

PREPOZNAVANJE LICA

Primjena algoritama strojnog učenja

UVOD

O web - stranici www.face-rec.org

- ◉ Mnogo korisnih informacija o području prepoznavanja lica
- ◉ Nastala kao zamjena za stranicu Face Recognition Homepage (stranica Petera Kruizinga)
- ◉ Cilj ove stranice je osigurati znanstvenicima (istraživačima) točne informacije iz područja prepoznavanja lica
- ◉ Organizirana kao "bazen informacija" za zajednicu koja se bavi proučavanjem tog područja

PREPOZNAVANJE LICA

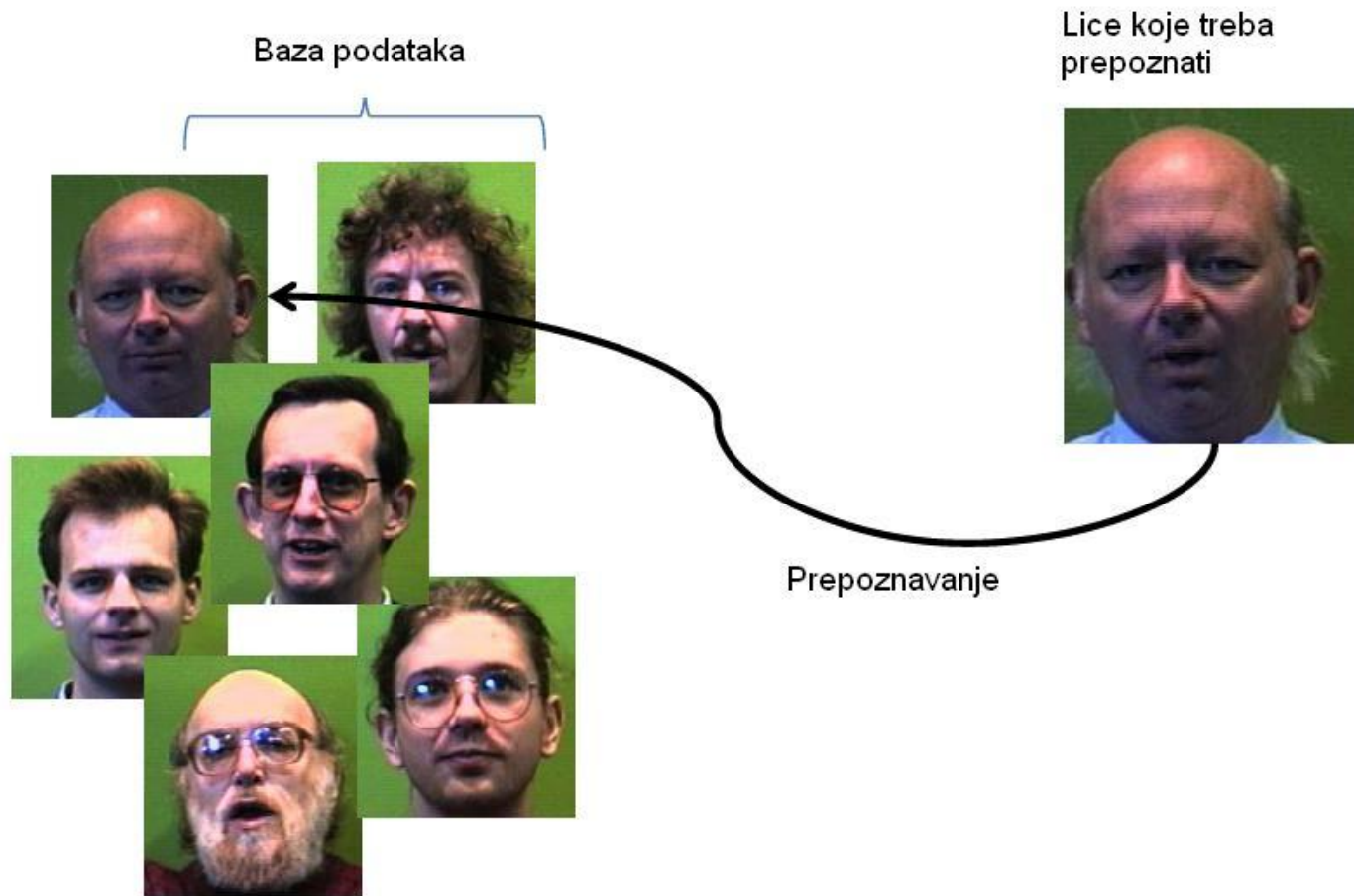
- ◉ Područje kojim se bave informatičari, znanstvenici koji se bave proučavanjem živčanog sustava i psiholozi
- ◉ Polazna pretpostavka problema prepoznavanja lica:
"Na danim slikama ili video zapisima identificiraj ili provjeri jednu ili više osoba uz upotrebu postojeće baze podataka lica."

SMJEROVI ISTRAŽIVANJA PO *FACE RECOGNITION* *VENDOR TEST (FRVT)* IZ 2002. GODINE

- ◉ Prepoznavanje lica sa slika na otvorenom
- ◉ Prepoznavanje lica sa slika na kojima se lice vidi pod nekim kutom (nije uslikano frontalno)
- ◉ Prepoznavanje lica sa što manjom mogućnosti pogreške
- ◉ Pronalaženje razloga zbog kojeg je lakše prepoznati / identificirati lica muškaraca nego lica žena
- ◉ Razvoj boljih statističkih metoda za razumijevanje performansi
- ◉ Razvoj boljih modela za predviđanje performansi pri identifikaciji na velikom uzorku
- ◉ Utjecaj algoritama i sustava obuke na kovarijacijske performanse
- ◉ Integracija izmjenjivih oblika modela u performanse pri prepoznavanju lica

- ◉ Mnogo pokušaja rješavanja kompjuterskog prepoznavanja lica bazira se na prepoznavanju pojedinih značajki (oči, nos, usta ili obrisi glave)
- ◉ Zatim se definira model lica s obzirom na položaj, veličinu i veze između tih značajki
- ◉ Među informatičarima najpopularnije strategije prepoznavanja lica su one koje modeliraju i klasificiraju lica s obzirom na prosječne udaljenosti i odnose između pojedinih glavnih (karakterističnih) značajki lica

PREPOZNAVANJE LICA ILUSTRACIJA



ZAŠTO JE KOMPJUTERU TAKO TEŠKO PREPOZNATI LICE?

- Neki od razloga su:

- Različito centriranje lica na slici
- Različit položaj lica
- Različit položaj usta
- Različito otvorene/zatvorene oči
- Različit kut gledanja
- Različito osvjetljenje
- ...



- Moguća rješenja:

- Izdvajanje najvažnijih atributa
- Odbacivanje detalja
- Jedno od mogućih rješenja je PCA (*Principal Component Analysis*)

PODJELE ALGORITAMA STROJNOG UČENJA

- ◉ Algoritme strojnog učenja prepoznavanja lica možemo podijeliti na:
 - Algoritme koji se baziraju na slikama (fotografijama):
 - *Principal Component Analysis (PCA)*
 - *Independent Component Analysis (ICA)*
 - *Linear Discriminant Analysis (LDA)*
 - *Evolutionary Pursuit (EP)*
 - *Elastic Bunch Graph Matching (EBGM)*
 - *Kernel methods*
 - *Trace transform*
 - *Active Appearance Model (AAM)*
 - *3-D Morphable Model*
 - *3-D Face Recognition*
 - *Bayesian Framework*
 - *Support Vector Machine (SVM)*
 - *Hidden Markov Models (HMM)*
 - *Boosting & Ensemble Solutions*
 - *Algorithms Comparisons*
 - Algoritme koji se baziraju na video zapisima

PREPOZNAVANJE LICA UZ UPOTREBU “EIGENFACE-A”

- ◉ tzv. „*face recognition using Eigenfaces*“
- ◉ Autori ovog rješenja: Matthew A. Turk, Alex P. Pentland (Massachusetts Institute of Technology)
- ◉ Predstavili pristup prepoznavanju ljudskih lica u kojem se sljedi glava osobe te se osoba prepoznaje usporedbom karakteristika lica
- ◉ Na problem prepoznavanja lica gleda kao na dvodimenzionalan problem

PREPOZNAVANJE LICA UZ UPOTREBU "*EIGENFACE-A*"

- Ovo rješenje problema prepoznavanja lica dano je tako da nije nužno imati pun, trodimenzionalan model ili detaljnu "geometriju" lica
- Cilj istraživača koji su ponudili ovo rješenje bio je razviti brz i efikasan kompjutorski model koji je približno točan u ograničenoj okolini kao što je ured ili dom

PREPOZNAVANJE LICA UZ UPOTREBU "*EIGENFACE-A*"

- ◉ U obzir uzima sljedeće činjenice:
 - da su lica uspravna
 - da se mogu opisati kao mali skup dvodimenzionalnih podataka
 - da su lica uslikana frontalno
- ◉ Ideja ovog rješenja je da se slike lica projiciraju na dvodimezionalnu ravninu kao mali skup podataka koje nazivamo "*eigenfaces*"

PREPOZNAVANJE LICA UZ UPOTREBU "EIGENFACE-A"

- Taj skup podataka poznatih lica tvori skup primjera za učenje
- Prepoznavanje se izvodi projiciranjem nove slike na potprostor kojeg obuhvaća tzv. "*face space*"
- Zatim slijedi klasificiranje lica uspoređujući njegov položaj u "*face space-u*" s položajem poznatih primjera
- Ovaj okvir daje mogućnost učenja prepoznavanja novih lica nenadziranim učenjem

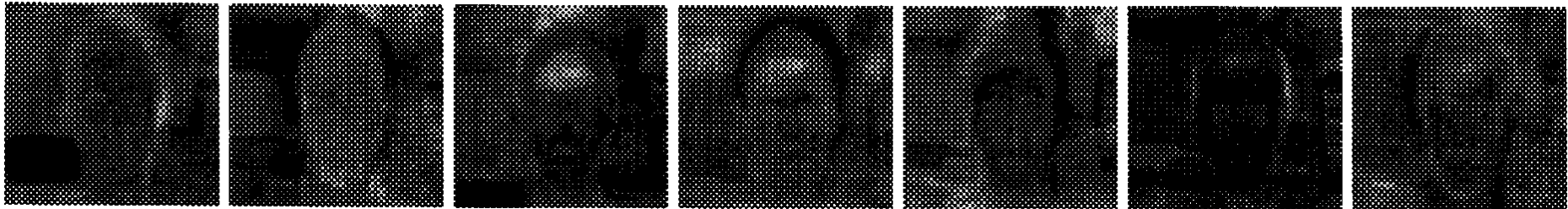
MATEMATIČKO OBJAŠNJENJE OVOG PROBLEMA

- Želimo naći glavne komponente po kojima ćemo raspoređivati lica ili "*eigenvektore*" matrice kovarijacije na dostupnom skupu slika lica
- "*Eigenvektori*" se mogu predložiti kao skup značajki koje zajedno karakteriziraju razlike među slikama lica
- Svako područje slike u većoj ili manjoj mjeri pridonosi pojedinom "*eigenvektoru*"
- "*Eigenvektor*" možemo prikazati kao neku vrstu sablasnog lica koje zovemo "*eigenface*"

PRIMJER: (SLIKE PREUZETE S FACE RECOGNITION RESEARCH COMMUNITY)



Zadano lice



Sedam "*eigenfaces*" dobivenih iz zadanog lica (bez uklanjanja pozadine)

KORACI KOJI OPISUJU PREPOZNAVANJE LICA

- ◉ Inicijalizacija: nabaviti skup primjera za učenje slika lica i izračunati "*eigenfaces*", koji definiraju "*face space*"
- ◉ Kada naiđe nova slika lica, izračunati skup vrijednosti koji se odnosi na ulaznu sliku, tako da ulaznu, novu sliku projiciramo na svaku od postojećih "*eigenfaces*"
- ◉ Odrediti prikazuje li uopće ulazna slika lice ili ne (bilo poznato ili nepoznato) tako da provjerimo je li slika barem približno slična "*face space-u*"
- ◉ Ako slika predstavlja lice, odrediti vrijednost uzorka bez obzira je li lice poznato ili nepoznato
- ◉ (korak po volji) Ako se isto, nepoznato lice pojavi nekoliko puta, izračunati njegovu karakterističnu vrijednost uzorka i spremati lice u skup primjera za učenje (naučiti ga prepoznati)

RAČUNANJE “EIGENFACES”-A

- Označimo sliku lica sa $I(x, y)$ ($I(x, y)$ je dvodimenzionalna matrica dimenzija $N * N$)
- Radi usporedbe, uobičajena veličina slike $256 * 256$ daje vektor dimenzije 65 536 ili, ekvivalentno, točku u 65 536 - dimenzionalnom prostoru
- Slike lica biti će raspoređene po ogromnom prostoru slika po nekom redu
- Glavna ideja je naći vektore koji najbolje predstavljaju distribuciju slika lica po cijelom prostoru slika

RAČUNANJE "EIGENFACES"-A

- Ti vektori čine potprostor slika lica, koji nazivamo "*face space*"
- Svaka matrica dimenzija $N * N$ tvori linearnu kombinaciju originalnih slika lica
- Neka je $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_M$ skup primjera za učenje slika lica
- Prosječno lice ovog skupa je definirano s:

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n$$

- Svako lice se od prosjeka razlikuje za vektor:

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi$$

PCA (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS)

- Najefikasnije računanje "*eigenfaces*"-a je pomoću PCA
 - Prvo se lica koja tvore skup za treniranje pripremaju za obradu
 - Zatim se računa matrica prosjeka i nju oduzimamo od originalnih, već poznatih lica
 - Računa se C, matrica kovarijance
 - Računaju se "*eigenvektori*" i "*eigen vrijednosti*" matrice C
 - Biraju se glavne komponente (od M "*eigenvektora*", samo M' može biti odabrano i to ovisi o izračunatoj vrijednosti, "*eigen vrijednosti*")

PCA (*PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS*)

- ◉ Vrlo dobar alat za određivanje glavnih karakteristika skupa podataka
- ◉ Učinkovit je za prepoznavanje, te također i za smanjenje dimenzionalnosti
- ◉ “Gradnja” vektora može biti vrlo skupa (posebno za slike)
- ◉ Online tehnike PCA se još istražuju
- ◉ Kod prepoznavanja slika, slika mora biti vrlo precizno izrezana

PRIMJER:



Skup primjera za učenje



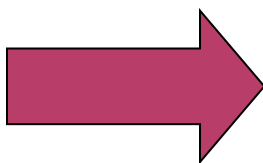
Prosječno lice dobiveno
iz skupa primjera za
učenje



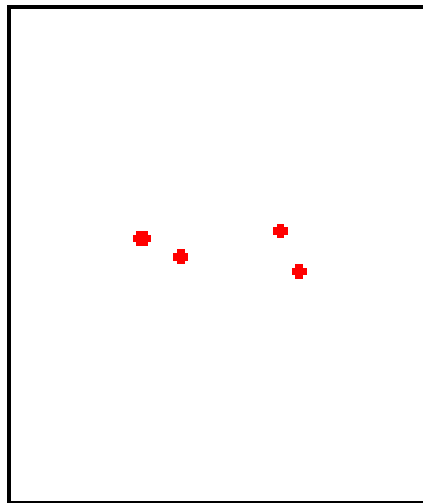
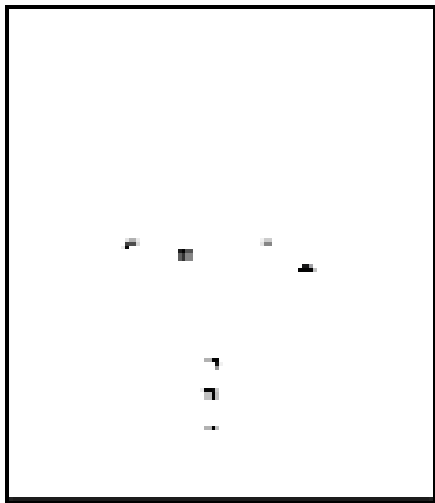
Ulazno lice



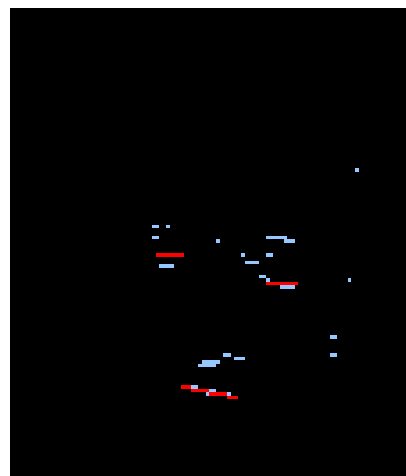
Lice nakon
filtriranja pixela
koji ne
predstavljaju lice



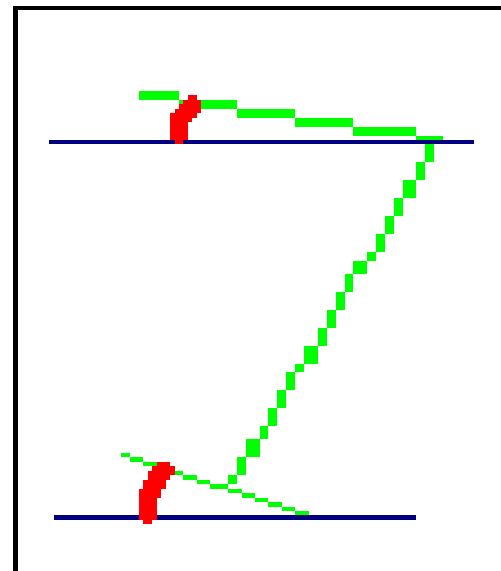
Lice nakon uklanjanja
pozadine



Mogućnosti za
pozicije očiju

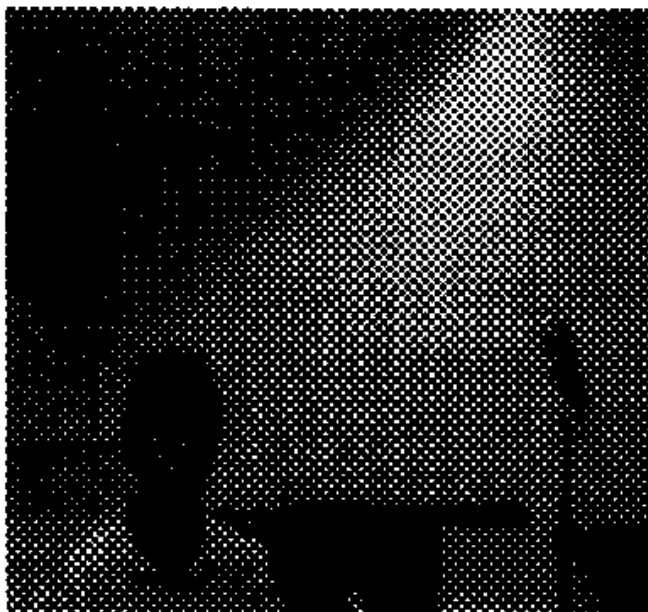


Mogućnosti
za poziciju
usta



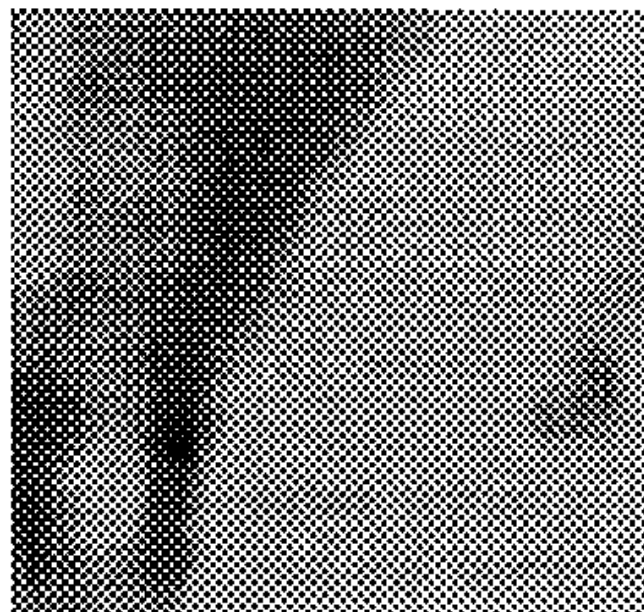
Prepoznata struktura lica

KAKO IZGLEDA KADA ULAZNU SLIKU PRETVORIMO U TZV. "FACEMAP"



(a)

(a) originalna slika



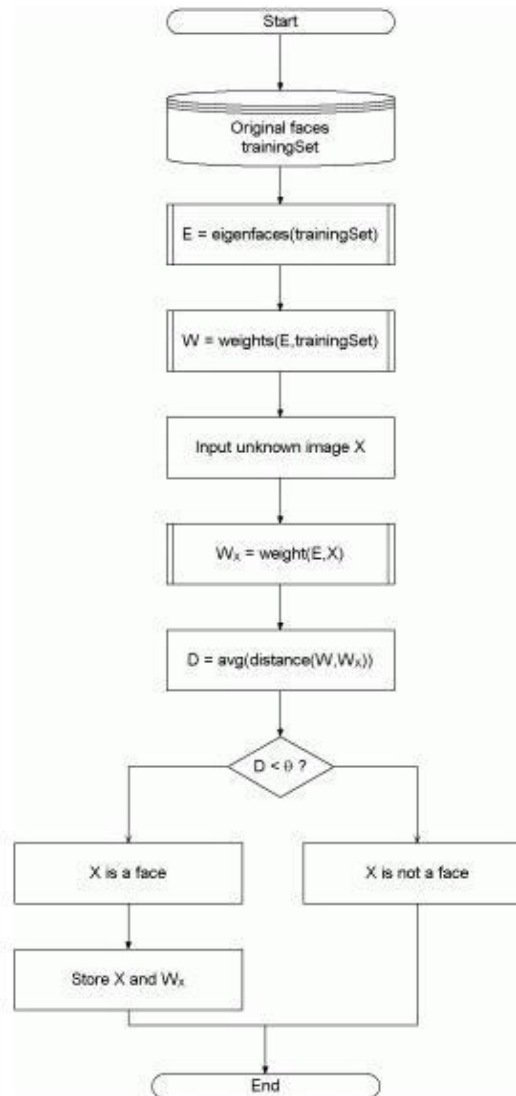
(b)

(b) "Face map", pri čemu niske vrijednosti (označene s tamnim područjima) ukazuju na prisutnost lica na slici

ALGORITAM

- ◉ Na Matt's Matlab Tutorial Source Code Page (<http://www.cs.ait.ac.th/~mdailey/matlab/#eigenfaces>) pokazano je kako iz slike dobiti "eigenface" i s time s "poigrati" u Matlab-u
- ◉ Na većini stranica umjesto algoritma postoji napomena:
"The description of the exact algorithm for determination of eigenvectors and eigenvalues is omitted here, as it belongs to the standard arsenal of most math programming libraries."

PRIKAZ ALGORITMA



PREDNOSTI I NEDOSTATCI OVOG RJEŠENJA

- Prednosti ovakvog pristupa problematici prepoznavanja lica nad drugim postojećim rješenjima:
 - Brzina
 - Jednostavnost
 - Kapaciteti primjera koji se mogu naučiti
 - Osjetljivost na sitne promjene na slikama lica (bar donekle)
- Problem ovog rješenja:
 - Ograničenost slika na kojima se može vršiti prepoznavanje lica
 - U obzir dolaze samo:
 - Slike frontalnog pogleda
 - Slike pod kutom od 45°
 - Slike gledane iz profila

PRIMJER:

- Na stranici <http://cvc.yale.edu/projects/yalefaces/yalefaces.html> nalazi se baza podataka sveučilišta Yale koja sadrži 165 slika 15 osoba (u GIF formatu)
- Za svaku osobu spremljeno je 11 slika, po jedna za svaki izraz lica ili osvjetljenje: svjetlo koje pada centralno na lice, lice s naočalama, sretno lice, svjetlo koje pada s lijeva, bez naočala, normalno lice (bez emocija), svjetlo s desna, tužno lice, pospano lice, iznenađeno i lice koje namigava
- Baza podataka se slobodno koristi, ali pristupnik mora ispuniti "pristupnicu" i ostaviti svoje podatke

PRIMJER:

Uzeli smo da je 70% nasumično odabranih lica skup za treniranje, a 30% lica skup za testiranje



3 - D PREPOZNAVANJE LICA

- Kako su se sve 2-D metode prepoznavanja lica pokazale osjetljive na svjetlosne uvjete, položaj glave, izraze lica i šminku, razvila se potreba za metodom koja daje bolje rezultate i koja nije tako osjetljiva na sve navedene uvjete
- Noviji način rješenja problema prepoznavanja lica
- Ključna ideja ovog algoritma je prikaz površine lica neosjetljiv na neke promjene (izraze lica)
- Jedna od ključnih faza je mjerenje geodetske udaljenosti na trokutastim površinama

3 - D PREPOZNAVANJE LICA

- Lica tretira lica kao trodimenzionalne površine i fokusira se na metode koje stvaraju nagib površine (sjetimo se mane 2-D algoritma - mogao je raditi samo s licima koja su bila uslikana frontalno, iz profila ili pod kutom od 45°)

“PHOTOMETRIC STEREO”

- Tehnika "*Photometric stereo*" se sastoji od dobivanja više slika istog objekta u različitim svjetlosnim uvjetima
- Pretpostavljamo da površinu lica, zadanu kao funkciju, promatramo iz zadanog položaja duž z - osi
- Objekt (lice) je osvijetljen izvorom paralelnih zraka

“PHOTOMETRIC STEREO”

Prema Lambertovom modelu
refleksije, promatrana slika,
dana je s:

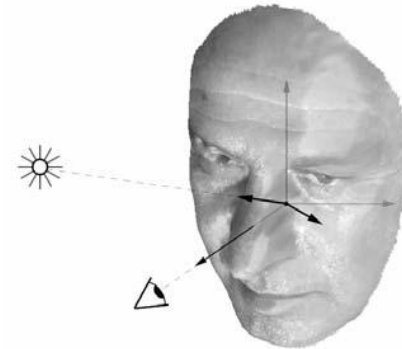
$$I^i(x, y) = \rho(x, y)n(x, y) \cdot l^i$$

pri čemu je $\rho(x, y)$

Albedo objekt,

a normala na površinu lica je
dana sa:

$$n(x, y) = \frac{(-z_x(x, y), -z_y(x, y), 1)}{\sqrt{1 + \|\nabla z(x, y)\|_2^2}}.$$



Nastajanje sheme
tehnikom “*photometric
stereo*”

PREPOZNAVANJE LICA 3 - D TEHNIKOM

- ◉ U prvom koraku 3-D tehnika prepoznavanja lica računa nagib površine
- ◉ U drugom koraku preprocesiraju se "goli" podatci
- ◉ Zatim se matricom udaljenosti dobiva kanonski oblik lica u niskodimezionalnom (trodimenzionalnom) Euklidskom prostoru
- ◉ Dobivene kanonske oblike uspoređujemo s drugim objektima koji se nalaze u bazi podataka
- ◉ Ako stopa sličnosti bude između nekih zadanih vrijednosti, prepoznavanje smatramo točnim

PRIMJENA ALGORITAMA PREPOZNAVANJA LICA

- ◉ Prepoznavanje emocija
- ◉ Prepoznavanje zločinaca sa snimaka iz zračnih luka, javnog prijevoza itd.
- ◉ <http://www.inttelix.com/suspect-detection.php>
- ◉ Na stadionima
- ◉ U financijskim institucijama
- ◉ U državnim uredima
- ◉ U tvrtkama svih vrsta



SAŽETAK FUNKCIONIRANJA ALGORITAMA ZA PREPOZNAVANJE LICA (PREUZETO SA STANICE [HTTP://WWW.INTTELIX.COM/FACE-RECOGNITION- TECHNOLOGY.PHP](http://www.inttelix.com/face-recognition-technology.php))

