

# Raspoznavanje osoba na temelju slike retine

Antonio Benc, Ante Gojsalić, Lucija Jurić, Una Pale

lipanj 2015.

## 1 Uvod

Raspoznavanje osoba na temelju slike retine je biometrijski postupak koji za raspoznavanje koristi raspored krvnih žila u retini. Iako nije raširen kao na primjer postupci identifikacije pomoću otiska prsta i glasa, DNK analize te slika šarenice ili lica, raspoznavanje na temelju slike retine ima neke prednosti u odnosu na ostale biometrijske metode identifikacije.

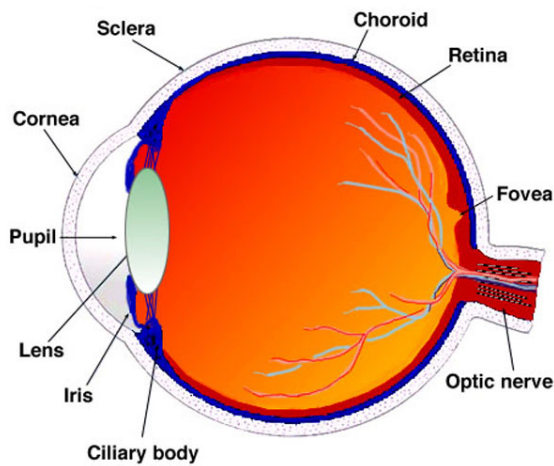
Prednosti u odnosu na identifikaciju pomoću otiska prsta jesu veća točnost, nepostojanje pogrešaka kod drugačijeg postavljanja prsta te pogrešaka zbog moguće prljavštine na prstima. U odnosu na prepoznavanje pomoću glasa prednosti su to što nema utjecaja pozadinske buke i to što je retina manje osjetljiva na promjene zbog bolesti ili stanja osobe. Glavna prednost u odnosu na DNK analizu je kraće vrijeme potrebno za dobivanje rezultata. Nedostaci ovog postupka su cijena opreme, pomalo neugodan postupak uzimanja slike za korisnika te potencijalne promjene retine zbog bolesti ili astigmatizma.

Kao što je već rečeno, ovaj postupak trenutno nema široku primjenu. Korišten je najčešće za odobravanje pristupa u komplekse s iznimno visokom razinom sigurnosti. Koriste ga tek neke vladine organizacije u SAD-u kao što su FBI, CIA i NASA.

## 2 Teorijske osnove

Na slici 1 dan je prikaz oka s označenim dijelovima. Na slici je vidljivo kako je retina unutarnja membrana, smještena u zadnjem dijelu oka. Kada je oko fokusirano, svjetlost izvan oka je projicirana na retinu.

Zbog složene strukture kapilara koje opskrbljuju retinu krvlju, retina svakog čovjeka je jedinstvena. Mreža kapilara u retini nije genetski određena tako da čak i kod jednojajčanih blizanaca ta mreža nije slična. Iako žile u retini mogu biti promijenjene kao posljedica dijabetesa, glaukoma ili poremećaja mrežnice, mrežnica ostaje nepromijenjena od rođenja do smrti. Iz tih razloga, identifikacija pomoću slike retine jedna je od točnijih biometrijskih



Slika 1: Presjek oka

metoda utvrđivanja identiteta. Netočnost ove metode iznosi jedan od 10 milijuna.

Slika retine dobiva se pomoću skenera koji emitira infracrvenu zraku niske energije u oko osobe koja gleda u okular skenera. Zraka se pomiče po retini po standardiziranom putu. Kapilare u retini apsorbiraju više svjetla nego tkivo koje ih okružuje tako da refleksija tijekom skeniranja varira. Nakon toga se slika digitalizira te se nad njom vrše operacije.

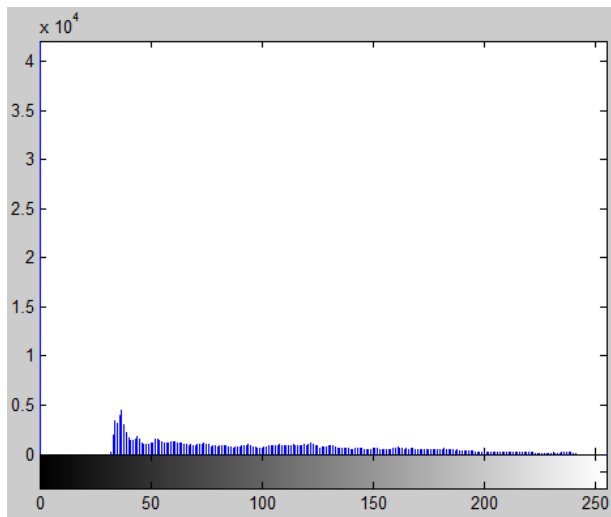
Algoritam koji je korišten podijeljen je na 3 koraka. U prvom koraku se metodom amplitudne segmentacije određuje centar optičkog diska. U drugom koraku se prilagođenim filtrom dobiva binarna slika na kojoj su izražene žile. U 3. koraku se dvije binarne slike retina poravnavaju pomoću centra dobivenog u drugom koraku

te se zatim određuje njihova razlika te se na temelju nje donosi odluka da li te dvije slike pripadaju istoj osobi.

### 3 Određivanje centra optičkog diska

Prvi korak u realizaciji sastoji se od određivanja položaja optičkog diska. Ovo područje je najsvjetliji dio slike i stoga se njegov položaj može odrediti amplitudnom segmentacijom slike. Taj položaj potreban je za kasnije poravnavanje slika kako bi se mogla izvršiti njihova usporedba. Prvo je potrebno zamutiti sliku konvolucijom s filtrom za usrednjavanje. Nakon toga vrši se ekstrakcija središnjeg dijela slike. Ovaj korak potreban je zbog moguće pojave svijetlih dijelova na rubovima koji bi utjecali na točnost rješenja. Ekstrakcija se vrši množenjem po elementima originalne slike s maskom koja se sastoji od jedinica na središnjem dijelu i nula na rubovima. S obzirom da se optički disk na svim slikama nalazi blizu sredine uklanjanjem rubnih područja ne gubi se na točnosti rješenja.

Nakon što su uklonjeni nepotrebni dijelovi potrebno je pronaći najsvjetliji dio slike. Prvi korak u ovom postupku je dobivanje histograma te izračun udjela svijetlog dijela. Primjer histograma za slike retine dan je na slici 2. Eksperimentalno je dobiveno da se za većinu slika najbolji rezultati dobiju kada se pretpostavi da udio svijetlog područja iznosi otprilike 1.5% ukupne površine histograma.



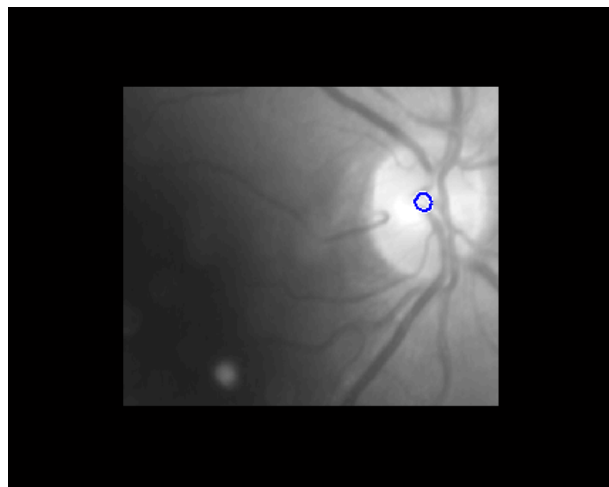
Slika 2: Histogram

Potom se vrši generiranje binarne maske svijetlih dijelova s granicom izračunatom iz histograma. Zadnji korak je izračun koordinata granica optičkog diska iz te maske. Rezultat detekcije optičkog diska prikazan je na slici 3.

## 4 Prilagođeni filtar i binarna slika

Drugi korak je detekcija žila pomoću prilagođenog filtra. Za razliku od detekcije rubova prilagođeni filtar uzima u obzir oblik objekta koji se želi detektirati te daje rezultate s puno manje diskontinuiteta. Prilikom projektiranja prilagođenog filtra promatrane su 4 karakteristike krvnih žila u slikama retine:

1. Krvne žile imaju malu zakrivljenost te mogu biti aproksimirane linearnim



Slika 3: Detektirani disk

segmentima po dijelovima

2. Budući da slabije reflektiraju svjetlost od ostalih dijelova retine, na slikama su tamnije od pozadine. Žile gotovo nikad nemaju oštre rubove. Iako intenziteti različitih žila variraju, mogu se aproksimirati Gaussovom krivuljom.
3. Iako se širina žile smanjuje kako se žila udaljava od optičkog diska, takva promjena je postepena.
4. Može se pretpostaviti da su žile simetrične po duljini.

Prilagođeni filtar treba imati oblik kao i objekt koji se želi detektirati. Uzimajući u obzir gore nabrojane karakteristike žila, prilagođeni filtar bit će oblika:

$$h(d) = -\exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

gdje je  $d$  širina žile, a  $\sigma$  određuje raširenost Gaussove krivulje.

U dvodimenzionalnom prostoru potrebno je uzeti u obzir da se žile mogu pojavljivati pod bilo kojim kutem te filter mora biti rotiran za sve moguće kuteve (0-180). Gaussova krivulja je beskonačne duljine tako da je određeno da će biti odrezana do  $\pm 3\sigma$ . Duljina segmenta žile koji želimo detektirati označena je s  $L$ . Tako da je veličina maske koja određuje prilagođeni filter  $L \times 6\sigma$ . Formula za računanje koeficijenata maske je:

$$K_i(x, y) = -\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right), \quad (2)$$

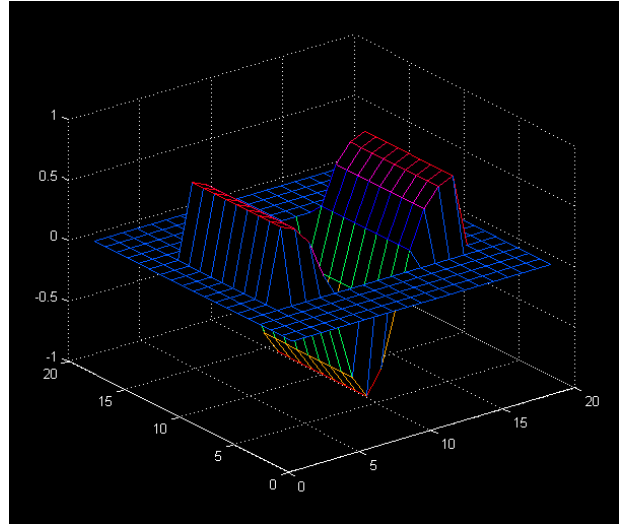
$$x \in [-3\sigma, 3\sigma], y \in [-L/2, L/2].$$

Dakle maska će imati sljedeći oblik:  $L$  istih redaka pri čemu je redak ograničena Gaussova funkcija. Za ovaj slučaj odabran je  $L=9$  i  $\sigma=2$ . Za zadane parametre maska je prikazana slikom 4.

Nakon generiranja maske potrebno joj je postaviti srednju vrijednost na 0. To se izvršava tako da se srednja vrijednost izračuna po formuli

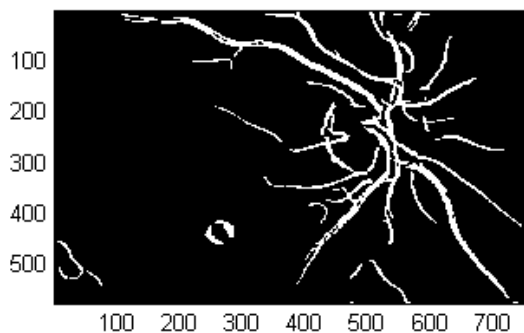
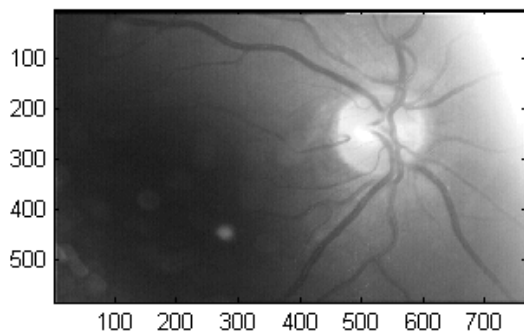
$$m = \frac{1}{6\sigma \cdot L} \sum_{\substack{x \in [-3\sigma, 3\sigma] \\ y \in [-L/2, L/2]}} K_i(x, y), \quad (3)$$

te se nakon toga od svakog koeficijenta oduzme ta srednja vrijednost. Zatim se maska i normalizira dijeljenjem s maksimalnim koeficijentom u maski. Da se koeficijenti maske ne bi gubili pri rotaciji maske, maska je proširena sa svake

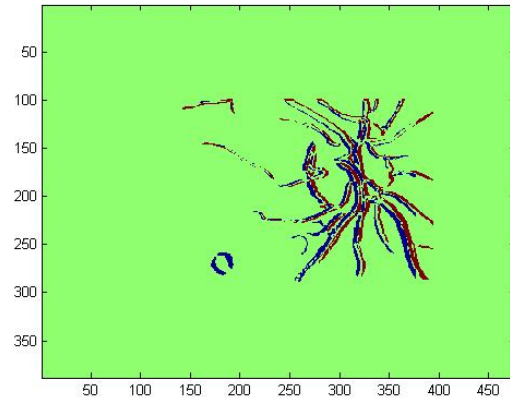


Slika 4: Korištena maska

strane s nulama. Ovo omogućava da se u svakom kutu filtracije koristi maska iste veličine. Sada je moguće primjeniti filter pod različitim kutevima. Prvo se rotira maska za odabrani kut, zatim se vrši konvolucija. Binarna slika se dobiva tako da se odabere prag za vrijednosti rezultata konvolucije. Prag je određen automatski tako da je 4% točaka najveće vrijednosti nakon filtracije proglašeno dijelom žila. Korak kuta u ovom slučaju iznosi 10 stupnjeva. Nakon rotacije za sve kuteve, dobivene slike se pomoću ILLI operacije objedine u jednu sliku. Na kraju se na binarnoj slici uklanjaju objekti koji su manji od 125 piksela, kako bi se ukonile slabije detektirane žile i ostali objekti. Rezultat detekcije žila navedenim algoritmom prikazan je slikom 5.



Slika 5: Originalna slika i rezultat detekcije žila



Slika 6: Preklapanje originalnih binarnih slika

## 5 Razlika dviju slika

Odluka o tome pripadaju li dvije različite slike retine istoj osobi donosi se na temelju razlike prethodno izračunatih binarnih slika. Problem u procesu oduzimanja predstavlja činjenica da su slike često translahirane i rotirane za neki manji kut. Kako bi se riješio taj problem potrebno je najprije odrediti referentnu točku na slikama. Odabrana referentna točka je središte optičkog diska dobivena postupkom amplitudne segmentacije i ona služi za poravnavanje slika u procesu oduzimanja.

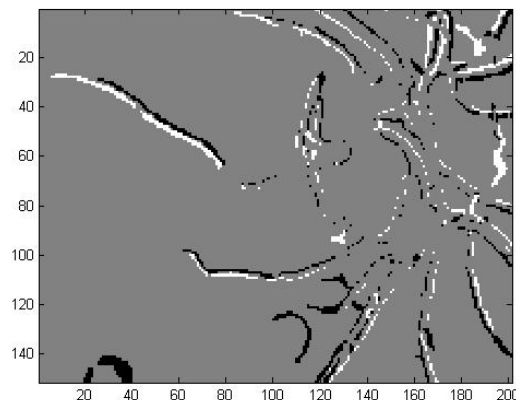
Razlika slika računa se oduzimanjem dvije binarne slike. Proces izračunavanja razlike započinje podotipkavanjem slika za faktor 2 kako bi se smanjio vrijeme izvođenja operacija. Nakon toga potrebno je proširiti slike te ih preklopiti. Kao što je vidljivo na slici 6 preklapanjem originalnih slika

najčešće dolazi do većih odstupanja. Kako bi postigli što je moguće bolje preklapanje jednu sliku uzmemo kao referentnu, a drugu transliramo u pozitivnom i negativnom horizontalnom i vertikalnom smjeru za 25 piksela s korakom od 1 piksel te rotiramo od  $-5$  do  $+5$  stupnjeva s korakom od  $0.5$  stupnjeva. Prilikom svake transformacije računamo razliku dviju slika te pamtimo parametre za koje je razlika najmanja.

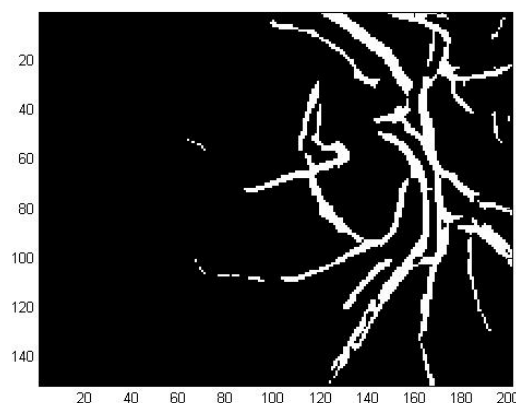
Nakon što je pomakom i rotacijom dobivena najmanju razliku za odabrani par slika, potrebno je odlučiti pripadaju li slike retine istoj osobi. Ovaj postupak započinje rotacijom i translacijom druge slike s parametrima za koje se dobiva najmanja razlika. Nakon toga množimo jednu binarnu sliku s faktorom dva te od nje oduzmemo drugu binarnu sliku. Na novonastaloj slici smo postigli da pikseli s vrijednošću 1 označavaju mjesta preklapanja žila. Mjera za donošenje konačne odluke je postotak poravnatih piksela koji predstavlja omjer jedinica (preklopljenih piksela) u novonastaloj slici i ukupnog broja jedinica u binarnoj originalnoj slici. Primjer razlike dviju binarnih slika vidljiv je na slici 7, a primjer preklapanja vidljiv je na slici 8. Na slici 7 vrijednosti piksela iznose  $-1$ ,  $0$  ili  $1$ , dok na slici 8 iznose samo  $0$  ili jedan ovisno o tome jesu li žile ispravno preklopljene.

## 6 Rezultati

Za većinu slika algoritam daje dobre rezultate. Za slike iste osobe koje su neznatno



Slika 7: Razlika binarnih slika



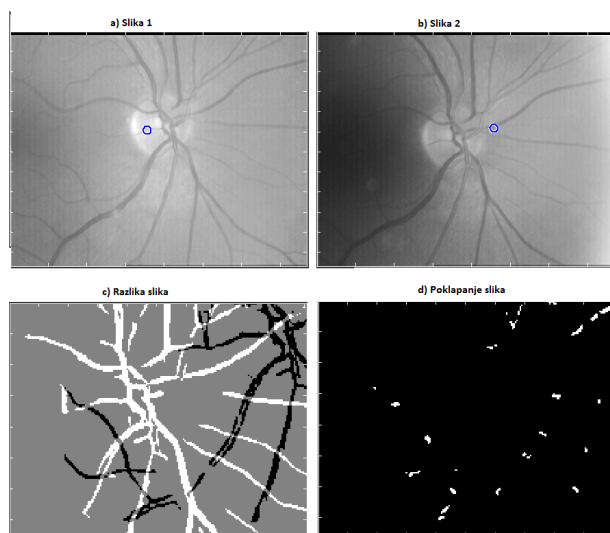
Slika 8: Točno preklopljene žile

izmijenjene daje postotak poravnatih piksela iznad 90%. Za slike iste osobe koje se dosta razlikuju, na primjer, drugačiji kontrast i osvjetljenje ili velika razlika između centara optičkih živaca postotak poravnatih iznosi između 60% i 70%. Za slike različitih osoba postotak poravnatih iznosi između 20% i 30%.

Do nemogućnosti prepoznavanja može doći kada na jednoj od slika optički disk nije dobro prepoznat. Primjer ovog slučaja dan je na slici 9. Na slici b) optički disk nije pravilno prepoznat i nalazi se daleko od pravog ishodišta živca, te od ishodišta koje je prepoznato na slici a). Nakon poravnavanja ove slike se ne uspiju poklopiti te ne dolazi do identifikacije. Do nepravilnog određivanja optičkog diska dolazi većinom kod slika koje su svjetlije od prosječne svjetline svih slika retine sadržanih u bazi. Tada odabrani vrijednost od 1.5% za određivanje optičkog diska nije zadovoljavajuća i dolazi do pogrešne detekcije.

## 7 Zaključak

Raspoznavanje osoba na temelju slike retine postupak je koji trenutno nije jako raširen, no ima brojne prednosti nad postupcima za identifikaciju koji se trenutno široko primjenjuju. Retina je jedinstvena za svaku osobu i jako je otporna na promjene. Također, mreža žila u retini je jako kompleksna. Ova svojstva čine slike retine zanimljivima za primjenu identifikacije osoba.



Slika 9: Primjer slika iste osobe kod kojih dolazi do pogrešne detekcije

S obzirom da dvije slike iste retine nisu potpuno identične, naime moguće su malene translacije ili rotacije prilikom snimanja slike, potrebno je odrediti neki element u slici kao referencu. Za nju se idealnim pokazao optički disk. To područje u većini slučajeva je najsvjetlije područje na slici. Uz to, na tom je dijelu mreža žila najgušća i najkompleksnija, tako da je dovoljno vršiti usporedbu slika područje koje se nalazi u njegovoj neposrednoj blizini. Da bi se spriječio utjecaj svjetline slika na rezultate potrebno je detektirati samo dijelove relevantne za usporedbu, to jest mrežu žila. Detekcija žila vršena je prilagođenim filtrom jer on u obzir uzima oblik objekta kojeg se želi detektirati i daje rezultate s puno manje diskontinuiteta. Nakon što su ekstrahirani svi potrebni podaci izvršena je usporedba dvaju slika. Prilikom

usporedbe jedna slika je uzeta kao referentna, dok se druga translatirala i rotirala. Prilikom tih geometrijskih operacija upamćeno je za koji slučaj je dobiveno najbolje poklapanje i za njega se računa postotak preklopljenih piksela u odnosu na originalnu sliku. Na temelju te mjere zaključeno je radi li se o slikama koje pripadaju istoj osobi.

## 8 Literatura

- [1] C. Marino, M.G. Penedo, M. Penas, M.J. Carreira, F. Gonzales, "Personal authentication using digital retinal images", Springer-Verlag London Limited, siječanj 2006
- [2] S. Chaudhuri, S. Chatterjee, N. Katz, M. Nelson, M. Goldbaum, "Detection of Blood Vessels in Retinal Images Using Two-Dimensional Matched Filters", IEEE Transactions on Medical Imaging, vol. 8, no. 3, rujan 1989.