURE	1
1.2 DEIDENTIFIKACIJA.....	1
2. Tehnike i alati korišteni pri de-identifikaciji	2
2.1 ZAMJENA ZNAČAJKE.....	2
2.2 ZAMJENA FRIZURE.....	2
2.3 UKLANJANJE BORA.....	3
2.4 PROMJENA BOJE ZNAČAJKE	3
2.5 PROMJENA VELIČINE ZNAČAJKE	4
3. Slike	5
3.1 ISPITNA BAZA	5
3.1.1 <i>Freddie Mercury</i>	5
3.1.2 <i>Lady Gaga</i>	5
3.1.3 <i>Madonna</i>	6
3.1.4 <i>Hillary Clinton</i>	6
3.1.5 <i>Trump</i>	6
3.1.6 <i>Morgan Freeman</i>	7
3.1.7 <i>Anne Hathaway</i>	7
3.1.8 <i>Leonardo di Caprio</i>	8
3.1.9 <i>Emma Stone</i>	8
3.1.10 <i>Brad Pitt</i>	9
3.1.11 <i>Robert de Niro</i>	9
3.1.12 <i>Ivan Pernar</i>	10
3.2 TABLIČNI PRIKAZ MODIFIKACIJA	10
4. Razrada	12
4.1 REZULTATI EVALUACIJE	12
4.2 OPAŽANJA	12
5. Zaključak	15
6. Literatura	16

1. Uvod

1.1 Pregled literature

U ovom radu koristili su se raznoliki znanstveni članci koji pokrivaju teme očuvanja privatnosti deidentificiranjem slika lica[1], integracije korisnosti u deidentifikaciju lica[2], deidentifikacije lica[3], teksturnih značajki u analizi slike lica[4], pristupa detekciji lica temeljen na teksturi[5], precizno detaljne detekcije lica i značajki lica[6], raspoznavanja psiholoških karakteristika iz lica[7] te ljudskog raspoznavanja lica: devetnaest rezultata koje bi trebali poznavati svi istraživači iz područja računalnog vida[8]. U znanstvenom članku o očuvanju privatnosti de-identificiranjem slika lica predstavlja se *k-Same* algoritam – algoritam za omogućavanje privatnosti koji se opisuje i pod integracija korisnosti u deidentifikaciju lica te deidentifikacija lica. Rad teksturne značajke u analizi slike lica predstavlja lokalni binarni uzorak. U znanstvenom članku o pristupu detekciji lica temeljenom na teksturi raspravlja se o algoritmu koji iskorištava teksturna svojstva lica kako bi otkrio lica u raznim okolnostima.

1.2 Deidentifikacija

Nedavni napreci u tehnologiji snimanja kao i podržavajući *hardware* mnogostruko su olakšali rad s velikim skupovima vizualnih podataka. To je omogućilo široki spektar novih načina korištenja uključujući nabavu, obradu i dijeljenje slika. No, s druge strane, u mnogim od tih primjena postoji problem privatnosti koji se tiče ljudi koje se može uočiti u prizoru. Primjeri su servis *Google Streetview*, sustavi nadzora itd.

U većini ovih primjena, poznavanje identiteta ljudi u slici nije nužno. To čini slučaj *de-identifikacije* slike, odnosno uklanjanje informacija koje identificiraju osobu prije nego li se podatci podijele. Metode zaštite privatnosti su dobro utvrđene za strukturirane podatke, no rad na slikama je još uvijek ograničavajući. Implicitni cilj tih metoda je zaštita privatnosti i očuvanost koristi podataka, npr. mogućnost prepoznavanja spola ili izraza lica s de-identificiranih slika.

Svrha ovog rada je razvoj tehnologije koja razborito sačuva anonimnost ljudi čije slike su snimljene na javnim prostorima i koji su uključeni u legalnim aktivnostima dok se omogućuje dijeljenje video snimaka radi ostalih namjena.

Radi borbe protiv kriminala, video nadzor se proširio na raznolike javne prostore poput trgovina, bankomata, škola, autobusa, stanica podzemne željeznice, zračnih luka itd. Primjera radi, nedavni pregled *Times Square-a* otkrio je 500 vidljivih nadzornih kamera u zoni te sveukupno 2500 u gradu New Yorku. Prisustvo toliko mnogo kamera te prijedlozi za još više kamera prouzrokovali su protestiranje mnogih građana gdje se video kamere koriste u vezi sa *softwareom* prepoznavanja lica jer se time omogućuje mogućnost praćenja skoro svih ljudi većinu vremena.

Cilj ovog rada je omogućavanje dijeljenja video podataka sa znanstvenim jamstvom zaštite podataka održavajući podatke korisnim. Ono što je potrebno jest algoritam koji bi deidentificirao lica u video podacima tako da preostanu mnoge karakteristike lica, no da *software* prepoznavanja lica ne može pouzdano identificirati subjekte čije slike su uhvaćene u podacima. Ovaj rad formalno uvodi problem “deidentifikacije očuvanog lica” u kojem je *software* prepoznavanja lica sputan te su detalji, preostali na licu, minimalno iskrivljeni. Dijeljenje samo de-identificiranih podataka uspostavlja trenutno očekivanje privatnosti tako da društvo ne mora izabrati sigurnost između sigurnosti i privatnosti, već može imati oboje. Deidentifikacija video slika uključuje izmjenu slike originalnog lica.

2. Tehnike i alati korišteni pri de-identifikaciji

Za deidentifikaciju smo koristili popularne programe za manipulaciju slika kao što su Photoshop, te besplatnu alternativu Gimp. Cilj je uglavnom bio izmijeniti najprepoznatljivije značajke na licu, kao što su oči, usta i kosa. To se može raditi na 2 glavna načina: 1) izmijeniti postojeću značajku 2) zamijeniti tu značajku s lica druge osobe. Uglavnom smo se bavili drugim načinom jer je učinkovitiji za deidentifikaciju.

2.1 Zamjena značajke

Zamjena značajke može se objasniti na primjeru zamjene očiju u Photoshopu. Oči koje „ubacujemo“ potrebno je prvo okružiti pomoću alata Lasso te pritisnuti tipku „V“ nakon čega je moguće označeno područje premjestiti na odredišnu sliku. Zatim na novom sloju s očima koristimo naredbu za transponiranje (CTRL + T) čiji je cilj što bolje uskladiti 2 sloja. Kada novi sloj s novim očima više- dobro prekriva stare oči stisnemo Enter. Sljedeći korak je usklađivanje palete boja 2 sloja što radimo pomoću alata Merge Colors. Nakon toga potrebno je proširiti novi sloj s par piksela da bi se bolje uskladio na lice. To radimo pomoću alata Contract, a pretpostavljeni broj piksela je 5.

Sljedeće je potrebno izbrisati stare oči s lica, što radimo tako da označimo novi sloj s Ctrl + klik, te selektiramo stari sloj i pritisnemo Delete. Zadnji korak je novi alat dostupan u Photoshopu v. 15, a to je Auto Blend Layers, nakon što selektiramo oba sloja. On će spojiti i „blendati“ oba sloja na najčešće zadovoljavajući način. Ponekad će na granici između slojeva još uvijek postojati vidljiva granica, no to možemo popraviti relativno lako pomoću alata Clone Stamp.



Slika 2.1.1 Zamjena očiju

2.2 Zamjena frizure

U Photoshopu za zamjenu frizure postoji jedan drugi učinkovitiji način. Učitamo novi sloj sa željenom frizurom te ga namjestimo pomoću alata Transform da dobro pristaje staroj glavi. Nakon toga dodamo tom istom sloju novu vektorsku masku. Ona funkcionira tako da dijelove koje obojimo crno će zamaskirati u odnosu na sloj ispod, odnosno izbrisati. Masku obojimo tako da ostane vidljiva samo frizura. Tako dobivamo staro lice s novom frizurom.



Slika 2.2.1 Zamjena frizure

Za popravljavanje možebitnih vidljivih granica između slojeva možemo koristiti alate Blur ili Clone Stamp. Za mijenjanje boje i kontrasta koristili smo pomične trake kojima smo mijenjali ili RGB spektar boja ili svjetlinu i kontrast.

2.3 Uklanjanje bora

Dobar način za ukloniti bore u Photoshopu jest korištenje alata Healing Brush Tool. Prvo je potrebno odabrati izvor (ALT + lijevi klik). Za izvor se odabire krug oko neke glatke površine lica osobe. Nakon toga je potrebno lagano prijeći preko izborne površine (držanjem lijeve tipke miša). Pri tome treba paziti na veličinu kista, jer ako je radijus kista prevelik, može zahvatiti i zamutiti neželjene dijelove slike. Veličina kista može se podesiti tako da se drži tipka ALT, desna tipka miša te se pomicanjem miša u lijevu stranu radijus smanjuje, odnosno u desnu stranu povećava.



Slika 2.3.1 Uklanjanje bora

2.4 Promjena boje značajke

Jedan od načina za promijeniti boju neke značajke jest korištenjem alata Selective Color. Prvo je potrebno označiti određene dijelove slike koji predstavljaju odabranu značajku. To se može napraviti upotrebom alata Quick Selection Tool. Lijevim klikom miša se dodaju odabrani dijelovi, a držanjem tipke ALT i lijevim klikom se odstranjuju odabrani dijelovi. Uz to je također potrebno voditi računa o veličini kista. Nakon što su odabrane određene površine koje tvore određenu značajku, alatom Selective Color se mijenjaju nijanse određene boje u tom prostoru (značajke). Raznim kombinacijama moguće je dobiti određenu boju.



Slika 2.4.1 Promjena boje značajke

2.5 Promjena veličine značajke

Jedan od načina za promijeniti veličinu značajke jest korištenjem alata za transponiranje. Prvo je potrebno alatom „Lasso Tool“ označiti određenu značajku. Zatim se alatom za transponiranje (CTRL + T) mijenja veličina odabrane značajke. Nepravilnosti i praznine koje nastanu potrebno je popraviti. Prvo se pomoću alata „Clone Stamp Tool“ popune praznine. To se radi tako da se držanjem tipke ALT i lijevim klikom odabere izvor (površina kojom se želi popuniti praznina) te se lijevim klikom na prazninu ona popuni. Time nastaju i nove nepravilnosti, a one se ispravljaju korištenjem alata „Healing Brush Tool“. Proces je sličan kao i kod uklanjanja bora.



Slika 2.5.1 Promjena veličine značajke

3. Slike

3.1 Ispitna baza

3.1.1 Freddie Mercury



Slika 3.1.1 Djelomična modifikacija



Slika 3.1.2 Potpuna modifikacija

3.1.2 Lady Gaga



Slika 3.1.4 Djelomična modifikacija

Slika 3.1.1 Potpuna modifikacija



Slika 3.1.6 Originalna slika

3.1.3 Madonna



Slika 3.1.2 Djelomična modifikacija

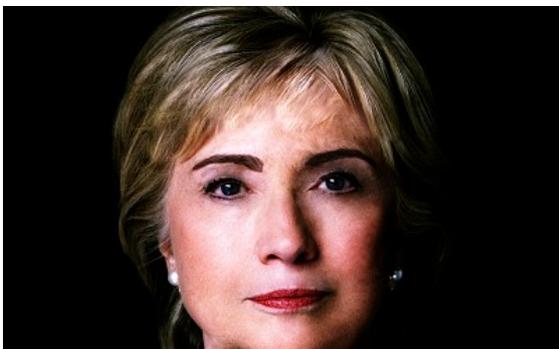


Slika 3.1.3 Potpuna modifikacija



Slika 3.1.4 Originalna slika

3.1.4 Hillary Clinton



a slika

3.1.5 T
ru
m
p



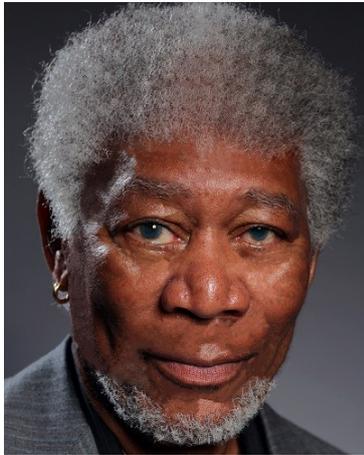
Slika 3.1.7 Djelomična modifikacija



Slika 3.1.14 Originalna slika

Slika 3.1.13 Potpuna modifikacija

3.1.6 Morgan Freeman



Slika 3.1.8 Djelomična modifikacija



Slika 3.1.9 Potpuna modifikacija



Slika 3.1.10 Originalna slika

3.1.7 Anne Hathaway



Slika 3.1.12 Potpuna modifikacija

Slika 3.1.13 Originalna slika

3.1.8 Leonardo di Caprio



Slika 3.1.14 Modifikacija



Slika 3.1.15 Originalna slika

3.1.9 Emma Stone



Slika 3.1.23 Modificirana slika

Slika 3.1.24 Originalna slika

3.1.10 Brad Pitt

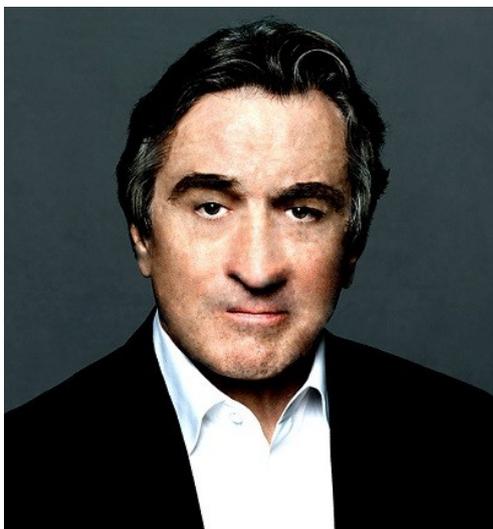


Slika 3.1.16 Modificirana slika

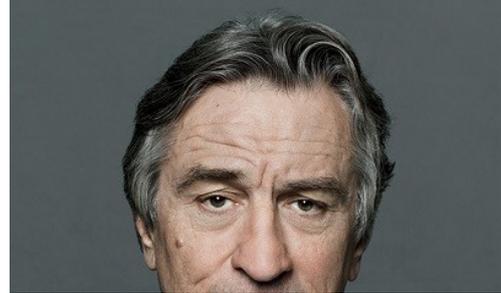


Slika 3.1.17 Originalna slika

3.1.11 Robert de Niro



Slika 3.1.18 Modificirana slika



Slika 3.1.19 Originalna slika



3.1.12 Ivan Pernar



Slika 3.1.20 Modificirana slika



Slika 3.1.21 Originalna slika

3.2 Tablični prikaz modifikacija

U nastavku su modifikacije prikazane tablično. Stupci čine značajke, dok redci osobe. Veliko slovo pored osobe se odnosi na to je li ta osoba djelomično modificirana ili potpuno (D za djelomično, P za potpuno). Modifikaciju određene značajke na nekoj osobi se opisuje određenim brojem plusseva. Što više plusseva, to je značajka jače modificirana. Npr., za kosu jedan plus označava male modifikacije (boja, manja promjena oblika), dok dva plusa označavaju potpuno mijenjanje frizure (najčešće lijepljenjem neke tuđe kose). Jedan plus kod bora označava brisanje bora, dok dva dodavanje bora.

	Obrve / Trepavice	Oči	Kosa	Bore	Brada/ Brkovi	Boja kože	Usta	Nos	Madeži, pjegice
--	----------------------	-----	------	------	------------------	--------------	------	-----	--------------------

F. MercuryD	++				+				
F. MercuryP	++				+		++		
Lady GagaD			++	++					
Lady GagaP		+	++	++		+			+
MadonnaD				+	+				
MadonnaP	+	+		+	+		+		
H. Clinton	+	+	+	+		+			
D. TrumpD	+		+	+		+	+		
D. TrumpP	+		+	+	+	+	+		
M. FreemanD			+	+	+			+	+
M. FreemanP	+	+	+	+	+	+		+	+
A. HathawayD	+		+				+	+	
A. HathawayP	+	+	+	++			+	+	
B. Streisand			+					+	
T. Turner			++						
E. Stone	+	+	+			+	+	+	
L. di Caprio	+	+	+	+		+	+	+	
R. de Niro	+		+	+	+			+	+
Eminem		++							
E. Presley			++		++		++		
V. Pusić	+	+	+	+		+			
M. Opačić	+	+	+			++			
B. Pitt	++	+	+	+	+			+	
J. Kosor	+	+	+	+		++	+		
I. Pernar	+	+	+		+	++	+		
T. Karamarko	+	+	+			++	+		

4. Razrada

4.1 Rezultati evaluacije

Osoba	Prepoznalo potpunu modifikaciju	Nije prepoznalo	Prepoznalo djelomičnu modifikaciju	Nije prepoznalo	Prepoznalo original	Nije prepoznalo	Mjera validnosti
M. Freeman	10	14	24	0	24	0	100%
A. Hathaway	7	17	11	13	12	12	50%
L. Di Caprio	19	5	-	-	24	0	100%
E. Stone	9	15	-	-	18	6	75%
R. De Niro	16	8	-	-	23	1	96%
B. Pitt	16	8	-	-	24	0	100%
J. Kosor	0	24	-	-	24	0	100%
Eminem	9	15	-	-	17	7	71%
E. Presley	14	10	-	-	19	5	79%
D. Trump	7	17	19	5	24	0	100%
H. Clinton	18	6	-	-	24	0	100%
J. Bieber	6	18	-	-	21	3	88%
F. Mercury	7	17	10	14	12	12	50%
Lady Gaga	0	24	0	24	21	3	88%
Madonna	6	18	13	11	20	4	83%

4.2 Opazanja

Na temelju evaluacije koja se provela nad velikim brojem nezavisnih evaluatora (eng. *crowdsourcing*), zapisana su sljedeća opazanja. Značajke koje najviše utječu na identifikaciju osobe su:

- Obrve
- Oči
- Kosa
- Bore
- Brada/brkovi
- Boja kože
- Usta

Svojstvena značajka neke osobe bi bila ona koja bi bila odgovor na pitanje “Po čemu ste prepoznali da je to osoba X?”. Kad netko ne bi mogao odgovoriti na to pitanje, moguće da se radi o osobi koja nema svojstvene značajke. Primjer svojstvene značajke poznate pjevačice Tine Turner je njezina kosa. S njezine slike je izrezano lice i zalijepljeno na lice pjevačice Whitney Houston čime je efektivno Tini Turner samo promijenjena kosa. Nakon te transformacije 5 od 6 ljudi nije moglo prepoznati da se radi o Tini Turner. Drugi primjer svojstvene značajke je nos Barbre Streisand. Nakon što joj je promijenjen samo nos većina ljudi ju je ipak uspjela identificirati. Ovo je u skladu s time da značajna promjena svojstvene značajke otežava identifikaciju samo iznadprosječno za tu značajku te da nemaju sve značajke jednaku važnost u identifikaciji.

Isprobana je deidentifikacija slike Hilary Clinton gdje su se na licu samo uklonile bore. Većina ljudi ju je uspješno identificirala. No, dodavanje bora na određene slike na kojima nije bilo bora u većoj mjeri smanjio postotak identifikacije. Moguće objašnjenje za taj fenomen je da bore isključuju mlađe osobe iz razmatranja.

Na slici Madonne najveći doprinos identifikaciji su bile nepromijenjene oči i obrve.

Prilikom mijenjanja boje kože na slici lica Morgana Freemana došlo je i do suprotnog efekta od željenog. Naime, odjednom ga je bilo lakše identificirati jer su mu se pri određenoj nijansi istaknule karakteristične crte lica.

Smanjenje veličine nosa na slici lica Morgana Freemana nije otežalo deidentifikaciju.

Dodavanje brade koje prekriva veliki dio lica slici Brada Pitta znatno je otežalo identifikaciju. Moguće objašnjenje za to je što takva brada sakriva mnogo karakterističnih crta lica. Dodavanje brkova Robertu de Niro otežalo je identifikaciju, ali ne znatno. Moguće objašnjenje za to je skretanje pažnje na osobe koje doista imaju brkove u stvarnosti.

Treba napomenuti koliko je osim teksture i geometrija važna pri identifikaciji osobe. Naime, slika lica Tomislava Karamarka bila je znatno zamućena, a prepoznat je po razmaku između očiju i konturi lica.

Na deidentificiranoj slici Vesne Pusić kao najznačajniji element za raspoznavanje navedeni su njezini obrazi, koji nisu bili deidentificirani u znatnoj mjeri.

Okviran zaključak o utjecaju značajki na identifikaciju što se tiče teksturnih obilježja tih značajki uz pretpostavku da osoba ima prosječan broj svojstvenih značajki:

- 50% svojstvene značajke, 50% ostale značajke

Nakon analiziranja slika ostale su nam određene pretpostavke:

1. Postoje skupovi značajki koji cjelovito sadrže više informacije nego zbroj informacija svake pojedine značajke u skupu zasebno. Pretpostavljamo da je dodatna informacija u rasporedu značajki (geometriji), a ona se gubi kako se deidentificira taj skup značajki.
2. Određena značajka neke osobe je svojstvena toj osobi ako je njena realizacija anomalija među realizacijama te značajke u reprezentativnom skupu osoba.

Prva pretpostavka bi se mogla objasniti činjenicom da je jedan dio mehanizma prepoznavanja ljudskog lica u ljudskom mozgu holistički tj. da su mu od značaja više značajki na ljudskom licu u pravilnom odnosu, premda s reduciranom informacijom [4].

Za drugu pretpostavku bi trebalo napraviti računalnu implementaciju detekcije anomalija*.

**Detekcija anomalije (primjer) - Ako bi se realizacija neke značajke prikazala kao vektor svojih obilježja, koji bi se mogao generirati Gaussovom distribucijom, ta bi značajka bila svojstvena značajka osobi kojoj pripada kada bi imala relativno vrlo malu vjerojatnost generiranja.*

Uz deidentifikaciju lica veže se bolest zvana prozopagnozija (*prosopagnosia*)[5]. To je kognitivni poremećaj koji bolesniku onemogućuje ili u većoj mjeri otežava prepoznavanje poznatih lica. Treba napomenuti da ljudima koji imaju tu bolest nije otežano prepoznavanje ostalih fizičkih objekata. Takvi ljudi mogu znatno pomoći u istraživanjima mehanizama u mozgu koji služe za raspoznavanja lica. Naime, točno se zna koji dio mozga je oštećen u prozopagnoziji.

Analizirajući statistiku identificiranja deidentificiranih osoba došli smo do određenih zaključaka. Sljedeći zaključci ne odnose se na direktno otežavanje identifikacije jer će svaka značajna promjena na licu otežati identifikaciju u nekoj mjeri.

1. Lica određenih osoba imaju jednu ili više svojstvenih značajki čija promjena, iznadprosječno za te značajke, otežava identifikaciju osobe.
2. Značajke čije odsustvo značajne promjene najviše pridonosi identifikaciji su: kosa, bore, i oči, no kada su u kombinaciji s obrvama.
3. Dodavanje bora licu bez bora više otežava identifikaciju nego uklanjanje bora licu s borama.
4. Promjena veličine nosa ne otežava jako identifikaciju, no ako se oblik nosa promjeni, znatno je otežava.
5. Promjena boje kose ne otežava jako identifikaciju, no ako se frizura promjeni znatno je otežava.
6. Promjena boje i veličine očiju ne otežava jako identifikaciju.
7. Promjena boje kože može i olakšati identifikaciju ako se pri toj promjeni boje naglase karakteristične crte lica.

5. Zaključak

Deidentifikacija lica osoba promjenom značajki lica kao što su nos, oči, usta, kosa, kompleksnost kože i drugih koje su pokrivene u ovom istraživanju, može se činiti kao jednostavan zadatak, ali ljudski mozak vrlo jednostavno povezuje određene značajke lica i odnose između njih te uspješno prepoznaje i lica nad kojima je napravljena i poprilična modifikacija značajki. Razlog zbog kojeg se i velikom modifikacijom značajki lica ne uspijeva de-identificirati lice može ovisiti o mnogo faktora kao što su ne modifikacija određene značajke koja je svojstvena određenoj osobi i koja na neki određuje i sami identitet te osobe bilo to nos, oči, madež ili neka druga značajka, također mala promjena dijelova lica koji se nalaze jedni pored drugih kao npr. oči i obrve uvelike pomažu identificiranju osobe.

Zahvaljujući provedenom istraživanju u kojem smo postupno mijenjali značajke lica pojedinih osoba uspješno smo deidentificirali nekoliko osoba mijenjanjem značajki njihovih lica ili njihovim prikrivanjem koje smo postigli mijenjanjem drugih značajki. Postepenim mijenjanjem značajki uspjeli smo kvalitetnije uočiti koje značajke najviše doprinose deidentifikaciji. Najveći uspjeh u deidentifikaciji je bilo mijenjanje značajki lica po kojoj je ta osoba poznata neovisno o tome koja je to značajka, mijenjanje kompleksa kože dodavanjem velike količine bora na cijelo lice kako bi se osoba učinila starijom, te mijenjanje značajki koje pokrivaju veliku površinu lica budući da se onda skreće pažnje s ostatka lica kao što je npr. dodavanje brade osobi koja ju nema.

Također smo primijetili i koje vrste modifikacija i nad kojim značajkama nemaju značajan utjecaj na deidentifikaciju. Prvo što je uočeno je da mijenjanje veličine pojedinih značajki nema željeni učinak kao što npr. povećavanje ili smanjivanje veličine očiju ili nosa te da male promjene oblika i teksture značajki također imaju premali utjecaj na deidentifikaciju kao što je npr. mijenjanje oblika nosa ili očiju. Mijenjanje boje značajki također nedovoljno utječe na deidentifikaciju lica što je primijećeno prilikom mijenjanja boje očiju.

Sve deidentifikacije koje se nakon provedenog javnog ispitivanja mogu smatrati uspješnima, imale su uglavnom ili veliki broj mijenjanih značajki ili promijenjene značajke koje imaju veliki utjecaj na samu deidentifikaciju.

Temeljem provedenog istraživanja i prikupljenih zaključaka možemo zaključiti da je za uspješnu deidentifikaciju potrebno promijeniti veći broj značajki lica, osobi karakteristične značajke te značajke koje bitno utječu na deidentifikaciju lica.

6. Literatura

1. Newton E., Sweeney L., Malin B. (2003) Preserving Privacy by De-identifying Facial Images. Pittsburgh, PA.
2. Gross R., Airoldi E., Malin B., Sweeney L. (2005) Integrating Utility into Face De-Identification. Pittsburgh, PA.
3. Gross R., Sweeney L., Cohn J., de la Torre F., Baker S. Face De-Identification.
4. Pietikäinen M., Hadid A. Texture Features in Facial Image Analysis.
5. Manian V., Ross A. A Texture-based Approach to Face Detection.
6. Ding L., Martinez A. M. Precise Detailed Detection of Faces and Facial Features.
7. Kamenskaya E., Kuhkarev G. Recognition of Psychological Characteristics from Face.
8. Sinha P., Balas B., Ostrovsky Y., Russel R. Face Recognition by Humans: Nineteen Results All Computer Vision Researchers Should Know About
9. <https://en.wikipedia.org/wiki/Prosopagnosia>