

Prepoznavanje lica primenom analize osnovnih komponenti

Živana Nikolić

Sadržaj- Predloženo je jedno od mogućih rešenja za prepoznavanje lica korišćenjem "Metode Osnovnih Komponenti" (Principal Component Analysis, PCA), na osnovu sopstvenih vektora (eigenvectors) i sopstvenih vrednosti (eigenvalues).

Za smeštanje podataka o licima i slika lica umesto baze podataka koristi se struktura foldera. Sama struktura je vrlo precizno definisana. Navedene strukture foldera kreiraju se i modifikuju aplikacijom pisanom u Borland Builder-u. Za kreiranje grafičke korisničke sprege korišćen je alat guide koji je sastavni deo Matlab paketa.

Ključne reči- eigenfaces, eigenvectors, eigenvalues, eigenimages, principal component analysis (PCA)

I. UVOD

Tehnologija snimanja i memorisanja jedinstvenih fizičkih karakteristika ljudskih bića (kao što su lice, otisak prsta, zenice ili mrežnjače oka, glas itd) u svrhu uspostavljanja i potvrđivanja digitalnog identiteta osoba predmet je brojnih izučavanja. Biometrija predstavlja automatizovan metod utvrđivanja identiteta osobe na osnovu fizioloških karakteristika. Ovakvi sistemi omogućavaju da jedinstvenost osoba nije zavisna samo od onoga što ona zna (kao što je slučaj sa lozinkom), ili nečega što ona poseduje. Biometrija zavisi od fizičkih karakteristika individue—nečega što je i jedinstveno i neodvojivo vezano za tu osobu. Biometrija ne može da se zaboravi, izgubi, pozajmi ili ukrade.

Biometrijske karakteristike individue uzimaju se i memorišu u postupku registracije, a potom se u zavisnosti od same osobine periodično obnavljaju. Kasnije se uzeti uzorak koristi kao referentni biometrijski uzorak, za verifikaciju i identifikaciju. Prilikom provere ponovno se snimaju biometrijski podaci i upoređuju sa referentnim uzorkom. Ova tehnologija danas je u širokoj upotrebi u većini kritičnih aplikacija za utvrđivanje i proveru identiteta korisnika. Ona može da značajno unapredi provere koje su deo procesa vezanih za identifikaciju. Kako raste potreba za višim nivoom sigurnosti, tako su biometrijski sistemi sve precizniji, pouzdaniji i brži i nalaze sve veću primenu u delatnostima gde je neophodno nedvosmisleno utvrditi ili potvrditi identitet osobe.

Neke od najpoznatijih i najrasprostranjenijih biometrijskih metoda su: otisak prsta, crte lica, geometrija ruke, raspored vena, skeniranje oka, prepoznavanje glasa,...

U ovom radu posebno je analiziran postupak za upoređivanje crta lica.

Živana Nikolić, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija (e-mail: zivananikolic@gmail.com)

A. Crte lica

Danas se za prepoznavanje ljudskog lica koriste kamere i personalni računari sa odgovarajućim softverom. Prednost ovog načina identifikacije u odnosu na stari gde su se koristile samo fotografije osumnjičenog jeste to što je neupadljiv, efikasniji i teže ga je prevariti. Lice za nas predstavlja osnovni način na koji razlikujemo i pamtimo osobe, ali mi ljudsko lice doživljavamo kao celinu. Prilikom softverskog prepoznavanja lica ono se razlaže na oko 80 karakteristika, kao što su rastojanje između očiju, širina i dužina nosa, jagodice, brada, oblik vilice... Sve te karakteristike se zatim pretvaraju u numerički oblik. Taj niz cifara naziva se otisak lica. Za uspešno prepoznavanje potrebno je poklopiti između 15 i 20 karakteristika.

Tehnologija prepoznavanja lica izuzetno je zanimljiva jer, slično otiscima prstiju, postoje velike baze fotografija ili se mogu lako formirati. Takođe, proces identifikacije je jednostavan, a pojedinac čak nije ni svestan da se vrši određivanje njegovog identiteta. Međutim, tehnologija prepoznavanja lica još uvek je u razvoju i oslanja se i dalje u velikoj meri na ljudskog operatera. Najveća primena softvera za prepoznavanje lica nalazi se u službi reda i zakona, to jest za pronalaženje osumnjičenih u masi. Moguće primene sistema zanimljive su i raznovrsne.[1]

II. TEORETSKE OSNOVE METODE (PCA) ZA PREPOZNAVANJE LJUDSKOG LIKA

U ovom poglavlju data je teorija na kojoj počiva PCA metoda. Identifikacija šablona u podacima, koji može predstavljati bilo šta i predstavljanje podataka na takav način da se istaknu njihove sličnosti i razlike je najopštiji slučaj PCA metode. Kada podaci opisuju vektore vektorskog prostora sa velikim brojem dimenzija, PCA metoda je vrlo moćan alat za analizu podataka. Najbitnija odlika PCA metode jeste mogućnost komprimovanja podataka bez gubitaka, naravno posle nalaženja šema u podacima.

Kod prepoznavanja lica PCA se koristi za proračun matematičkih karakteristika slika ljudskog lika. Svaka slika predstavlja se kao n-dimenzionalni vektor X . Dimenzija n može biti veoma velika, reda nekoliko hiljada. Glavna funkcija PCA metode je redukcija dimenzije, tj. mapiranje n-dimenzionalnog vektora X u m-dimenzionalni prostor gde je: $m < n$. Može se reći da lica leže u podprostoru prostora slika.

Kada smo izvršili transformaciju slika lica u novi prostor, preostaje nam prepoznavanje lica. Ono se vrši na osnovu udaljenosti tačaka u novom prostoru lica. Prepoznavanje sličnih lica jednako je identifikovanju koja tačka je najbliža ispitivanoj tački, u novom prostoru lica. Ako je osoba predstavljena sa više slika u bazi, problem je odrediti kojoj grupi slika je ulazna slika najviše slična.

Problem prepoznavanja lica može se ukratko formulirati na sledeći način: Na datoj statičnoj slici identifikovati jednu ili više osoba koristeći već postojeću bazu podataka.

A. Faze u prepoznavanju ljudskog lica:

1. Deljenje slike na delove koji sadrže po jedno lice

Ovaj problem poznat je kako detekcija lica. Kompleksnost problema može biti veoma velika. Jedan od parametara koji usložnjavaju dekompoziciju slike sa više lica na delove slike sa po jednim licem jeste broj osoba na slici. Veći problem od broja osoba na slici je veličina lica. Dva algoritma se ističu kada je u pitanju izdvajanje lica.

Prvi algoritam bazira se na detektovanju ivica između objekata. Detektovane ivice se, ako algoritam odluči tako, povezuju. Najbolji primer je slika osobe na jednojbojnoj podlozi koja se dosta razlikuje od boje lica osobe. Ako se slika u boji pretvori u crno belu sliku i normalizuje, algoritam za detekciju ivica će vrlo lako izdvojiti obrise lica koji će najverovatnije imati prekide u predelu ušiju i kose. Algoritmi koji procenjuju da li je nešto celina ili ne uglavnom su zasnovani na heuristici (primena predhodno stečenog znanja) i realizuju se na modelima neuronskih mreža.

Nakon izdvajanja ivica i njihovog spajanja u celine, na red dolaze algoritmi za prepoznavanje oblika lica. Uglavnom se koristi Houghova transformacija za poređenje celina sa eliptičnim oblicima koji odgovaraju obliku lica (standardni oblik lica). Kada se uoči da celina ima veliko poklapanje sa eliptičnim oblikom, proglašava se licem i traži se njeno središte i izdvaja se iz slike kao posebna slika spremna za sledeći stepen u prepoznavanju.

Drugi algoritam koji se koristi jeste poređenje celina na slikama sa detaljnijim opisom lica od elipse. Na primer traži se trougaoni oblik koji obrazuju oči i usta. Jedan od načina za poboljšavanje ovog algoritma jeste i uvođenje dodatnih referentnih tačaka kao što su na primer uši ili brada.

2. Pronalaženje zajedničkih karakteristika slika osoba

Postoje dve važne metode koje se razlikuju po načinu prilaska problemu izdvajanja zajedničkih osobina i razlika. Prva grupa su **holističke** metode koje uzimaju karakteristike celog lica kao celine. Druga grupa su **parcijalne** metode i one se bave karakteristikama pojedinih delova lica, npr. očiju, kose, nosa, brade, itd. Parcijalne metode zahtevaju dodatno particionisanje slike na delove lica čije se osobine analiziraju i zato su komplikovanije od holističkih metoda. Od holističkih metoda odabrana je PCA metoda i ona će biti detaljno opisana u nastavku.

3. Donošenje odluka

Poslednja, treća, faza vezana je za odluke koje se donose na osnovu podataka iz predhodne faze. Ova faza se može grubo podeliti u tri dela:

- identifikacija osobe
- prepoznavanje osobe i
- kategorizacija

Identifikacija se odnosi na nalaženje osobina likova na slici. Prepoznavanje se svodi na odlučivanje da li je osoba već viđena odnosno da li postoji u bazi slika. Kategorizacija predstavlja najkomplicovaniji deo celog postupka.

B. Vektorizacija slike

Slika osobe je matrica piksela. Pikseli predstavljaju jačinu osvetljenja i boja na svakoj koordinati matrice. U zavisnosti od formata u kome slika digitalizovana piksel može biti samo kombinacija tri boje, crvene, zelene i plave ili jačine osvetljenja i navedene tri boje.

U ovom radu odbacuju se sve boje i ceo postupak se oslanja samo na nivo osvetljenja na slici. Prilikom prelaska sa slike u boji na sliku koja samo sadrži nivo osvetljenja, gube se podaci, ali to nije problem prilikom prepoznavanja lica, naročito u metodi koja je odabrana. Čak i redukcija širine opsega sivih nijansi ne unosi veće greške u prepoznavanje lica.

Na početku algoritma vrši se vektorizacija slike. Ona podrazumeva spajanje vrsta matrice redom u vektor. Ako je slika bila dimenzija širina \times visina, dimenzije dobijenog vektora su (širina \times visina) \times 1.

C. Prostor slika

Svaka slika pripada nekom vektorskom prostoru. Nazovimo taj prostor prostorom slika. Prostor slika dimenzija širina \times visina sadrži sve slike dimenzija širina \times visina i njegova dimenzija je (širina \times visina). Osnova ovog prostora su širina \times visina vektora.

U daljem radu pretpostavlja se da sve unete slike imaju navedene osobine. Slike navedenih osobina su rezultat faze detekcije lica i particionisanja slike koja nije predmet ovog rada.

Ceo prostor slika zbog svoje veličine nije pogodan za traženje osobina lica osoba. Broj operacija koje treba obaviti se znatno povećava sa porastom dimenzija prostora slika zato je vrlo bitno napraviti prostor manjih dimenzija u koji će se slike prebaciti i time smanjiti kompleksnost problema i broj računskih operacija.

Postoji više načina za određivanje baze redukovanog prostora. U ovom radu koristi se PCA metoda. Njen cilj jeste da redukuje dimenzije prostora, nalaženjem baze redukovanog prostora tj. prostora lica, tako da nova baza dobro opisuje lica. Kako je već pomenuto, PCA metoda nalazi sličnosti i razlike nad skupom podataka što se u ovom slučaju odnosi na lica. Matematički rečeno, računa se totalna varijansa u prostoru slika i pokušava da se opiše sa što manje promenljivih. Manji broj promenljivih znači i manju dimenziju prostora lica. Činjenica da su na slici lica susedni pikseli korelisani, u velikoj meri olakšava postupak računanja varijanse koja opisuje međusobnu zavisnost podataka. Loša strana PCA metode jeste da se unapred ne može utvrditi koja će biti dimenzija prostora lica.

Rezultat izvođenja PCA metode preko paradigme neuronskih mreža isti je kao i kada se metoda izvodi koristeći statistiku. Dovoljno je znati matricu svojstvenih vektora da bi se uradila rekonstrukcija lica.

III. MATLAB KOD

U ovom poglavlju opisan je Matlab kod kojim je realizovana PCA metoda. Nisu korišćeni nikakvi dodatni

alati (eng. toolbox) (npr. Matlabov alat za procesiranje signala, rad sa fuzzy logikom) već je sam kod napisan koristeći samo osnovne Matlab funkcije.

Matlab programski paket okrenut je ka matematici i brzom razvoju algoritama i ne poseduje ugrađene funkcije za rad sa bazama podataka. Kao posledica ovoga, za smeštanje podataka o licima i slika lica umesto baze podataka se koristi struktura foldera. Zbog svoje okrenutosti matematičkim problemima Matlabu takođe nedostaju, već odavno u ostalim paketima uobičajene, funkcije za rad sa prozorima i grafičkom korisničkom spregom. Ovo je donekle ispravljeno pomoćnim alatom guide.

Guide je aplikacija namenjena kreiranju grafičke korisničke sprege vrlo skromnih mogućnosti i za sada komplikovanog načina rada. Ova aplikacija iskorišćena je za pokretanje Matlab koda koji je predhodno testiran bez vizuelnog okruženja. Matlab aplikacija napravljena je tako da bude što jednostavnija za korišćenje.

Aplikaciju koja služi za kreiranje i održavanje već navedene strukture foldera napisana je u Borland Builder aplikaciji. Ova odluka može se obrazložiti veoma dobrom podrškom za kreiranje korisničkog okruženja koja je ugrađena u Borland Builder aplikaciju.

PCA metoda se može podeliti na dva dela. Na deo koji preuzima test slike i na osnovu njih pravi matricu koja služi za prelaz iz jednog prostora u drugi. Drugi deo preuzima rezultate prvog dela, koji su snimljeni u datoteke pa nije potrebno uvek pokretati treniranje pre testiranja, i sliku osobe koju treba pronaći u bazi. Rezultat drugog dela je slika lične karte prepoznate osobe i njeni lični podaci.

A. Faza treniranja

U fazi treniranja računaju se sopstveni vektori i sopstvene vrednosti cele baze. Folder koji se podrazumeva za sve baze je C:\FRS\. Rezultati treniranja smeštaju se u folder testSlike baze koja se trenira da bi faza testiranja mogla da ih koristi.

Tok podataka za fazu treniranja prikazan je na sl. 1.



Sl. 1. Tok podataka za fazu treniranja

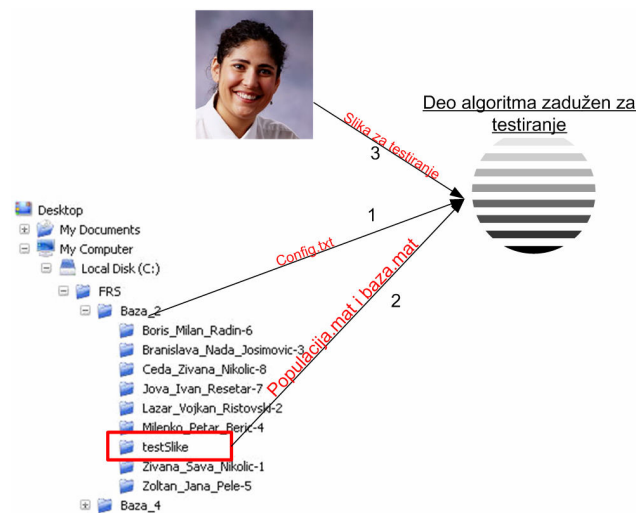
B. Faza testiranja

Nakon faze treniranja sledi faza testiranja algoritma. Ulazi u ovu fazu su slika kojom algoritam želi da se testira i rezultati prethodne faze koji se nalaze u datotekama

baza.mat i populacija.mat. Kao i u predhodnoj fazi, prvo je potrebno izvršiti pozicioniranje u ispravan folder.

Trenirana baza se može testirati neograničen broj puta, dok je prilikom unošenja novog lica ili brisanja postojećeg potrebno ponovo trenirati bazu.

Tok podataka za fazu testiranja prikazan je na sl. 2.



Sl. 2. Tok podataka za fazu testiranja

IV. STRUKTURA FOLDERA

Opis baze podataka: Baza se realizuje kao unapred definisana struktura foldera. Svi direktorijumi nalaze se na fiksnom mestu na disku C u folderu FRS. Struktura foldera baze poseduje dva nivoa hijerarhije:

- Prvi nivo je folder čije je ime, ime baze podataka. On sadrži podfoldere (drugi nivo) kao i tekstualnu datoteku u kojoj će biti zabeležena osnovna svojstva baze podataka. Ime ove datoteke je config.txt.

- Drugi nivo čine folderi sa slikama i ličnim podacima. Minimalni broj foldera drugog nivoa je tri a maksimalan broj se unosi prilikom kreiranja baze.

A. Ograničenja i uslovi drugog nivoa foldera:

1. Ime foldera je ime, srednje ime, prezime lica i redni broj osobe u bazi čije se slike i lični podaci nalaze unutar foldera.

2. Unutar foldera nalaze se slike iz lične karte i pasoša za svaku osobu.

3. U folderu se nalazi i ASCII tekst datoteka sa ličnim podacima lica čije su slike u tom folderu. Ime te datoteke je data.txt. Radi jednostavnosti za određene podatke predodređene su odgovarajuće linije u datoteci. Ispod su navedeni zahtevani podaci kao i odgovarajući broj linije u kome se podatak nalazi : ime, srednje ime, prezime, adresa stanovanja, grad, jedinstveni matični broj lica i broj lične karte.

4. Postoji specijalan folder unutar drugog nivoa foldera u kome se čuvaju sve slike za testiranje. Imena slika za testiranje formiraju se na sledeći način. Na primer ako je u pitanju osoba sa rednim brojem 3 i ako je broj slika za treniranje po osobi 4 i baza je Baza_2 tada će u folderu testSlike postojati sledeće datoteke:

c:\FRS\Baza_2\testSlike\3_1.frs

c:\FRS\Baza_2\testSlike\3_2.frs
 c:\FRS\Baza_2\testSlike\3_3.frs
 c:\FRS\Baza_2\testSlike\3_4.frs

B. Aplikacije za rad sa bazom podataka

Aplikacija je zadužena za sledeće zadatke:

1. Kreiranje cele baze podataka
2. Brisanje cele baze podataka
3. Unos korisnika
4. Izbacivanje korisnika

Kreiranje cele baze podataka podrazumeva odabir imena baze podataka. Moguće je napraviti 7 baza podataka sa imenima Baza_1, Baza_2, i tako dalje do Baza_7. Unos minimalnog broja slika u bazu podataka, unos maksimalnog broja slika u bazu podataka, unos broja slika za treniranje po osobi i unos dimenzija slike. Nakon kreiranja baze podataka biće formiran folder sa imenom istim kao i prethodno odabrano ime baze podataka u folderu C:\FRS\ . Taj folder će sadržati podfoldere i konfiguracioni tekstualni fajl.

Brisanje baze podataka predstavlja brisanje svih foldera sa njihovim sadržajem, konfiguracionog fajla baze podataka i samog foldera baze podataka.

Unos korisnika podrazumeva kreiranje foldera koji ima ime napravljeno prema gore navedenom pravilu. Prilikom kreiranja novog korisnika potrebno je uneti slike za ličnu kartu i pasoš. Korisnik pokazuje ili navodi putanju do slika u kojima se nalaze slike nakon čega se one kopiraju u folder testSlike baze podataka. Datoteke će biti prekopirane i preimenovane po prethodnom navedenom pravilu. Ako su slike uobičajenijih formata, koje podržava Borland Builder biblioteke, slika će i biti prikazana u prozoru u kome se vrši unos. Svim slikama koje se smeštaju u folder testSlike dodatak imenu će biti preimenovan u .frs. Takođe je potrebno uneti podatke o licu u za to predviđena polja.

Izbacivanje korisnika iz baze podrazumeva brisanje odabranog foldera koji sadrži slike i datoteku sa ličnim podacima osobe.

V. ZAKLJUČAK

Testiranje realizovanog koda izvršeno je nad FERET bazom [2] i nad bazom koju je napravio autor. Rezultati testiranja dati su u tabelama 1. (testirano lice 1) i 2. (testirano lice 4). Brojevi u tabeli pokazuju koje lice je prepoznato (razlika od 1 i 4 ukazuje na grešku).

TABELA 1. OPIS TESTIRANJA SLIKE LICA 1 SA DODATIM ŠUMOM

Oštećenje slike u %	0	20	40	60	
Redni broj slike lica 1.	1.	1	1	1	1
	2.	1	1	1	1
	3.	1	2	2	2
	4.	1	1	1	1
	5.	1	1	1	1
	6.	1	2	2	2
	7.	1	1	1	1
	8.	1	1	1	1
	9.	1	1	1	1
	10.	1	1	1	1

TABELA 2. OPIS TESTIRANJA SLIKE LICA 4 SA DODATIM ŠUMOM

Oštećenje slike u %	0	20	40	60	
Redni broj slike lica 4.	1.	4	4	4	4
	2.	4	4	4	4
	3.	4	4	4	4
	4.	4	4	4	3
	5.	4	4	4	4
	6.	4	4	4	4
	7.	4	4	4	4
	8.	4	4	4	4
	9.	4	4	4	4
	10.	4	4	4	4

Navedeni rezultati testiranja odnose se na dva lica, od postojećih 40 koliko ih se nalazi u FERET bazi. Kao test slike korišćeno je deset slika jedne osobe. Za treniranje su korišćene slike pod rednim brojem 8 i 10. Skup od dve test slike je minimalan skup test slika i on je naveden kao primer u kome imamo najveća odstupanja. Tip šuma koji je korišćen je biber i so. Konkretni primeri pokazuju sledeće:

- 1.-kada se kao test slika uzme slika osobe koja se nalazi u bazi, a slika za testiranje je u skupu slika za treniranje, prepoznavanje iznosi 100%.
- 2.-kada se kao test slika uzme slika osobe koja je u bazi ali slika nije u skupu slika za treniranje prepoznavanje je ta-kođe 100%.
- 3.-povećavanjem šuma u slici opada preciznost.
- 4.-povećanjem broja osoba u bazi i/ili broja test slika povećava se preciznost, koja je upadljiva u slučajevima sa visokim procentom šuma.

LITERATURA

- [1] (Svet kompjutera), Ivan Čabrilo, dostupno na: <http://www.sk.co.yu/2005/03/skpr02.html>, (URL accessed on September 04,2007)
- [2] FERET Database. http://www.itl.nist.gov/iad/humanid/feret/NIST_2001 (URL accessed on September 04,2007)
- [3] Richard C. Leinecker, Tom Archer: Visual C++- Biblija, Mikro knjiga, Beograd, 1999.
- [4] Zoran Pecenic, Rocco Crivelli, Signal processing mini project: Face recognition using eigenimages, 2000.
- [5] M.A.Turk and A.P.Pentland, "Face Recognition Using Eigenfaces", IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 586-591, June 1991b. URL <http://www.cs.wisc.edu/~dyer/cs540/handouts/mturk-CVPR91.pdf> (URL accessed on November 27,2002)
- [6] D.Pissarenko, "Eigenface-based facial recognition", December 1,2002
- [7] V. Prelibakas, Distance measures for PCA-based face recognition, www.sciencedirect.com (URL accessed on August 14,2007)
- [8] <http://www.neurotehnologija.com/face-biometrics.html>
- [9] Kyungnam Kim, "Face Recognition using Principle Component Analysis", Department of Computer Science University of Maryland, College Park MD 20742, USA

ABSTRACT

In this report Principle Component Analysis (PCA) is used for face recognition. The approach is based on eigenvector and eigenvalues. The goal was to implement a MATLAB application which should recognize similar faces after being trained. Additional, Borland Builder application is used for creating structure folder in which are all data and images for every person (face).

FACE RECOGNITION USING PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS

Živana Nikolić