ANALIZA NEKIH TEHNIKA BIOMETRIJSKIH SISTEMA AUTENTIFIKACIJE SA AKCENTOM NA 2D I 3D TEHNOLOGIJE PREPOZNAVANJA LICA

Zoran Lončarević

ITS – Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije,
Beograd,
zokinp@gmail.com

Muzafer Saračević

Departman za računarske nauke,
Univerzitet u Novom Pazaru, Novi Pazar
muzafers@uninp.edu.rs

Muhedin Hadžić

Departman za računarske nauke,
Univerzitet u Novom Pazaru, Novi Pazar
muhedin.hadzic@uninp.edu.rs

Apstrakt

U radu su opisane neke tehnike autentifikacije zasnovane na prepoznavanju lica sa akcentom na 2D i 3D tehnologije za prepoznavanje lica. U radu su predstavljene analize koje pokazuju da uspešnost nekog biometrijskog sistema zahteva merenje njegovih performansi, kroz nekoliko različitih vrsta parametara. Prikazane su karakteristike i komparativna analiza dvo-dimenzionalnog načina prepoznavanja lica u odnosu na tro-dimenzionalni, na osnovu brojnih istraživanja objavljenih u stručnim i naučnim radovima.

U radu je naglašeno da je potrebno analizirati, pored performansi sistema, i greške koje se javljaju u biometrijskim sistemima tokom procesa upisa, verifikacije i identifikacije. Analizirana je i *OpenCV* biblioteka koja raspolaže sa više od 500 funkcija sa kojima je obuhvaćeno više oblasti iz *Computer Vision-a* i oblasti automatskog prepoznavanja oblika.

Ključne reči: Biometrija, Autentifikacija, Prepoznavanje lica, Identifikacija, Open Computer Vision.

ANALYSIS OF SOME TECHNIQUES OF BIOMETRIC AUTHENTICATION SYSTEMS WITH EMPHASIS ON 2D AND 3D FACE RECOGNITION TECHNOLOGY

Abstract

The paper describes some authentication techniques based on face recognition with emphasis on 2D and 3D facial recognition technologies. The paper presents analyzes that show that the success of a biometric system requires the measurement of its performances through several different types of parameters. Presented are the features and comparative analysis of the two-

dimensional method of face recognition in relation to three-dimensional ones, based on numerous researches published in professional and scientific papers.

The paper emphasize that it is necessary to analyze, in addition to the system performance, the errors that occur in biometric systems during the process of registration, verification and identification. An OpenCV library has been analyzed with it's over 500 functions that cover several areas of Computer Vision and the area of automatic format recognition.

Key words: Biometrics, Authentication, Face Recognition, Identification, Open Computer Vision.

JEL codes: L86

UVOD

Svako poseduje jedinstvene osobine koje omogućavaju da se izvrši identifikacija ili potvrdi identitet (verifikacija). U računarskom svetu identitet se definiše kao „jedinstveni naziv osobe i/ili uređaja, prepoznat od strane sistema“. Autentifikacija zahteva potvrdu identiteta osobe ili sistema sa kojim je u komunikaciji. Postoje tri metoda na osnovu kojih je moguće izvršiti autentifikaciju, a to su: metoda autentifikacije zasnovana na znanju, objektu i biometriji.

Suštinska prednost biometrije je da je ona sastavni deo svakog pojedinca, koji se na osnovu svojih jedinstvenih karakteristika razlikuje od bilo koje druge ljudske jedinice. Poznato je da ne postoje dva čoveka čiji bi se biometrijski podaci mogli poklapati, osim u nekim slučajevima kod jednojajčanih blizanaca, mada i u tom slučaju ne postoji 100% poklapanje biometrijskih uzoraka. Primenom biometrije nema potrebe pamtit i lozinke, PIN kodove i sl. Neke od suštinski značajnih karakteristika biometrije su: visok nivo sigurnosti podataka, brži pristup podacima, smanjenje administrativnih troškova i sl. Biometrijske identifikacione isprave se ne mogu zloupotrebiti, i može ih koristiti samo osoba čiji se podaci nalaze na njoj.

Prepoznavanje se zasniva na autentičnosti specifičnih biometrijskih karakteristika, bilo fizičkih ili karakteristika ponašanja, sa onim biometrijskim podacima koji se nalaze u bazi. Najvažnije prilikom izgradnje biometrijskog sistema je način na koji će se zasnivati prepoznavanje.

U zavisnosti od zahteva aplikacije, ovi sistemi se dele na verifikacione i identifikacione. Biometrijski sistem je sastavljen od nekoliko komponenti:

- Uređaja za očitavanje, koji se koristi za dobijanje biometrijskih podataka i njihovo konvertovanje u digitalni oblik,
- Algoritama obrade, koji sprovode kontrolu kvaliteta i kreiraju biometrijski šablon,
- Algoritam poređenja, kojim se vrši poređenje dobijenih biometrijskih šablona na uređaju za očitavanje sa onim koji su smešteni u bazi podataka,
- Baza podataka, u kojoj se skladište podaci, sa kojima će se vršiti poređenje,
- Proces odlučivanja, koji koristi rezultate algoritama poređenja i na osnovu tih podataka odlučuje o autentifikaciji.

Biometrijski način identifikacije se ni u kom slučaju ne razlikuje od osnovnog. Dakle, biometrijski sistem identifikacije vrši poređenje uzetih biometrijskih karakteristika osoba sa šablonima svih osoba koje se nalaze u bazi podataka. Biometrijski sistemi mogu da rade u OnLine ili OffLine režimu rada. Aplikacije koje se koriste u biometriji mogu da rade u pozitivnom ili negativnom režimu prepoznavanja. Jedan od algoritama za biometrijsku verifikaciju mogao bi da sadrži sledeće faze:

1. Uzimanje biometrijskog otiska
2. Kreiranje šablona
3. Poređenje rezultata
4. Odlučivanje

1. PREPOZNAVANJE LICA KAO BIOMETRIJSKI SISTEM AUTENTIFIKACIJE

Koristeći se čulom vida sposobni smo bez značajnijeg napora prepoznavati na hiljade različitih objekata čuvanih u našoj memoriji, dakle ne samo živih objekata već i predmeta. Ta sposobnost nam omogućava obavljanje neophodnih i svakidašnjih poslova kao što su prepoznavanje članova porodice, oblika, boja, zvuka, glasa ili sl. Automatsko prepoznavanje objekata pomaže da računar osposobimo „očima“ i omogućimo različite aplikacije kao što je automatska kontrola delova u industriji, ili asistencija robota u hirurgiji. Prepoznavanje lica vrlo je važno područje u prepoznavanju objekata sa posebnom primenom u sigurnosnim sistemima [1].

Identifikacione i autentifikacione metode postale su ključna tehnologija u različitim segmentima savremenog društva: kontrola ulaza u zgrade i prostorije, kontrola pristupa računarima i drugim računarskim sistemima kao i u području kriminalističkog istraživanja. Modernim prepoznavanjem lica postiže se stepen identifikacije čak preko 98%, pod dobro kontrolisanim uslovima osvetljenja, pokreta i poza [2,3,4]. Premda je to visok stepen, još uvek se ne može upoređivati sa mogućnostima prepoznavanja kod čoveka. U savremenoj informatičkoj eri, gde računari postaju osnovni alat u svakidašnjim radnim procesima, novi autentifikacioni zadaci sve će se više pojavljivati. Zajedno sa mogućnošću „razumevanja“ pokreta, izraza lica i sl., prepoznavanje lica će učiniti mogućim inteligentnu interakciju između čoveka i mašine. Prepoznavanje lica iz niza slika predstavlja poseban izazov istraživačima, kako zbog veće pouzdanosti metoda tako i zbog kompleksnosti prepoznavanja.

Lice je jedinstvena osobina ljudskog bića. Lice je fokus posmatranja prilikom komuniciranja i druženja ljudi, odražava raspoloženje i emocije. Kao takvo ima vrlo značajnu ulogu u prepoznavanju osoba. Proces prepoznavanja, ljudi obavljaju sa popriličnom lakoćom, brzinom i spontanošću čak i u nepovoljnijim vizuelnim uslovima kao što su razlike u osvetljenosti prostora, promena poze i izraza lica, starenje lica, promena frizure ili nošenje naočara. U poslednjoj deceniji prepoznavanje lica korišćenjem računara značajno se intenziviralo, a u zadnje vreme poseban akcenat stavljen je na prepoznavanje iz pokretne slike, tj. sve prisutnijoj upotrebi video nadzora u svim segmentima društvenog života.

Najveći problem je u tome što izgled slike zavisi od ugla posmatranja, osvetljenja itd. Naime, 3D objekti, kao što je i ljudsko lice, mogu poprimiti mnoštvo različitih izraza kada se projektuju na 2D sliku. Drugi problem je sadržaj scene odnosno pozadinskih elemenata koja može biti pretrpana različitim objektima i vrlo je teško izdvojiti područje slike koje sadrži lice. Štaviše, moguće je i prekrivanje objekata pa će samo deo informacija biti raspoloživ sistemu za prepoznavanje.

Problem prepoznavanja lica može se formulisati na sledeći način: “iz slike ili video snimka scene, identifikuju jednu ili više osoba koristeći raspoloživu bazu podataka lica“. Baza podataka može sadržati i neke druge podatke (kao što su starost, pol, boja kože itd.) koji mogu pomoći pri selekciji kod pretraživanja. Rešenje problema prepoznavanja nije nimalo jednostavan posao i uključuje nekoliko faza: izdvajanje lica iz složene scene, izučavanje karakteristika lica potrebnih za prepoznavanje (zavisno od primenjene metode) te upoređivanje sa raspoloživim podacima u bazi radi identifikacije. Pojedine metode mogu uključivati i dodatne faze obrade kao što je npr. procena ugla posmatranja, procena izraza lica itd. Računarsko prepoznavanje lica iz statičke ili iz dinamičke slike je postalo aktivno istraživačko područje koje se proteže na nekoliko disciplina kao što su obrada slike, raspoznavanje uzoraka, računarski vid i neuronske mreže.

Tehnologija prepoznavanja lica (eng. Face Recognition Tehnology – FRT) ima veliki broj primena u različitim sigurnosnim i komercijalnim sistemima: od statičkog poređenja dve fotografije kontrolisanog formata (kao što su fotografije u pasošima) do prepoznavanja u realnom vremenu iz video sekvence (npr. kamere za video nadzor). Prepoznavanje na osnovu fotografije iz ličnih dokumenata ili automatsko pretraživanje kriminalističkih evidencija, tipičan su primer poređenja na osnovu statičke slike. Ove fotografije karakteriše prihvatljiv stepen kontrole osvetljenja, dobar kvalitet zapisa fotografije i specifičan tip pozadine, rezolucija kamere i udaljenost između kamere i osobe koja se fotografiše. Postojanje ovih standarda za vreme prikupljanja slika, omogućuje jednostavnije izdvajanje lica iz slike i primenu algoritama podudaranja. Potencijalni izazov u ovoj problematici je pretraživanje velikog skupa slika kao i samo podudaranje (postupak snimanja je kontrolisan, varijacije u licu usled starenja, gubitka kose moraju se uračunati za buduća izdvajanja odnosno podudaranja).

Slika 1. Identifikacija prepoznavanjem lica

Sigurnosni sistemi za nadzor (koji koriste pojedinačne slike) su komplikovaniji u smislu prepoznavanja lica zbog nekontrolisanog izgleda pozadine, koja može sadržati

i niz drugih objekata. Stoga izdvajanje lica iz slike postaje teže. Takođe je kvalitet ovakvih slika niži od onih koje se koriste u ličnim dokumentima. Svako lice poseduje skup jedinstvenih fizičkih karakteristika, koje je moguće meriti i međusobno porediti, primenom odgovarajućih tehnologija.

2. TEHNOLOGIJE I ALGORITMI PREPOZNAVANJA LICA

U službi prepoznavanja lica, primenjuju se različite tehnologije u kreiranju otisaka lica, odnosno uzimanju uzoraka, a zatim i samog upoređivanja dobijenih i čuvanih podataka lica. Mere se ključni detalji i formira se numerički kod (niz brojeva), koji predstavlja lice u bazi podataka -"faceprint". Kao i kod drugih biometrijskih identifikacionih sistema i ovde se razlikuju procesi upisivanja i procesi verifikacije i identifikacije.

Faza upisivanja obično traje duže od faze testiranja, tokom kojih se uzima nekoliko slika istog lica. Idealno je da se slike uzimaju sa blago različitim uglovima lica prema kameri. Nakon uzimanja slika, izdvajaju se karakteristične osobine lica i kreira faceprint odnosno šablon. Algoritmi za prepoznavanja lica sadrže sledeće faze: detekcija, podešavanja, normalizacije, kodiranje, poređenje i fazu identifikacije.

U fazi detekcije softver za prepoznavanje lica, traži lice na slikama koje su unete u fazu testiranja, odnosno, ako je reč o „živom“ identifikovanju traži oblik sa video sekvence koja mu odgovara definiciji lica. Kada se detektuje oblik koji podseća na ljudsku glavu, softver prebacuje u fazu obrade. Pouzdanost identifikacije presudno zavisi od kvaliteta slike. Kod prepoznavanja lica u realnom vremenu sa video sekvence zbog nepravilnog držanja glave, različitih poza i izraza stopa prepoznavanja je relativno niska u takvom dinamičnom sistemu.

Sa povećanjem ugla, stopa prepoznavanja se drastično smanjuje kod ugla od trideset stepeni. U navedenim radovima [2,3] predložen je metod koji poboljšava stopu prepoznavanja tako što selektuje i generiše optimalnu sliku lica iz empirijskih slika lica. U međuvremenu se konstruiše sistemski modul sa tri pravca paralelnog prepoznavanja. Da bi se dobilo optimalno lice potrebno je proceniti izraze lica iz slike gde je lice detektovano primenom eigenface-a, i određenih osobina lica dobijenih od velikog broja trening slika. Nakon faze detekcije sledi faza podešavanja gde se određuje pozicija, veličina i orijentacija glave. Nakon toga, vrši se prevođenje prikaza glave u dvodimenzionalnu nefrontalnu sliku. Poslednji korak prevodi 2D nefrontalnu sliku u 2D frontalnu sliku, odnosno u zavisnosti od konkretnih algoritama.

U radu [3] istraživanje se fokusira na ispravno prepoznavanja lica u prisustvu velikih varijacija osvetljenja. Način koji se odnosi na ovaj problem ukazuje na to da treba izvršiti sintezu osvetljenja na normalizovanu sliku, koristeći količnik slikovne tehnike (eng. Quotient image - based techniques). Ove tehnike izdvajaju invarijantu osvetljenja zastupljenu na licu izdvojenom iz osnovne slike. Nakon faze normalizacije sledi faza kodiranja, koja je i ključna faza u procesu prepoznavanja lica. U fazi kodiranja vrši se merenje, odnosno prevođenje ključnih detalja sa normalizovane 2D frontalne slike glave u jedinstveni digitalni kod.

Slika 2. Formiranje digitalnog koda za prepoznavanje lica

Dobijeni digitalni kod (faceprint) se, u fazi poređenja, koristi za upoređenje sa unapred generisanim kodovima u fazi obuke sistema. Eksperimentalno je pokazano da je lakše prepoznati osobe muškog pola nego ženskog. Takođe je poznato da je lakše prepoznati starije nego mlađe osobe.

Rezultati brojnih istraživanja takođe pokazuju da razlike u lakoći prepoznavanja muškaraca i žena, opadaju sa njihovim starenjem. Poznato je da vremenska dimenzija uslovljava stalne promene na licu. Usled toga, od trenutka upisivanja faceprint-a u bazu podataka, pouzdanost prepoznavanja lica opada. U radovima [5,6] predstavljeni su metodi koji sa izvesnom preciznošću mogu pratiti na sintetički način starenje lica i na osnovu njihove realizacije pretpostaviti izgled lica u određenom momentu ili fazi starosti sa prilično pouzdanim generičkim modelima. Ovi metodi zahtevaju, radi svoje uspešnosti u kreiranju i projekciji starosti lica, korišćenje velike baze podataka sa starosnim atributima prikazanim kroz nekoliko faza starenja. Na osnovu toga se kreira model za metode zasnovane na proceni starosti primenom klasifikacije ili primenom regresije na podatke iz baze podataka.

U ovom pogledu tehnologija prepoznavanja lica zaostaje u odnosu na tehnologiju prepoznavanja dužice oka i tehnologiju prepoznavanja otiska prsta. Kao i u slučaju tehnologije prepoznavanja otiska prsta i tehnologija prepoznavanja lica je prilično ugrožena mogućnošću falsifikovanja. U radu [7] prikazani su načini kako se vrši obmana u tehnikama prepoznavanja lica, kao i kako se zaštititi i na koji način u realnom vremenu, bez dodatnih uređaja se može utvrditi da li se radi o pokušaju obmane sistema.

Slika 3. Pet kategorija foto-napada: (1) drži fotografiju, (2) pomerite sliku horizontalno, vertikalno, nazad i napred, (3) rotirati sliku u dubini duž vertikalne ose, (4) rotirati fotografiju u ravni, (5) Saviti fotografiju unutra i spolja duž centralne linije.

Neki istraživači su koristili i autentifikaciju glas-lice, kao i eksploataciju usana, odnosno pokreta prilikom govora. Sa termalnim infracrvenim kamerama moguće je

uspešno zaključiti da li je objekat pravi ili je reč o pokušaju obmane sistema [8]. Treptaj oka omogućava detekciju lažnog postavljanja predmeta bez dodatnih hardverskih modula. U eksperimentu koji je sproveden i objavljen od strane autora u radu [9] zaključuje se da značajnu ulogu u prepoznavanju i detekciji upada ima uloga dva ili više zavisnih frejmova slike. Anti obmana je takođe izazov za istraživače. Jedan od problema navedenog metoda je i problem ako oči nisu dovoljno uočljive i ne može se definisati da li su otvorene ili zatvorene.

2.1. 2D TEHNOLOGIJA PREPOZNAVANJA LICA

Prepoznavanje lica sa obične 2D slike uz odgovarajući algoritam za detekciju i prepoznavanje lica u osnovi čini ovu tehnologiju. Na slici je pokazano kako se od 2D slike na ulazu kreira digitalna mapa lica, a zatim vrši prepoznavanje na osnovu podataka koji se čuvaju u bazi.

Proces obuhvata sledeće faze:

1. Detekcija lica – uzimaju se geometrijske karakteristike lica, pojedinih delova lica kao što su oči, nos i usne.
2. Formiranje digitalne mape – odgovarajućim algoritmom dobija se niz vrednosti karakterističnih za zadato lice. Ovo je samo jedan od mnogobrojnih načina za čuvanje vrednosti ili samog lica.
3. Snimanje digitalne mape lica i čuvanje u bazi – da bi bilo moguće prepoznati neko lice potrebno je da to lice bude sačuvano u bazi, u definisanom obliku.
4. Prepoznavanje lica - vrši se samim poređenjem konkretnog lica sa onim koji se čuva u bazi, sve to opet na osnovu odgovarajućih algoritama za prepoznavanje u ovom slučaju je to algoritam za čiju primenu se koristi 2D tehnologija.

Postoje različite šeme i strategije za kategorizaciju prepoznavanja lica. Obično se u literaturi koriste različiti kriterijumi kategorizacije. Jedan od njih predstavljen je kao holistički i ne holistički. Holističke metode pokušavaju da prepoznavanje lica vrše u odnosu tj. u pogledu na celu sliku, odnosno lice u celini. Sa druge strane, neholistički pristupi se zasnivaju na identifikaciji određene osobine lica kao što su nos, usta, oči i njihovim međusobnim odnosima, da bi na osnovu toga doneli konačnu odluku. Neke

metode pokušavaju da iskoriste prednosti oba pristupa u isto vreme i stoga su klasifikovani kao hibridni.

Broj 2D algoritama za prepoznavanje lica je ogroman i u njima se nalazi veliki broj raznovrsnih pristupa, tako da je nemoguće nabrojati sve publikacije u vezi sa 2D prepoznavanjem lica. Kanadeov sistem za identifikaciju pomoću lica je bio prvi automatizovani sistem koji je koristio top-down strategiju direktno na generički model vrednosti dobijenih funkcijama za izdvajanje karakteristika lica. Najvažniji datum za prepoznavanje lica bio je početak 90-ih kada su Turk i Pendlam implementirali Eigenface koji je sigurno najpopularniji metod za prepoznavanje lica. To je bio početak metode za prepoznavanje lica koji se zasnivao na izgledu-pojavi. Posle Eigenface različiti statistički pristupi pokušavali su da poboljšaju rezultate Eigenface-a pod određenim ograničenjima.

Bitno je napomenuti da ne treba mešati algoritme za detekciju lica sa onim za prepoznavanje. Celokupna efikasnost ovakvog sistema autentifikacije zavisi i od jednih i od drugih. Danas je u upotrebi najčešća primena ove tehnologije, pošto preko 95% tehnologije čine obične ili 2D kamere, koje su ujedno i najekonomičnije rešenje, a uz sve to su jednostavne za implementaciju. Kao najveći problemi ove tehnologije ističu se osvetljenje i slab kvalitet slike. Takođe treba napomenuti da postoje 2D i 3D algoritmi koji su zajedno implementirani i koji zajedno čine sisteme za prepoznavanje lica. Najpoznatiji 2D algoritmi su: Principal Component Analysis (PCA), Independent Component Analysis (ICA), Linear Discriminant Analysis (LDA), koristeći Eigenface pristup i drugi.

Korelacija između 2D i 3D tehnologije prikazana je na slici.

2.2. 3D TEHNOLOGIJA PREPOZNAVANJA LICA

Trodimenzionalno prepoznavanje lica (3D Face Recognition) je modalitet za prepoznavanje lica metode koji koriste trodimenzionalnu geometriju ljudskog lica. 3D prepoznavanje lica ima potencijal da ostvari veću preciznost od 2D geometrije merenjem krutih karakteristika na licu. Ovim se izbegavaju takve zamke 2D algoritma

za prepoznavanje lica kao i promene u osvetljenju, različite izraze lica, šminku i položaj glave.

Drugi pristup je da se koristi 3D model za poboljšanje tačnosti tradicionalne slike na osnovu prepoznavanja na osnovu transformacije glave u poznati prikaz. Pored toga, većina skenera za visoku rezoluciju zahteva i 3D mrežu i odgovarajuću teksturu. Ovakva kombinovana metoda omogućava izradu čiste 3D slike sa tradicionalnih 2D slika, takav algoritam ima bolje performanse [10].

Glavno tehnološko ograničenje 3D metoda za prepoznavanje lica je sticanje 3D slike, koje obično zahteva niz kamera. Ovo je takođe razlog zašto 3D prepoznavanje lica i njihove metode su se značajno kasnije pojavile (krajem 1980-ih) u odnosu na 2D metode. Nedavno komercijalna rešenja sprovode dublju percepciju koja projektuju mrežu na lice i integrišu video snimak u visoku rezoluciju 3D modela.

3D princip prepoznavanju lica se može podeliti u tri glavne grupe: na osnovu algoritma, multimodalnog pristupa i na kraju metod zasnovan na modelu. 3D prepoznavanje lica je relativno nov trend i ako se na njemu radilo duže od dve decenije. Prvi doprinosi na polju istraživanja su se uglavnom zasnivali na dobijanju i reprezentaciji krivih lica, dobijenih iz opsega slika. Takav skup karakteristika dobijen ili kreiran putem krivih, se koristi radi upoređivanja sa drugim slikama lica. Na primer profil krivih se izračunava iz preseka slike lica i profila ravni. Pomenuti profil ravni se definiše kao onaj koji segmentira lice u dva kvazi simetrična dela. Da bi pronašli, Kartoks i ostali predložili su iterativnu metodu, gde se analizira korespondentnost između tačaka konveksno – konkavne ravni.

U radu [11] autori su predstavili relativno novi model za 3D prepoznavanje lica, odnosno rekonstrukciju – dobijanje 3D oblika sa samo jedne slike, koja uključuje primenu samo jednog referentnog modela. Ovaj metod koristi globalne sličnosti lica kombinovanjem informacija senčenja i oblika sa generičkim informacijama izvedenim iz jednog referentnog modela. Za razliku od postojećih metoda pomenuta metoda ne zahteva korespondentnost između simetričnih delova lica niti zahteva smeštanje u bazi više lica sa visokim nivom sličnosti lica. I ako pomenuti model predlaže primenu jedinstvenog modela lica, kako bi se sproveda rekonstrukcija drugog lica, može se primetiti da ovaj metod može upotpuniti metode koje se koriste sa višestrukim modelima lica u bazi podataka. Odnosno da se može izabrati kalup tj. model oblika iz baze koji najviše odgovara ulaznoj slici.

Još jedan metod zasnovan na profilu krivih pokazao je Li 90-ih. Proširena Gausova slika (EGI) je kreirana od parametara koji čine Gausovu sferu zakrivljenih mapa (zapravo samo tačke koje čine konveksne regije lica). da bi se uspostavila korespondentnost dva razlilita EGI regiona koristi se graf podudaranja. Ovaj graf podudaranja je algoritam koji obuhvata relaciona ograničenja koja čine relativnu prostornu lokaciju konveksnih regiona iz domena opsega slike. Gordon je od niza podataka koje je dobio laserskim skeniranjem uz pomoć dodatnih parametara kreirao cilindrični oblik. Zatim su izračunate zakrivljenosti koje se koriste u segmentaciji slike (različita područja: konveksna, konkavna i dve vrste prevoja) lica. Postoje dva načina za upoređivanje. Prvi je zasnovan na dubini šablona, a drugi se zasniva na upoređivanju karakteristika vektora sastavljenih od tačaka i njihovih odnosa. Stopa prepoznavanja iznosi 100% na bazi od 26 osoba i sondom od 8 lica sa tri različita stava. Tanaka i drugi su unapredili metod i predložili sverne korekcije za EGI. Ponovo

se eksperimentima postigla stopa prepoznavanja od 100% sa skupa od 37 slika. Svaka regija je projektovana na osmo-dimenzionalni prostor za kreiranje vektora od 3-NN. Postignuti rezultat u stopi prepoznavanja iznosi 92,57% uspešnosti, na bazi od 175 slika lica. Nedostatak ovog metoda je u tome da postoji nekoliko karakteristika lica koje je moguće izdvojiti iz 2D prikaza, a da pri tome ne budu osetljivi na osvetljenje, pozu i izraz lica. Još jedan metod koji se može svrstati u ovu kategoriju zasnovan je na krivama, gde se prepoznavanje vrši na merenju udaljenosti između karakterističnih tačaka na licu, ovaj metod predstavila su braća Brodstein. Autori su postigli 100% stopu uspešnosti prepoznavanja sa bazom od 30 osoba sa velikim brojem varijacija u pogledu izraza lica.

Jedna od metoda automatskog 3D prepoznavanja lica objavljena u [12,13] zasnovana na SA metodu za određivanje opsega slika sa Surface Interpenetration Measure (SIM) kao merom sličnosti između dve slike lica. Rezultati autentifikacije su dobijeni kombinovanjem SIM vrednosti koje odgovaraju podudaranju četiri različite regije lica kao što su kružna i eliptična regija oko nosa, čelo i celokupno lice kao što je prikazano na slici.

Slika 6. Prepoznavanje, algoritam zasnovan na primeni prepoznavanja segmentacijom lica

3D prepoznavanje lica sistem se sastoji od četiri modula:

1. Modul uređaja (eng. Device Module),
2. Modul obrade podataka (eng. Data Processing Module),
3. Modul funkcija ekstrakcija (eng. Feature Extraction),
4. Modul podudaranja (eng. Matching Engine Module).

Modul uređaja stiže inicijalni 3D lica podataka 3D površine skenera VGA kamera i prenosi ga na procesor [14]. Nakon prijema sirovih podataka (iskrivljeni uzorak na ciljani objekat), modul obrade podataka vrši filtriranje slike (smanjenje šuma), a zatim odmah rekonstruiše 3D površinu, glet i interpolacijom podataka kako bi se izbegle rupe i optimizaciju mreže. Modul izdvajanja obeležja prima optimizovanu 3D površinu za dalju funkciju vektora (biometrijskih šablona) ekstrakcija [15,16]. Na slici je prikazana jedna moguća tehnika prepoznavanja lica iz frontalne slike.

Slika 7. Korišćenje 3D tehnike u prepoznavanju lica

Tokom biometrijskih šablona ekstrakcija, dve faze algoritama se koriste.

1. U prvoj fazi, površine "semantička analiza" je izvedena, što je rezultiralo lokaciju ključnih (crania-facial) obeležja lica (bodova) na površini lica i montaža na površinu da bi se dobile generičke topološke mape lica.
2. U drugoj fazi, kada je lokacija specifične površine lica (oči, specifični lukovi, zona čela, nosa, zona brade, itd) poznata, informacije o lokalnim karakteristikama površine, krivama je tako dizdvojena.

Ove lokalne zakrivljenosti informacije dalje se koriste za izgradnju jednog geometrijskog deskriptora i pakovanje ovih podataka u biometrijski otisak. Modul izlaza je biometrijski šablon koji karakteriše jedinstveno lice, koje se koristi u narednoj fazi u kojoj se podudaraju. Odgovarajući metodi koji rade u identifikacionom režimu upoređuju izdvojene biometrijske šablone sa svim skladišnim šablonima u bazi podataka i proizvodi ocenu sličnosti za svaku od skladištenih šablona.

3.3 KOMPARATIVNA ANALIZA: 2D I 3D TEHNOLOGIJE PREPOZNAVANJA LICA

U mnogim objavljenim radovima uspešno prepoznavanje lica prelazi 95% tačnosti, u zavisnosti od algoritma, tehnologije, pa i samog načina istraživanja. Po svemu tome, moguće je naslutiti da uz jednostavnu implementaciju i tehnologiju, uz minimalne troškove u odnosu na druge biometrijske sisteme autentifikacije, prepoznavanje lica ne zaostaje, a u mnogim slučajevima prevazilazi u postignutim rezultatima ostale tehnike.

U tabeli ispod, prikazane su karakteristike dvo-dimenzionalnog načina prepoznavanja lica u odnosu na tro-dimenzionalni, na osnovu brojnih istraživanja objavljenih u stručnim i naučnim radovima.

Tabela 1. 2D i 3D tehnologija

	2D	3D
Definicija	<i>Eigenvectors</i> od dvo-dimenzionalnih vektora prostora ljudskog lica	Klasa metoda koje rade na 3D <i>DataSet</i> , predstavlja i lice i oblik glave.
Vel. šablona	Mala veličina šablona (800 <i>bytes</i> do 2 <i>Kb</i>)	Kompaktno izdvojen šablon (2-4 <i>Kb</i>)
Opis šablona	Karakteristike lica, teksture ili kombinacija. <i>NOT a real measurement.</i>	Opisuje lice u 3D geometrijski oblik, pun opis karakteristika. <i>Gound-based measurement.</i>
Slabosti	Moguć <i>spoofing</i> uz pomoć videa ili slike.	Nemoguć <i>spoofing</i> uz pomoć videa ili slike.
FAR / FRR	0.001 / 0.010-0.017	0.001 / 0.010-0.017
Preciznost	Potpuno zavisao od rezolucije slike	Visoka, nije toliko zavistan od rezolucije slike
Osetljivost	Na rotaciju, osvetljenje, izraz, šminku.	Na rotaciju veću od 45°, od osetljiv na izraze.
Standard	ANSI INCITS 385-2004ISO-19794-5	ANSI INCITS 385-2004ISO/IEC JTC1

Tabela ispod prikazuje prosečne rezultate koji se postižu primenom 2D i 3D algoritama za upis lica (eng. Face Enrollment) i njihovu proveru (eng. Face Verification).

Face Enrollment Results:	Face Verification Results:
• 98.9% automatic enrollment	• False Accept Rate (FAR) <= 0.0001%
• 1.1% required manual support	• False Reject Rate (FRR) <= 1%
• 0% failure to enroll	• Matching speed <= 2 seconds
• average 5-10 seconds enrollment time	

4. OPENCV PREPOZNAVANJE LICA

OpenCV je velika biblioteka za realizaciju Computer Vision rešenja korišćenjem state-of-the-art tehnike, koja je besplatna za Windows, Linux, MAC, čak i iPhone. Ova biblioteka je napisana u C i C++ programskom jeziku, dostupna je za razvojna okruženja pod Linux, Windows i Mac OS X operativnim sistemima. Kompatibilan je sa interfejsima razvojnih okruženja kao što su Python, Ruby, Matlab.

OpenCV je projektovan za primenu u računarstvu i sa jakim fokusom na realno vreme. OpenCV je optimizovan da ga mogu iskoristiti Multi-Core procesori. Ako postoji potreba za automatsku optimizaciju na Intelovoj arhitekturi, može se dokupiti Intelova Integrated Performance Primitives (IPP) biblioteka, koja se sastoji od optimizovanih i različitih algoritama. OpenCV automatski koristi odgovarajuću IPP biblioteku prilikom kompajliranja programa, u slučaju ako je biblioteka je instalirana. Jedan od ciljeva OpenCV je da obezbedi jednostavno korišćenje infrastrukture za Computer Vision koja pomaže ljudima da brzo izgrade prilično sofisticirane aplikacije za kompjuterski vid.

OpenCV biblioteka raspolaže sa preko 500 funkcija sa kojima je obuhvaćeno više oblasti iz Computer Vision-a i oblasti automatskog prepoznavanja oblika. Uključuje tehnike nadziranja zaposlenih u fabrikama, primeni u medicini, u bezbednosti, za kreiranje korisničkih interfejsa, za kalibraciju kamera i robotike. Pošto Computer Vision i mašinsko učenje često idu pod ruku jedno sa drugim, OpenCV takođe sadrži potpunu biblioteku za mašinsko učenje Machine Learning Library (MLL). U okviru nje se nalazi i podbiblioteka koja je fokusirana na statističke metode prepoznavanja obrazaca i grupisanje. MLL je izuzetno koristan za zadatke Computer Vision-a koji su u srži misije OpenCV-a, ali je osnovna biblioteka dovoljna da bi se omogućilo rešavanje bilo kojeg problema mašinskog učenja.

a. Korišćenje *Eigenfaces-a* za prepoznavanje lica

OpenCV dolazi sa funkcijom "cvEigenDecomposite()", koja obavlja PCA operacije. Implementirani algoritam poznat kao PCA (eng. Principal Component Analysis) ili analiza glavnih komponenti predstavlja tehniku koja se koristi u prepoznavanju i kompresiji slike. Filtriranje predstavlja osnovni pojam u obradi slike. Obuhvata procese kao što su: Promena veličine slike, uklanjanje šuma, konvertovanje iz kolor u crno-bele slike i slično.

Potrebna je baza podataka sa slikama lica (trening skupa), da bismo znali kako da prepoznamo svako od ljudskih lica. Tako da bi trebalo sakupiti grupu lica preprocesiranih slika svake osobe koju želimo da prepoznamo. Na primer, ako želimo da prepoznamo nekoga iz klase 10 studenata, onda možete da uskladištite 20 fotografija svake osobe, za ukupno 200 lica preprocesiranih slike iste veličine.

Slika 8. PCA-eigenfaces system

Koristimo "Analizu glavnih komponentata" eng. Principal component analysis (PCA) za konvertovanje svih 200 slika trening skupa u "Eigenfaces", koje predstavljaju glavne razlike između trening skupa slike. Prvo nalazimo "prosečnu sliku lica" od svih slika lica tako što ćemo računati srednju vrednost svakog piksela.

Slika 9. Srednje lice

Onda se Eigenfaces računa u odnosu na ovo prosečno lice, gde prvi Eigenfaces poseduje prvu najdominantniju razliku lica, a drugi Eigenfaces je drugi po najdominantnijoj razlici lica, sve dok ne bude imalo oko 50 Eigenfaces-a koji predstavljaju najveći deo razlika u svim slikama trening skupa.

Slika 10. Eigenface

U ovim primerima sa slike, vidimo kako izgleda prosečno lice u prvom i poslednjem Eigenfaces koji je kreiran iz kolekcije od trideset slika svaki od četiri osobe. Obratiti pažnju na to da će prosečno lice pokazivati strukturu glatkog lica i generisanih osoba. Prvih nekoliko Eigenfaces pokazuje neke dominantne osobine lica, a poslednji Eigenfaces kao u primeru sa slike, uglavnom će imati „šum“ na slici. Kako će izgledati prvih 32 Eigenfaces vidi se na slici.

Slika 11. Prvih 16 Eigenfaces

4.2 PROJEKTNI ZAHTEVI

Korisnički zahtevi: Korisniku treba omogućiti zapis, svaki zapis o korisniku predstavlja osnovne informacije o njemu, odnosno omogućava unos imena korisnika.

Sistem mora biti u stanju da prihvati sliku na ulazu, kreira šablon i omogući njegovo čuvanje kao i da vrši upoređivanje i pokaže rezultate. Da omogući učitavanje podataka iz baze lica, kao i da omogući testiranje u sistemu više:više. Sistem omogućava praćenje procesa prepoznavanja i beleži rezultate o tome.

Prepoznavanje lica je veoma aktivno u oblasti Computer Vision kao i na polju Biometrije. Suštinu predstavlja razvoj aplikacija za bezbednost, robotiku, interakciju čovek-računar, veštačku inteligenciju, digitalne kamere, igre i zabavu.

Prepoznavanje lica uključuje dve faze:

1. Detekcija lica, gde se na fotografiji traži da pronade bilo koje lice, zatim obrada slike lica radi lakšeg prepoznavanja.
2. Prepoznavanje lica, predstavlja fazu kada je lice pronađeno, odnosno detektovano i obrađeno lice u odnosu na bazu podataka poznatih lica. Praktično predstavlja ulogu sistema da odluči koja je to osoba čija se slika procesira, odnosno da proveriti šablone i vrednosti slike lica za koje je potrebno prepoznavanje u odnosu na podatke iz baze.

Sistem nije u stanju da vrši automatsku selekciju, održavanje, izmenu, brisanje podataka iz repozitorijuma. Ne može se dodeliti jedinstveni identifikator slike. Korisnik ne može izvršiti verifikaciju unosom imena. Sistemski zahtevi [17,18,19]:

- Aktor: Korisnik – omogućava podatke u vidu slike za sistem, očekuje od sistema da prikaže rezultate prepoznavanja za njega.
- Slučajevi korišćenja:

Slučaj korišćenja	Opis
Unos slike	Korisnik omogućava unos slike i dodatnih podataka u bazu.
Upoređivanje	Korisnik zahteva upoređivanje sa čuvanim podacima.
Prikaz rezultata	Prikazuje rezultate upoređivanja.

- Tok događaja:
 - Preduslov: Sistem mora biti pokrenut i funkcionalan
 - Osnovni tok: Korisnik unosi ime, Korisnik omogućava sistemu slikanje, Korisnik pokreće testiranje, Sistem vrši testiranje – poređenje i prikazuje rezultat
 - Cilj: Korisnik je identifikovan kao osoba „Ime_Osobe“.

Slika 12. Dijagram slučajeve korišćenja

Slika 13. Dijagram aktivnosti: Dodavanje novog zapisa

Slika 14. Dijagram aktivnosti: Prepoznavanje

Slika 15. Dijagram sekvenci: Dodavanje zapisa

Slika 16. Dijagram sekvenci: Prepoznavanje

Slika 17. Dijagram Klasa

OpenCV's Face Detector je detektor lica, koji radi u opsegu od oko 92-97% kod jasnih fotografija koje se dobijaju kamerom. Obično je teže ovakvom sistemu da detektuje lice osobe kada se posmatranje vrši sa strane ili pod određenim uglom (oko 35°). OpenCV's Face Detector ponekad zahteva procenu poze. Može biti veoma teško za detekciju lica osobe, ako fotografija sadrži mutne i nejasne delove, ili ako je deo lica svetliji od drugog ili je slika nejasna, ili ako postoji senka, ili pak osoba nosi naočare, a prilikom zapisa u bazi podataka nije nosila naočare itd.

5 DALJA ISTRAŽIVANJA I BUDUĆNOST BIOMETRIJSKIH SISTEMA

Mnoge tehnike autentifikacije su danas raspoložive i uveliko se koriste. Međutim tehnike koje se odnose na primenu biometrijskih karakteristika su u prednosti u odnosu na tradicionalne metode, iz prostog razloga što su neke osobine ili svojstva ono što smo mi i što nas u najvećoj meri čini. Ovakva svojstva pojedinaca je teško kopirati ili oponašati.

Dalja naučna istraživanja i budućnost biometrijskih sistema se odnose na integraciju sa prepoznavanjem glasa, otisaka prstiju, ili geometrije dlana, kao i prepoznavanju mrežnjače oka. Sve prisutnija veštačka inteligencija takođe može doprineti efikasnosti, kao i poboljšavanju performansi. Takođe tehnike autentifikacije zasnovane na algoritmima za prepoznavanje sa video sekvenci imaće značajne prednosti u kontroli saobraćaja, i sprvođenju zakona. Neki vidovi ove tehnike u čijoj je osnovi prepoznavanje lica se koristi i u robotici. Dakle budućnost autentifikacije leži u metodama za prepoznavanje lica.

Prema predviđanju Lawrence Hornaka, direktora Centra za istraživanje identifikacionih tehnologija (CITEr), u budućnosti će putnici biti identifikovani dok hodaju hodnicima zgrada, aerodromima i sl., pri čemu će im kamere očitati strukturu oka i oblik lica, bez stajanja na posebnu tačku za proveru ili gledanja u kameru.

LITERATURA

1. Delac K., Grgic M. and Stewart B.M, "Recent Advances in Face Recognition", First published November 2008, Printed in Croatia.
2. L. Sirovich, M. Meytlis, Symmetry, "Probability and Recognition in Face Space", Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 106, No. 17, 28 April 2009, pp. 6895-6899.
3. Daijin Kim, Jaewon Sung, "Digital Media Research Lab, LG Electronics", Automated Face Analysis: Emerging Technologies and Research, Hershey, New York, 2009.
4. Liya Ding; Martinez, A.M. "Features versus Context: An Approach for Precise and Detailed Detection and Delineation of Faces and Facial Features", Dept. of Electr. & Comput. Eng., Ohio State Univ., Columbus, OH, USA, 2010.
5. Yin Zhang; Zhi-Hua Zhou; "Cost-Sensitive Face Recognition", Nat. Key Lab. for Novel Software Technol., Nanjing Univ., Nanjing, China, 2010.
6. Kumar, R.; Barmpoutis, A.; Banerjee, A.; Vemuri, B.C.; "Non-Lambertian Reflectance Modeling and Shape Recovery for Faces Using Tensor Splines", Dept. of Comput. & Inf. Sci. & Eng., Univ. of Florida, Gainesville, FL, USA, 2011.
7. Inli Suo; Song-Chun Zhu; Shiguang Shan; Xilin Chen; "A Compositional and Dynamic Model for Face Aging", Grad. Univ. of Chinese Acad. of Sci., Beijing, China, 2010.
8. Zhaojun Xue, Dong Ming, Wei Song, Baikun Wan, Shijiu Jin, "Infrared gait recognition based on wavelet transform and support vector machine", College of Precision Instruments and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, China, August 2010.
9. P.J. Phillips, W.T. Scruggs, A.J. O'Toole, P.J. Flynn, K.W. Bowyer, C.L. Schott, M. Sharpe, „FRVT 2006 and ICE 2006 Large-Scale Results“, NISTIR 7408, National Institute of Standards and Technology, 56 pages, 2007.

10. Liya Ding; Martinez, A.M.; Dept. of Electr. & Comput. Eng "Features versus Context: An Approach for Precise and Detailed Detection and Delineation of Faces and Facial Features." Ohio State Univ., Columbus, OH, USA, 2010.
11. Queirolo, C.C.; Silva, L.; Bellon, O.R.P.; Segundo, M.P. Dept. tie Inf., „3D Face Recognition Using Simulated Annealing and the Surface Interpenetration Measure Univ“. Fed. do Parana, Curitiba, Brazil, 2010.
12. Kemelmacher-Shlizerman, I.; Basri, R.; "3D Face Reconstruction from a Single Image Using a Single Reference Face Shape", Dept. of Comput. Sci. & Eng., Univ. of Washington, Seattle, WA, USA, 2011.
13. Ianzhuang Liu; Yu Chen; Xiaoou Tang; "Decomposition of Complex Line Drawings with Hidden Lines for 3D Planar-Faced Manifold Object Reconstruction", Dept. of Inf. Eng., Chinese Univ. of Hong Kong, Hong Kong, China, 2011.
14. Unsang Park; Yiying Tong; Jain, A.K.; "Age-Invariant Face Recognition", Dept. of Comput. Sci. & Eng., Michigan State Univ., East Lansing, MI, USA, 2010.
15. Berretti, S.; Del Bimbo, A.; Pala, P.; "3D Face Recognition Using Iso-geodesic Stripes", Dipt. di Sist. e Inf., Universitd degli Studi di Firenze, Firenze, Italy, 2010.
16. Yueming Wang; Jianzhuang Liu; Xiaoou Tang; "Robust 3D Face Recognition by Local Shape Difference Boosting", Dept. of Inf. Eng., Chinese Univ. of Hong Kong, Hong Kong, China, 2010.
17. Lončarević Z., "Tehnike autentifikacije zasnovane na prepoznavanju lica", Master rad, Fakultet Organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, 2011.
18. Saračević M., Mašović S., Lončarević Z., "Primena UML-a u razvoju softvera larmannovom metodom", X međunarodni naucno-strucni Simpozijum INFOTEH - Jahorina, BIH, ISBN: 99938-624-2-8, Vol. 10, Ref. E-I-27, p. 519-523, 2011.
19. Saračević M., Mašović S., Lončarević Z., "Primena UML dijagrama aktivnosti u predstavljanju Data Mining modela tehnikom genetskih algoritama", 18. Internacionalni telekomunikacioni forum TELFOR 2010, ISBN: 978-86-7466-392-9, pp. 1101-1104, 2010.

RESUME

Many authentication techniques are available today and are used massively, however, the techniques which are related to application of biometric characteristics possess an advantage over traditional methods, for the simple reason that some features or properties actually represent ourselves and our values. These properties are not easily copied or imitated.

Authentication techniques based on face recognition technology are yet to be greatly appreciated and their results are already great. One in a thousand attempts the face recognition technology denies access to the user, or some "intruder" manages to cheat the system, which is not such a bad result. However, with the emergence of new technologies (for instance, high resolution cameras, 3D cameras, and the more sophisticated computer technology), this technique is yet to become important in biometrics as well as in other spheres of human life and entertainment. In combination with other forms of biometrics, as part of multimodal systems, it creates a technique of authentication which adapts to combinations in various forms of a hybrid system. Let us also mention voice recognition, finger print, or palm geometrics, as well as eye length and retina recognition technology. According to Lawrence Hornak, executive of Centre for Identification Technology Research (CITeR), in the future passengers will be identified while they walk the building

corridors, airports etc., whereby cameras will scan their eye length and face shape, and they will not have to purposefully stand in front of the camera.

The future of authentication technique based on face recognition lies in the technique which uses 3D technology for face recognition as well as in 3D algorithms. The all present artificial intelligence can also contribute to this method's efficacy, as well as in improving the performance. Furthermore, the authentication techniques based on video sequences recognition algorithms will have significant advantages in traffic control and law enforcement. Some forms of this technique which is partially based on face recognition is used in robotics as well. Therefore, the future of authentication lies in face recognition techniques.