

TESTIRANJE ALGORITMOV ZA ISKANJE SINGULARNIH TOČK

Matic Tovšak, Peter Peer

Laboratorij za računalniški vid, Fakulteta za računalništvo in informatiko,
Univerza v Ljubljani,
Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana
E-pošta: {matic.tovsak, peter.peer}@fri.uni-lj.si

POVZETEK: *Analiza prstnih odtisov tipično temelji na položaju in vzorcih zaznanih singularnih točk na sliki prstnega odtisa. Vsak prstni odtis ponavadi vsebuje dve vrsti singularnih točk: jedra in delte. Zaradi tega singularne točke določajo topološko strukturo prstnega odtisa (tip prstnega odtisa) in vplivajo na orientacijsko polje. Število in lokacija singularnih točk imata pomembno vlogo pri klasifikaciji prstnih odtisov (pet razredov), s čimer se optimizira iskanje po velikih bazah prstnih odtisov. V tem prispevku si bomo ogledali test, s katerim bomo ugotovili učinkovitost obstoječega algoritma za iskanje singularnih točk, podali pa bomo tudi nekaj splošnih ugotovitev ter napotkov za testiranje tovrstnih algoritmov.*

1. UVOD

Leta 2009 smo razvili prototip sistema za verifikacijo oseb na podlagi prstnih odtisov [1]. Pri testiranju sistema se je izkazalo, da je na področju učinkovitosti sistema še veliko prostora za izboljšave. Ena izmed funkcij sistema, za katero se je izkazalo, da jo je vredno izboljšati, je tudi algoritem za iskanje singularnih točk. Lokacija in število singularnih točk predstavljata veliko vlogo pri razvrstitvi prstnih odtisov v enega od petih razredov (klasifikacija) in s tem pri optimizaciji iskanja odtisov po velikih bazah [2]. Zato smo v ta namen izvedli primerjalni test, s katerim želimo ugotoviti, kakšna je učinkovitost obstoječega algoritma v smislu pravilne detekcije singularnih točk. Test bo služil kot izhodišče za nadaljnje izboljševanje sistema na področju iskanja singularnih točk.

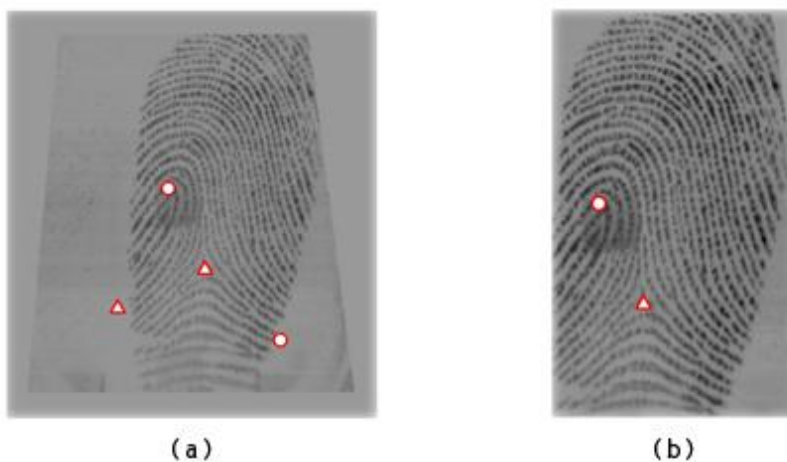
2. ALGORITMA

Preizkusili smo dva algoritma: obstoječega iz našega sistema (v nadaljevanju bomo temu algoritmu rekli FingerIdent, kot je sicer ime našemu sistemu) ter algoritem DORIC, katerega ime smo povzeli po t.i. DORIC funkciji, ki v tem algoritmu poskrbi za odstranitev lažnih singularnih točk. Slednji je bil predstavljen leta 2009 v [4]. FingerIdent izračuna položaj singularnih točk s pomočjo polja ukrivljenosti (angl.

curvature map), tip dobljenih singularnih točk pa se določi z metodo Poincare Index [1,3]. Metode, ki temeljijo na Poincare Index tehnikah iskanja singularnih točk se v praksi uporabljajo zelo pogosto, saj so preproste za implementacijo, vendar imajo tudi pomanjkljivosti, kot je npr. velika občutljivost na vsakršne poškodbe prstnega odtisa (ureznine). Tovrstna občutljivost omenjene metode večkrat pripelje do zaznave lažnih singularnih točk. DORIC algoritem nadgradi Poincare index metodo tako, da po začetni detekciji singularnih točk, ki se izvede z metodo Poincare Index, uporabi t.i. DORIC (Differences of the ORientation values along a Circle) funkcijo [4], ki izloči nepravilno zaznane oziroma lažne singularne točke. V nadaljevanju si bomo zato ogledali primerjavo rezultatov obeh algoritmov, še prej pa bomo nekaj besed namenili temu, kako smo oba algoritma testirali in kako ustvarimo optimalne pogoje za testiranje algoritmov za iskanje singularnih točk.

3. TESTIRANJE

Testiranje obeh algoritmov je potekalo nad bazo prstnih odtisov iz tekmovanja detekcije singularnih točk 2010 (Singular Points Detection Competition 2010 – SPD2010). Omenjena baza vsebuje skupaj 290 prstnih odtisov. Na vsakem od teh odtisov smo najprej izvedli korak segmentacije [1], s katerim ločimo prstni odtis od ozadja in se s tem izognemo procesiranju predelov slike, ki vsebujejo preveč šuma. Na ta način zmanjšamo število nepravilno zaznanih singularnih točk. Razliko prikazuje slika 1, iz katere je razvidno, da brez predhodnega koraka segmentacije (slika 1a) algoritem najde dve odvečni singularni točki (delto in jedro) in sicer v območju, ki je izven samega prstnega odtisa.



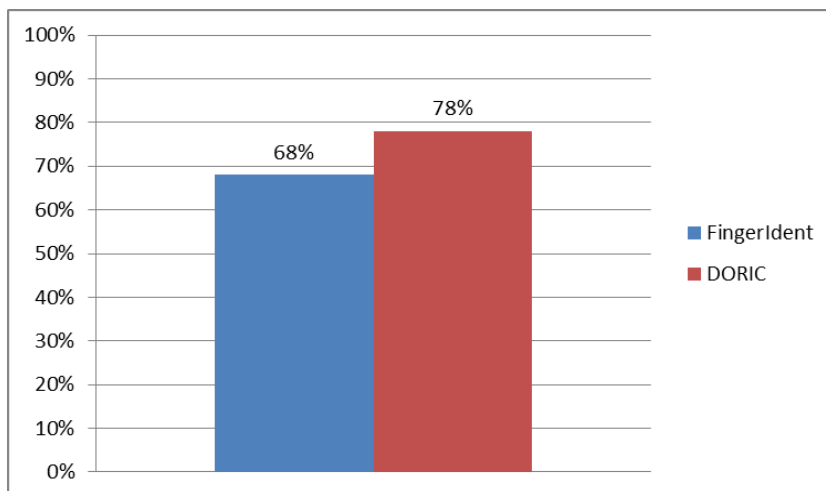
Slika 1: Primerjava detekcije singularnih točk na istem prstnem odtisu: (a) brez predhodnega koraka segmentacije, (b) s predhodnim korakom segmentacije

Po opravljeni segmentaciji smo najprej vizualno subjektivno preverili vsak odtis posebej in določili, koliko jeder in delt dejansko vsebuje (angl. groundtruth information). Po tem smo za namene testiranja tako za jedra kot tudi za delte uvedli tri različne kategorije in sicer: pravilno zaznana jedra oz. delte, napačno zaznana jedra oz. delte ter nezaznana jedra oz. delte. Preverili smo vse odtise ter sproti ustrezno določali, ali je posamezna singularna točka (jedro oziroma delta) pravilno zaznana, nepravilno zaznana ali nezaznana. Na podlagi rezultatov smo učinkovitost algoritmov določili s tremi kategorijami – delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi jedri, delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi deltami ter delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi singularnimi točkami. Za vsako od naštetih kategorij smo naredili tudi primerjalni graf, ki primerja rezultate algoritma FingerIdent z rezultati DORIC algoritma.

4. REZULTATI

4.1 Delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi jedri

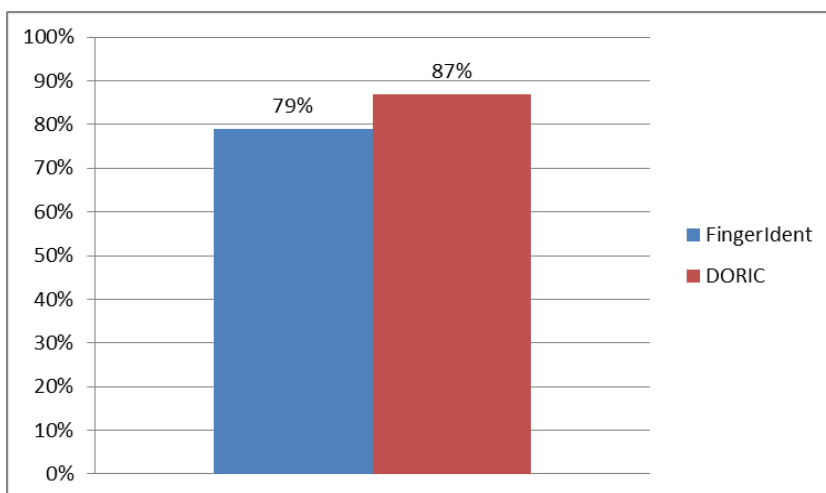
V kategorijo odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi jedri so se uvrstili vsi odtisi, pri katerih je algoritem našel pravilno število jeder ter njihov položaj. Če je bilo kakšno jedro zaznano nepravilno (to pomeni, da se bodisi število najdenih jeder ni ujemalo z dejanskim številom jeder, bodisi kakšno jedro ni bilo zaznano), smo odtis izvrgli oziroma ga nismo upoštevali. Število pravilno ali nepravilno zaznanih delt na ta rezultat ni imelo vpliva. Število odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi jedri je pri FingeIdentu znašalo 197, pri DORIC algoritmu pa 225 od skupno 290 odtisov iz baze. Na sliki 2 lahko vidimo, da se je tukaj DORIC algoritem izkazal boljše od FingerIdentu in sicer ga je prehitel za 10 odstotkov.



Slika 2: Rezultata deleža odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi jedri, kot jih dosežeta FingerIdent in DORIC algoritem. Slednji doseže 10 odstotkov boljši rezultat.

4.2 Delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi deltami

Sem smo uvrstili vse odtise, pri katerih je algoritem našel pravilno število delt ter njihov položaj. Če je bila kakšna delta zaznana nepravilno (to pomeni, da se bodisi število najdenih delt ni ujemalo z dejanskim številom delt na odtisu, bodisi kakšna delta ni bila zaznana), smo odtis izvrgli oziroma ga nismo upoštevali. Število pravilno ali nepravilno zaznanih jeder na ta rezultat ni imelo vpliva. Število odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi deltami je pri FingeIdentu znašalo 228, pri DORIC algoritmu pa 252 od skupno 290 odtisov iz baze. Primerjalni graf obeh algoritmov na sliki 3 nam pokaže, da je tudi tukaj DORIC algoritem prehitel FingerIdent in sicer za 8 odstotkov. Razlika je sicer manjša, kot pri rezultatih v razdelku 4.1, a prednost DORIC algoritma pred FingerIdentom ostaja.

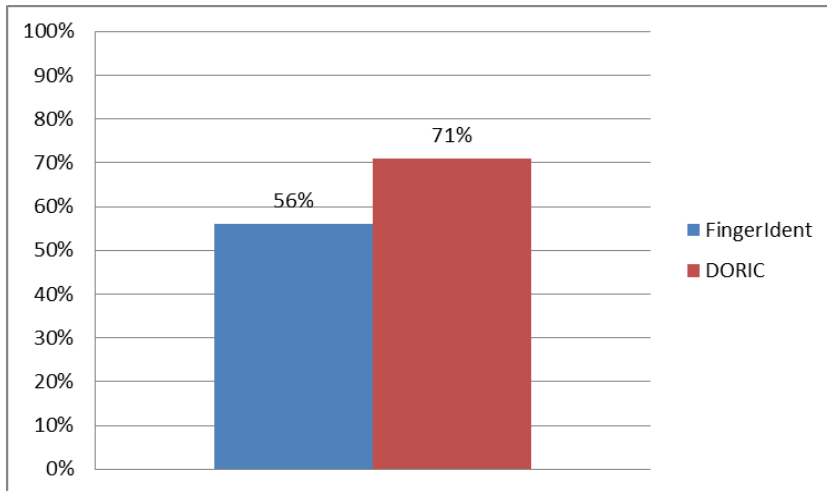


Slika 3: Rezultata deleža odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi deltami, kot jih dosežeta FingerIdent in DORIC algoritem. Slednji je 8 odstotkov v prednosti.

4.3 Delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi singularnimi točkami

Ker smo v razdelkih 3.1 in 3.2 predstavili rezultate, ki jih algoritma dosežeta ločeno za pravilno zaznana jedra ter delte, si oglejmo še delež popolnoma pravilno zaznanih singularnih točk (jedra in delte). V to kategorijo smo uvrstili le odtise, pri katerih je algoritem pravilno našel predhodno ugotovljeno število singularnih točk in njihov položaj, kar pomeni, da so bila popolnoma pravilno zaznana tako jedra, kot tudi delte. Če je bila katerakoli od singularnih točk nezaznana ali pa nepravilno zaznana, odtisa nismo upoštevali. Večjo učinkovitost DORIC algoritma nakazujeta že grafa v razdelkih 4.1 in 4.2 in tudi v tem primeru se izkaže, da DORIC algoritem doseže boljše rezultate. Število odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi singularnimi točkami je pri FingeIdentu znašalo 161, pri DORIC algoritmu pa 205 od skupno 290 odtisov iz baze. Iz grafa na sliki 4

lahko vidimo, da znaša delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi singularnimi točkami pri FingerIdentu 56%, pri DORIC algoritmu pa 71%.



Slika 4 – Rezultata deleža odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi singularnimi točkami (jedra in delte).

5. ZAKLJUČEK

Pomembna je predvsem ugotovitev, da pred samim testiranjem izvedemo korak segmentacije, s čimer ločimo prstni odtis od ozadja. Na ta način smo že v samem začetku zmanjšali verjetnost nepravilno zaznanih singularnih točk, hkrati pa smo za oba algoritma zagotovili enake izhodiščne pogoje za testiranje. Brez predhodnega koraka segmentacije bi, zaradi odvečno zaznanih singularnih točk, oba algoritma dala precej drugačne rezultate. Vidimo lahko, da se je DORIC algoritem odrezal občutno bolje kot algoritem za detekcijo singularnih točk v našem obstoječem sistemu FingerIdent. Delež odtisov s popolnoma pravilno zaznanimi singularnimi točkami je namreč pri DORIC algoritmu višji za 15 odstotkov. Razlike med algoritmoma pri deležih odtisov s pravilno zaznanimi jedri in deltami so sicer manjše, a še vedno signifikantne. Če sodimo po dobljenih rezultatih, je torej očitno, da je DORIC algoritem boljši od algoritma FingerIdent. Ti rezultati bodo služili kot izhodišče pri nadaljnjih izboljšavah sistema na področju algoritmov za iskanje singularnih točk.

LITERATURA

1. U. Klopčič, P. Peer, Fingerprint-based verification system: a research prototype, *Int. Conf. on Systems, Signals and Image Process.*, str. 150-153, 2010.

2. M. R. Rahimi, E. Pakbaznia, S. Kasaei, An Adaptive Approach to Singular Point Detection in Fingerprint Images, *AEU – International Journal of Electronics and Communications*, 58(5), str. 367-370, 2004.
3. D. Weng, Y. Yin, D. Yang, Singular Points Detection based on Multi-Resolution in Fingerprint Images, *Neurocomputing* 74(2011), str. 3376-3388, 2011.
4. J. Zhou, F. Chen, J. Gu, A Novel Algorithm for Detecting Singular Points from Fingerprint Images, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31(7), 2009.