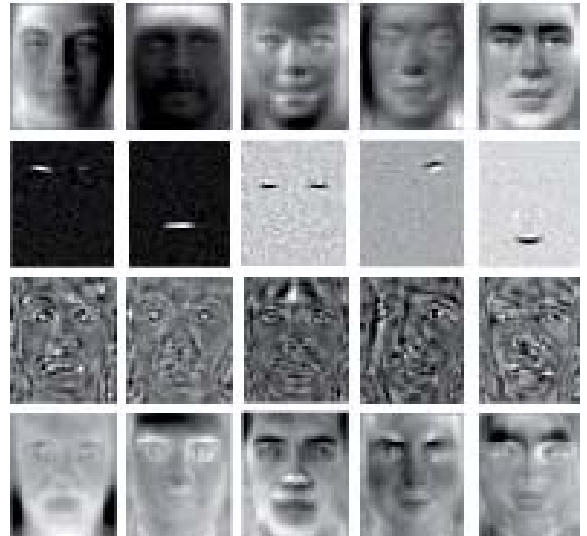


Autori:
doc. dr. sc. Mislav Grgić
Božidar Klimpak, dipl.ing.
mislav.grgic@fer.hr



Baza SCface: slike lica prikupljene pomoću nadzornih kamera

Ispitivanje sustava za raspoznavanje lica, kao i ostalih biometrijskih sustava (otisak prsta, DNA, šarenica oka i dr.), ovisi o uvjetima u kojima se postupak ispitivanja provodi. Ispitivanja mogućnosti nekog sustava za raspoznavanje provode se na ispitnim podacima, a pri raspoznavanju lica, ti ispitni podaci su velik broj slika lica. Unatoč velikom broju javno dostupnih baza slika lica, nova baza SCface, formirana na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, jedinstvena je u svijetu s obzirom na njezin sadržaj i način prikupljanja podataka, jer je nastala uporabom nadzornih kamera. Time se postiglo vjerno oponašanje uvjeta iz stvarnog svijeta te se otvorila mogućnost za ispitivanje sustava za raspoznavanje lica u stvarnim uvjetima iz svakodnevnog života.

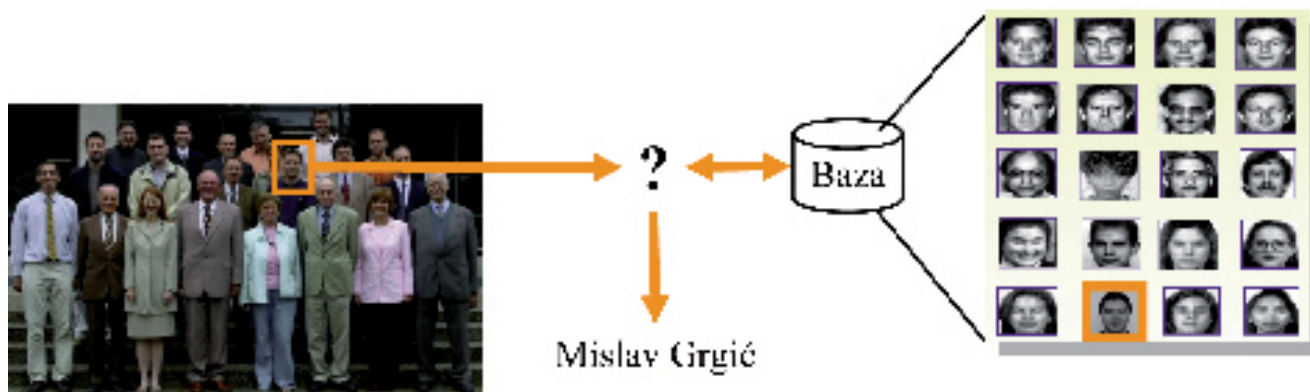
Ljudi neprestano koriste raspoznavanje lica da bi mogli prepoznati druge ljude, što je dovelo do situacije da je raspoznavanje lica najaktivnija grana istraživanja biometrijskih postupaka. Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća objavljeni su mnogi radovi i istraživanja na temu raspoznavanja lica [1], no područje istraživanja je i danas još uvijek jako zanimljivo, štoviše, raste zanimanje među brojnim istraživačima. Zanimanje raste zbog mogućnosti primjene postupaka raspoznavanja lica u velikom broju komercijalnih i policijskih sustava, a i razvoj tehnologije doveo je do mogućnosti jednostavne primjene

teorijskih razmatranja u praksi. Iako su dosadašnja istraživanja prilično uspješna, postojeći sustavi još uvijek nailaze na određene poteškoće u primjeni u stvarnom svijetu. Točnost sustava za raspoznavanje lica, kao i ostalih biometrijskih sustava (otisak prsta, DNA, šarenica oka i dr.), ovisi o uvjetima u kojima se postupak provodi.

Prednost raspoznavanja lica u odnosu na ostale biometrijske postupke je u nenaumljivosti, jer je za ostale postupke potrebna suradnja subjekata, dok prilikom raspoznavanja lica subjekti ne moraju biti svjesni da su snimljeni (nadzorni sustavi u bankama, zračnim lukama itd.). Osnovni faktori koji utječu na točnost nekog sustava

Rječnik ključnih pojmova:

Face Recognition	raspoznavanje lica
Face Database	baza slika lica
Surveillance Cameras	nadzorne kamere



Slika 1: Model sustava za raspoznavanje lica

va ili algoritma za raspoznavanje lica su: osvjetljenje, poza, izraz lica i kvaliteta slike. Ispitivanja mogućnosti nekog sustava za raspoznavanje provode se na ispitnim podacima. Ispitni podaci su u ovom slučaju velik broj slika lica. Zajedno s razvojem brojnih algoritama za raspoznavanje lica, u svijetu su nastale i brojne baze slika lica (*face databases*) s velikim brojem slika različitih karakteristika, [2]-[5]. Posebna pažnja prigodom formiranja većine tih baza posvećena je određenim čimbenicima koji utječu na sam proces raspoznavanja. Tako postoje baze koje sadrže: slike snimljene uz razne uvjete osvjetljenja, slike s raznim pozama, slike s raznim izrazima lica, te kombinacijama nabrojanih karakteristika, s time da kvaliteta, odnosno veličina slika varira od baze do baze. Unatoč brojnim javno dostupnim bazama, još uvijek ima mjesta za nove baze sa slikama drukčijih karakteristika. Većina dostupnih baza sadrži slike nastale u strogo kontroliranim laboratorijskim uvjetima, korištenjem vrhunske opreme.

Nova baza slika lica SCface, formirana na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, sadrži slike lica prikupljene pomoću nadzornih kamera i slike snimljene profesionalnim digitalnim fotoaparatom. Baza SCface sastoji se od slika lica prikupljenih pomoću nadzornih kamera (predstavljaju stanje iz stvarnog svijeta i istovjetne su slikama koje svakodnevno prikupljanju brojni nadzorni sustavi u trgovinama, zračnim lukama, kolodvorima i sl.) te od slika snimljenih digitalnim fotoaparatom (istovjetne su slikama koje se koriste za izradu putovnica i osobnih iskaznica). Baza sadrži ukupno 4 160 slika i 130 sekvenca videosignala prikupljenih u suradnji sa 130 sudionika (studenti, profesori i ostali djelatnici Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagreb).

Unatoč velikom broju javno dostupnih baza slika lica, nova baza SCface jedinstvena je u svijetu jer je nastala uporabom nadzornih kamera. Osim toga, iako je nastala u laboratoriju, vjerno prikazuje

stanje iz stvarnog svijeta te je pogodna za ispitivanje sustava za raspoznavanje lica u stvarnim uvjetima iz svakodnevnog života.

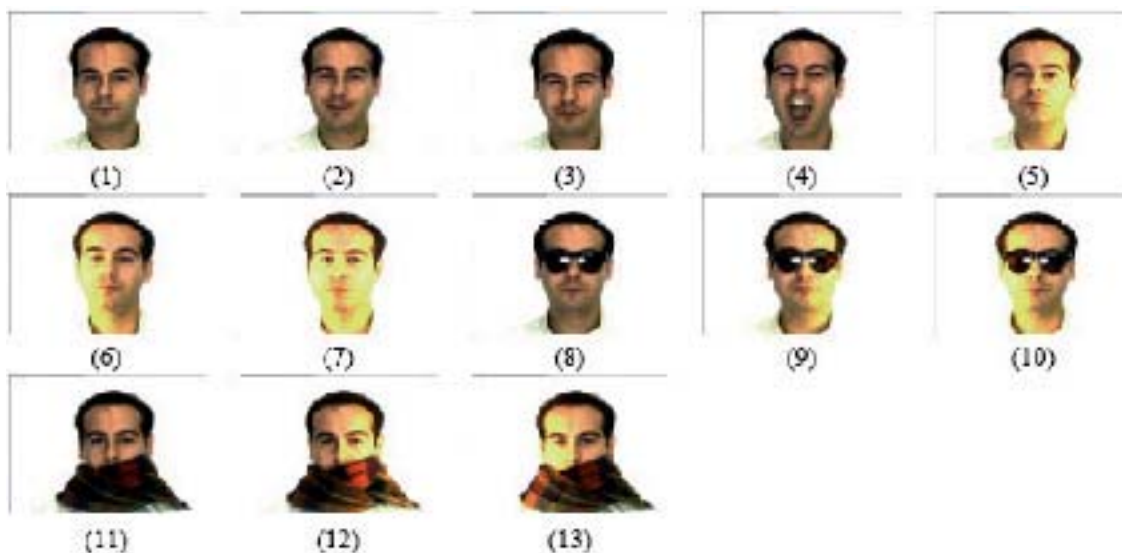
Elementi sustava za raspoznavanje lica

Automatsko raspoznavanje osoba temelji se na biometrijskom sustavu koji povezuje određenu osobu s njezinim identitetom, slika 1 Raspoznavanje lica (*face recognition*) postupak je prepoznavanja (*identification*) ili potvrđivanja (*verification*) identiteta jedne ili više osoba iz zadane slike ili videozapisa pomoću značajki ranije pohranjenih u bazu podataka [1]. Postupci identifikacije odnosno verifikacije služe se potpuno različitim pristupima. Postupak identifikacije temelji se na određivanju identiteta određene osobe na temelju velike baze slika lica poznatih sustavu. Verifikacija je postupak utvrđivanja identiteta na načina da sustav utvrđuje da li zatraženi identitet pripada osobi koja je zatražila potvrdu identiteta.

Sustavi za verifikaciju su jednostavniji, jer sustav treba usporediti izmjerene parametre s točno određenim podacima, za osobu kojoj se utvrđuje identitet, prethodno pohranjenim u bazi, te potvrditi identitet ili odbaciti zahtjev za utvrđivanje identiteta. Prigodom identifikacije, sustav treba usporediti ulazne podatke o određenoj osobi sa svim zapisima pohranjenim u bazi.

Sustavi za raspoznavanje ne daju uvijek potpuno točne rezultate. Pogreške se javljaju zbog promjena karakteristika lica, npr. promjena frizure, nošenja naočala i sl. Dakle, sustavi za raspoznavanje mogu identificirati osobe s određenom razinom točnosti. Prigodom postupka raspoznavanja imamo dva moguća ishoda: sustav je prepoznao osobu čija je provjera identiteta zatražena, ili nije pronašao odgovarajuću osobu u bazi sustavu poznatih osoba, odnosno prihvatio je ili odbacio zahtjev osobe koja je zatražila provjeru identiteta u slučaju verifikacije. U bilo kojem slučaju

postoji mogućnost da je sustav odgovorio točno, ali i netočno. Dakle, imamo četiri moguća ishoda prigodom raspoznavanja. Kod npr. postupka verifikacije, to bi bili: ispravno prihvaćanje (*true accept*) - kada sustav ispravno potvrđuje identitet osobe koja ima pravo na pristup sustavu; pogrešno prihvaćanje (*false accept*) - kada sustav prihvaća zahtjev osobe koja nema pravo pristupa sustavu; ispravno odbacivanje (*true reject*) - kada sustav opravdano odbacuje zahtjev uljeza; pogrešno odbacivanje (*false reject*) - kada sustav odbacuje zahtjev osobe koja ima pravo pristupa sustavu. Ispravno prihvaćanje i ispravno odbacivanje predstavlja ispravan rad sustava, dok pogrešno prihvaćanje odnosno odbacivanje predstavlja pogreške u radu sustava. Kvaliteta sustava određuje se mjerenjem učestalosti pogrešaka u radu, tj. brojem pogrešno prihvaćenih odnosno pogrešno odbaćenih zahtjeva. Za određivanje kvalitete sustava koriste se dvije mjere: postotak pogrešnih prihvaćanja (FAR, *False Acceptance Rate*) i postotak pogrešnih odbacivanja (FRR, *False Rejection Rate*). FAR predstavlja vjerojatnost da sustavu pristupe uljezi, dok FRR predstavlja vjerojatnost prepoznavanja ovlaštene osobe kao uljeza. U idealnim sustavima, FAR i FRR bili bi zanemarivo malih vrijednost. Praktično je nemoguće dizajnirati sustav koji bi istodobno imao mali FAR i FRR. U praksi manji FAR rezultira nešto većim FRR-om i obrnuto. Točnost nekog sustava za raspoznavanje najviše ovisi o algoritmu na kojem se temelji postupak raspoznavanja. Prilikom izrade algoritama najvažnija je faza ispitivanja i utvrđivanja mogućnosti, da bi se uočile eventualne pogreške u dizajnu te provela određena poboljšanja. Za ispitivanje i utvrđivanje mogućnosti nekog sustava za raspoznavanje nužno je korištenje što većeg broja raznovrsnih ispitnih podataka, u konkretnom slučaju, slika lica. Iz tog razloga, za potrebe ispitivanja u svijetu postoji mnogo baza s velikim brojem slika lica.



Slika 2: Primjer baze slika lica AR, Computer Vision Center, Barcelona 1998.

Dostupne baze slika lica

Ljudsko lice je složena trodimenzij-ska struktura na čiji izgled utječu mnogi faktori, od kojih su najvažniji: identitet osobe, starost, izraz lica, osvjetljenje i poza. Za dizajniranje algoritma otpornog na varijacije nabrojanih faktora potrebna je baza slika lica dovoljno velika da sadrži određen broj slika s pažljivo kontroliranim promjenama pojedinih nabrojanih faktora. Postojanje takvih baza neophodno je za ispitivanje mogućnosti algoritama za raspoznavanje lica i njihovu međusobnu usporedbu. Kreiranje kvalitetnih baza opsežan je i zahtjevan posao, no njihovo postojanje i dostupnost brojnim istraživačkim skupinama osnovni je uvjet napretka u istraživanjima na području raspoznavanja lica. Brojne različite baze slika lica dostupne su širom svijeta, a namijenjene su raspoznavanju lica, detekciji lica te analizi izraza lica. Raspoznavanje lica najaktivnije je područje istraživanja u proteklih nekoliko godina, pa je dostupan velik broj baza slika lica namijenjenih upravo raspoznavanju lica. Primjeri nekoliko slika iz baze slika lica AR prikazani su na slici 2.

Jedna od najčešće korištenih baza slika lica jest baza FERET (*Facial Recognition Technology*) prikupljena pod pokrovitelj-

stvom Ministarstva obrane SAD-a na Sveučilištu George Mason te u laboratorijima američke vojske [6]. Baza sadrži 14 051 sliku, prikupljenu u suradnji s 1 199 sudionika. Slike su crno-bijele rezolucije 256×384 elemenata slike. Snimanje je obavljeno u 15 navrata u razdoblju od kolovoza 1993. do srpnja 1996. godine. Baza FERET sadrži 24 različite kategorije slika lica. Na slici 3 prikazano je pet različitih vrsta slika lica snimljenih sprijeda, slike *fa* i *fb* snimljene su unutar kratkog vremenskog razdoblja, a subjekti su bili zamoljeni da promijene izraz lica za snimanje slike *fb*. Slike *fc* snimljene su drugom kamerom i različitim osvjetljenjem. Određen broj sudionika odazvao se ponovnim snimanjima, pa su tako nastali skupovi tzv. duplikata I (snimljeni nakon 0 do 1 031 dana) te skupovi tzv. duplikata II (snimljeni nakon 540 do 1 031 dana).

Ostatak baze čine skupovi slika s promjenama poza. Informacije o vremenu snimanja te o tome nosi li osoba naočale, dostupne su za svaku sliku. Također, dostupni su i podaci o koordinatama lijevog i desnog oka te sredini usta, koji su ručno određeni za 3 816 slika. Novo izdanje baze FERET sadrži slike u boji veličine 512×768 elemenata slike. Više o bazi FERET dostupno je u literaturi [6].

U tablici 1 dan je pregled najvažnijih karakteristika cijelog niza različitih baza slika lica. Karakteristike čije su vrijednosti nepoznate označene su s «xx». Više detalja o svakoj pojedinoj bazi dostupno je u literaturi [2] i [5].

Formiranje nove baze slika lica SCface

Razvoj sustava za raspoznavanje lica koji bi pouzdano radio u različitim uvjetima u stvarnom svijetu zahtjevan je posao, za koji je potrebno osigurati odgovarajuće podatke za uvježbavanje i ispitivanje algoritama. Baze slika lica koje su trenutno dostupne sadrže uglavnom slike prikupljene korištenjem visokokvalitetne opreme u strogo kontroliranim laboratorijskim uvjetima. Unatoč velikom broju slika koje prikazuju lica u mnoštvu različitih poza, uvjeta osvjetljenja i s prikazom različitih izraza lica, snimljenih u uglavnom kontroliranim uvjetima, zapažen je stanovit nedostatak slika koje prikazuju osobe i njihova lica u stvarnim uvjetima svakodnevnog života. Takva situacija potakla je stvaranje nove baze slika lica na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, a slike u bazi najsličnije su slikama kakve se mogu susreti u svakodnevnom životu. Baza



Slika 3: Primjer frontalnih slika lica u bazi FERET

Tablica 1: Usporedba karakteristika različitih baza slika lica

Naziv baze slika lica	Broj osoba	Broj poza	Vrste osvjetljenja	Broj izraza lica	Broj vremenskih intervala	Ukupan broj slika lica
AR	116	1	4	4	2	3 288
BANCA	208	1	× ×	1	12	× ×
CAS-PEAL	1 040	21	9 - 15	6	2	30 900
CMU Hyper	54	1	4	1	1 - 5	× ×
CMU PIE	68	13	43	3	1	41 368
Equinox IC	91	1	3	3	1	× ×
FERET	1 199	9 - 20	2	2	2	14 051
Harvard RL	10	1	77 - 84	1	1	× ×
KFDB	1 000	7	16	5	1	5 200
MIT	15	3	3	1	1	433
MPI	200	3	3	1	1	× ×
ND HID	> 300	1	3	2	10 - 13	> 15 000
NIST MID	1 573	2	1	× ×	1	3 248
ORL	10	1	× ×	× ×	× ×	400
UMIST	20	× ×	1	× ×	1	564
U. of Texas	284	× ×	1	× ×	1	× ×
U. of Oulu	125	1	16	1	1	× ×
XM2VTS	295	× ×	1	× ×	4	× ×
Yale	15	1	3	6	1	165
Yale B	10	9	64	1	1	5 850

između ostalog sadrži slike jednake onima za izradu osobnih dokumenata (snimljene fotoaparatom) te slike prikupljene nadzornim kamerama, kakve se mogu pronaći u brojnim sustavima videonadzora u bankama, trgovinama, zračnim lukama i drugdje. Snimanje nadzornima kamera održalo se od 16. do 20. siječnja 2006. godine u Laboratoriju za videokomunikacije, Zavod za radiokomunikacije, Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. Novoformirana baza SCface sadrži ukupno 4 160 slika lica i 130 sekvenci videosignala koje prikazuju 130 sudionika u različitim uvjetima. Za snimanje i obradu slika korišteni su digitalni fotoaparat, šest nadzornih kamera, profesionalni uređaj za snimanje, računalo, monitori za kontrolu sustava i ostala popratna oprema (kabeli, stalci i sl.), te videokamera DVCAM za snimanje videosekvencu.

Prikupljanje standardnih slika lica za putovnice

Baza SCface sadrži standardne slike lica za putovnice, ukupno 130 slika, koje prikazuju sudionike sprijeda, snimljene digitalnim fotoaparatom, s pripadnim podacima o položaju očiju, vrha nosa i sredine usta. Za snimanje je korišten digitalni fotoaparat Canon EOS 10D. Prigodom snimanja fotoaparat je bio opremljen odgovarajućim lećama i bljeskalicom ugođenom na odgovarajući način da se izbjegne pojava

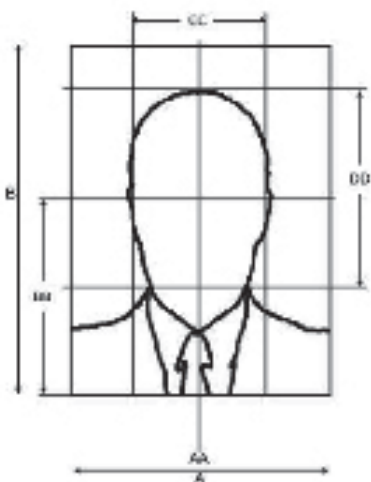
zasjenjenih dijelova na slikama lica. Snimanje je provedeno u laboratoriju uz primjenu standardne sobne rasvjete ispred bijele pozadine. Prikupljeno je 130 slika veličine $3\,072 \times 2\,048$ elemenata slike.

Izgled i karakteristike slika koje se koriste za izradu osobnih dokumenata (osobnih iskaznica, putovnica i sl.) definirale su institucije koje ih izdaju, putem odgovarajućih propisa (najčešće zakonima na državnoj razini za identifikacijske dokumente). U Republici Hrvatskoj veličina i izgled slika za osobne dokumente propisani su raznim pravilnicima. Npr. "Pravilnik o obrascima i evidenciji osobnih iskaznica" i "Pravilnik o vozačkim dozvolama" (www.nn.hr) propisuju izgled i veličinu odgovarajućih slika. Stoga je u bazi SCface provedeno usklađivanje prikupljenih slika prema propisanim zahtjevima.

Norma ANSI-INCITS 385-2004 definira format podataka za razmjenu informacija namijenjenih raspoznavanju lica (*Face Recognition Format for Data Interchange*), [7]. Norma definira parametre koje moraju zadovoljiti analogne i digitalne fotografije da bi se mogle koristiti u sustavima za raspoznavanje lica, te načine njihove pohrane i prijenosa. Prigodom prikupljanja standardnih slika lica za putovnice u bazi SCface, provedeno je usklađivanje s normom ANSI-INCITS 385-2004, a na taj su način zadovoljeni i zahtjevi propisani hrvatskim zakonima, jer norma između

ostalog sadrži i propise o slikama za osobne dokumente koji se uglavnom podudaraju s hrvatskim propisima. Parametri koje norma propisuje su: rezolucija, uvjeti fotografranja (pozadina, poza, izraz lica i sl.), format slike (trebao bi omogućiti što veću kvalitetu uz što manju veličinu datoteke, te kompatibilnost s najraširenijim programima za prikaz i obradu slika) te organizaciju dodatnih informacija na način da su prepoznatljivije većini algoritama za raspoznavanje lica. Cilj norme je omogućiti interoperabilnost sustava različitih proizvođača. Norma definira nekoliko različitih tipova slika lica radi zadovoljavanja raznih zahtjeva u primjeni raspoznavanja lica. Tipovi slika lica su: osnovni (*basic*) sadrži osnovne informacije o slici sadržane u zaglavlju, ali ne sadrži ostale podatke kao što su podaci o uvjetima snimanja; frontalni tip (*frontal*) sadrži još dodatne informacije o uvjetima snimanja, a dijeli se na dva tipa frontalnih slika: potpuno frontalni tip (*full frontal*) i označeni frontalni (*token frontal*); te ostali (*other*) koji sadrži slike koje ne ulaze u kategoriju frontalnih. Označeni frontalni tip sadrži crno-bijele slike ili slike u boji točno određenih dimenzija s točno određenim položajem očiju unutar slike, ovisno o širini i visini slike. Namjena ovog tipa slika je ušteda pri pohrani slika u zadaćama raspoznavanja lica korištenjem računala. Potpuno frontalni tip definira minimalne zahtjeve za rezoluciju crno-bijelih

slika i slika u boji da bi se mogle koristiti za raspoznavanje lica. Slike tog tipa pogodne su za trajnu pohranu, a minimalni zahtjevi za kvalitetu slika tog tipa zadovoljavaju uvjete propisane za slike za putovnice, vozačke dozvole i sl. Potpuno frontalni tip slike najčešće sadrži cijelu glavu, vrat i dio ramena smještenih unutar slike na način prikazan slikom 4 (preuzeto iz dokumenta AAMVA DL/ID-2000, *American Association of Motor Vehicle Administrators National Standard for the Driver License/Identification Card*). Sredina usta i nosa trebale bi ležati na zamišljenom vertikalnom pravcu AA koji prolazi po sredini slike, ravnina očiju treba se nalaziti na visini od 50 do 70 posto ukupne visine slike (pravac BB). Širina glave predstavljena je dužinom CC koja se nalazi između zamišljenih vertikalnih linija koje prolaze kroz točku u kojoj van-



Slika 4: Prikaz odnosa dimenzija punog frontalnog tipa slika lica

sko uho dotiče glavu. Preporučeni odnos širine slike i širine glave je $A:CC=7:4$. Visina glave definirana je kao razmak između brade i vrha kose (*crown*), a na slici je prikazana dužinom DD. Preporučena visina glave DD iznosi 70 do 80 posto ukupne visine slike B.

Za zadovoljavanje optimalnih potreba pri pohrani te za samo raspoznavanje lica, slike punog frontalnog tipa trebaju biti dovoljno velike rezolucije da širina glave bude barem 180 elemenata slike, a razmak između sredina očiju oko 90 elemenata slike. Stoga su u SCface bazi izvorne slike veličine $3\,072 \times 2\,048$ elemenata slike usklađene s normom na način da su izrezane na veličinu $1\,600 \times 1\,200$ elemenata slike uz zadovoljavanje uvjeta propisanih potpuno frontalnim tipom slika lica, a izrezivanje je provedeno postupkom bez gubitaka.

Prikupljanje slika lica pomoću nadzornih kamera

Kao što je već navedeno, SCface baza sadrži i slike lica prikupljene pomoću nadzornih kamera, čime ta baza zauzima posebno mjesto među dosad prikupljenim bazama slika lica u svijetu, te je čini jedinstvenom, jer je, prema trenutačno raspoloživim informacijama jedina dostupna baza s takvim tipom slika lica. Baza je nastala prikupljanjem slika iz ukupno šest nadzornih kamera, pri čemu je korišteno pet različitih modela nadzornih kamera različitih proizvođača, od kojih su dva modela imala mogućnost noćnog snimanja, tablica 2:

- cam1, cam6 – Bosch LTC0495/51,
- cam2 – Shany WTC-8342,
- cam3 – J&S JCC-915D,
- cam4 – Alarmcom VFD400-12B,
- cam5, cam7, cam8 – Shany MTC-L1438.

Za snimanje podataka iz nadzornih kamera korišten je digitalni snimač videesignala Digital Sprite 2 proizvođača Dedicated Micros, dizajniran upravo za potrebe sustava videonadzora. Korišten model snimača imao je 16 ulaznih videokanala, dva izlaza za monitore, te mrežni priključak (Ethernet, LAN). Uređaj je imao ugrađen disk od 600 GB za pohranu podataka i CD-snimač za snimanje pohranjenih

podataka na CD-medije. Snimač videosignala ugođen je da snima 12 slika u sekundi (po dvije slike iz svake kamere). Svaka slika pohranjena je u veličini od 40 kB, a namještene postavke preporučene su od hrvatskog zastupnika tvrtke Dedicated Micros (Tehnozavod Marušić d.o.o.) kao uobičajene postavke stvarnih nadzornih sustava.

Ukupno je prikupljeno 2 860 slika, snimljenih na tri različite udaljenosti od kamera (4,20 m, 2,60 m i 1,00 m), s upaljenim i ugašenim svjetlom u laboratoriju, te po jedna slika svake osobe snimljena u zasebnoj zamračenoj prostoriji.

Nakon završetka snimanja odabrane su odgovarajuće slike svake osobe i spremljene na računalo. Slike prebačene s uređaja Digital Sprite 2 za snimanje na čvrsti disk osobnog računala veličine su 680×556 elemenata slike, horizontalne i vertikalne razlučivosti 96 dpi s 24-bitnim prikazom boja. Slike koje prikazuju samo lica sudionika dobivene su izrezivanjem lica iz slika snimljenih nadzornim kamerama i pohranjenih na računalo, postupkom bez gubitaka. Izrezane slike lica snimljene na različitim udaljenostima od kamera različitih su veličina, ali s istim omjerom stranica (3:4). Na taj način postignuto je da lica zauzimaju najveći mogući udio u ukupnoj površini slike. Dimenzije slika redom su: 75×100 elemenata slike za slike lica izrezane iz slika snimljenih nadzornim kamerama na udaljenosti 1, 108×144 elemenata slike za slike lica snimljene na udaljenosti 2, 168×224 elemenata slike za slike lica snimljene na udaljenosti 3, te 320×426 elemenata slike za slike lica snimljene nadzornom kamerom u noćnim uvjetima snimanja u zasebnoj zamračenoj prostoriji. Prilikom pohranjivanja na računalo, svakoj slici dodijeljen je jednoznačan naziv. Primjer skupa slika prikupljenih nadzornim kamerama za jednog sudionika, s pripadnim oznakama za svaku sliku, dan je na slici 5.

Tablica 2: Karakteristike korištenih nadzornih kamera

OZNAKA KAMERE	cam1	cam2	cam3	cam4	cam5
MODEL KAMERE	Bosch LTC0495	Shany WTC-8342	J&S JCC 915D	Alarmcom VFD400-12B	Shany MTC-L1438
VRSTA CCD - SENZORA	1/3" IT	1/3" Sony Super HAD	1/3" Color	1/3" IT	1/3" Sony Super HAD
BROJ AKTIVNIH ELEMENATA SLIKE	752×582	795×596	597×537	752×582	795×596
REZOLUCIJA	540 TVL	480 TVL	350 TVL	460 TVL	480 TVL
MINIMALNO OSVJETLJENJE	0.24 lux / 0.038 lux (IR)	0.15 lux	0.3 lux	1.5 lux	0 lux (IR LED 4 lux)
SNR	> 50 dB	> 50 dB	> 48 dB	46 dB	> 50 dB
VIDEO-IZLAZ	1 Vpp, 75 Ω	1 Vpp, 75 Ω	1 Vpp, 75 Ω	1 Vpp, 75 Ω	1 Vpp, 75 Ω
NAPOMENA	noćno snimanje		kupola	kupola	noćno snimanje



Slika 5: Primjer slika jednog sudionika snimanja s pripadnim oznakama

Određivanje koordinata očiju, nosa i usta

Dosad je opisano formiranje nove baze lica SCface u dva dijela, prikupljanjem standardnih slika lica za putovnice i prikupljanjem slika lica iz nadzornih kamera. Te dvije skupine slika ukupno sadrže 2 990 slika. Za svih 2 990 slika lica dostupni su

podaci o položaju očiju, vrha nosa i sredine usta (slika 6).

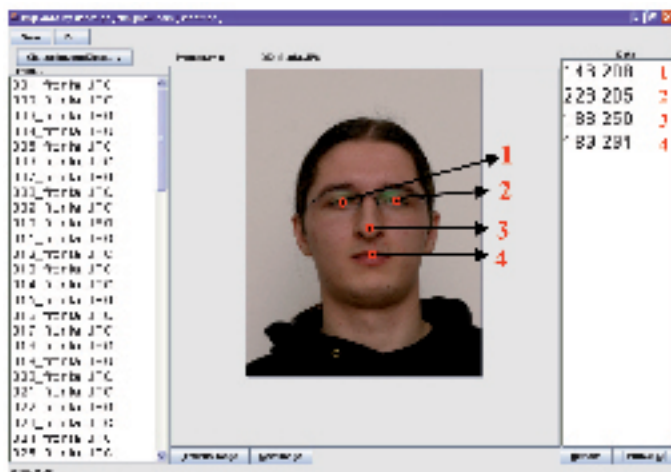
Koordinate nabrojanih obilježja lica određene su korištenjem programa razvijenog u programskom jeziku JAVA, na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, upravo za potrebe ovog projekta formiranja nove baze slika lica SCface. Time se ova baza dodatno izdvoji-

la kao jedinstvena u svijetu, jer samo poneke baze sadrže podatke o koordinatama značajka lica, a što je nužno radi postupka predobrade slika lica i objektivnog ispitivanja algoritama za raspoznavanje lica.

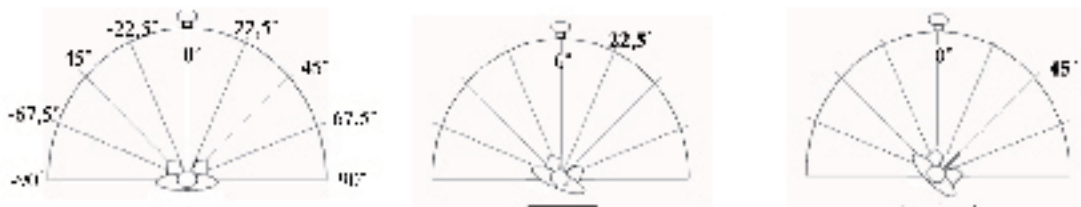
Prikupljanje slika lica u različitim pozama

Osim navedenoga, baza SCface sadrži i slike lica u različitim pozama snimljene u istim uvjetima i s istom opremom kao i standardne slike za putovnice. Osim slika sprijeda, prikupljeno je i osam slika koje prikazuju sudionike u različitim pozama u rasponu od lijevog do desnog profila (-90° do 90°) u jednakim koracima od po $22,5^\circ$ (slika 7).

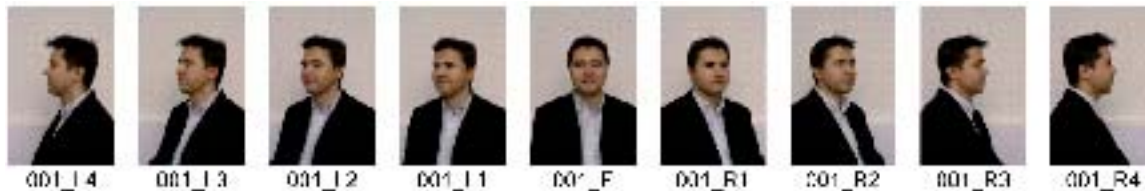
Ukupno je prikupljeno 1 170 slika koje prikazuju sudionike u različitim pozama (po 9 slika svakog od 130 sudionika). Slike su snimljene digitalnim fotoaparatom Canon EOS 10D i pohranjene su u originalnoj veličini od $3\,072 \times 2\,048$ elemenata slike. Prigodom pohrane, svakoj slici dodijeljen je jednoznačni naziv koji označava osobu prikazanu na slici i pozu, odnosno kut zakreta (slika 8).



Slika 6: Prikaz rada programa za određivanje položaja očiju, nosa i usta



Slika 7. Primjer zakretanja sudionika pri snimanju slika lica različitih pozama



Slika 8.: Primjer slika lica u različitim pozama



Slika 9: Primjer nekoliko slika iz jedne videosekvence

Prikupljanje videosekvencu

Konačno, prikupljen je i skup videosekvencu korištenjem videokamere DVCAM na način sličan snimanju slika u različitim pozama. Prigodom snimanja videosekvencu, sudionici su zamoljeni da rotiraju glavu na isti način kao i prigodom snimanja slika u različitim pozama. Na taj su način snimljena lica sudionika u rasponu od lijevog do desnog profila, a dodatno je snimljeno i naginjanje glave prema dolje i gore (slika 9).

Iz snimljenih materijala izrezane su sekvence približne duljine 10 s, rezolucije 720×576 elemenata slike s frekvencijom izmjene slika od 25 slika u sekundi i veličine 50-ak MB za svakog sudionika snimanja. Nazivi sekvencu sadrže oznake osoba koje prikazuju. Snimke su namijenjene budućem istraživanju 3D postupaka raspoznavanja lica.

Statistika baze slika lica SCface

U postupku prikupljanja slika lica za bazu SCface sudjelovali su studenti, profesori i ostali djelatnici Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. Snimanju se odazvalo ukupno 130 sudionika. Od 130 sudionika, 115 je bilo muškaraca a 15 žena. Svi sudionici snimanja bili su bijelci, starosti između 20 i 75 godina.

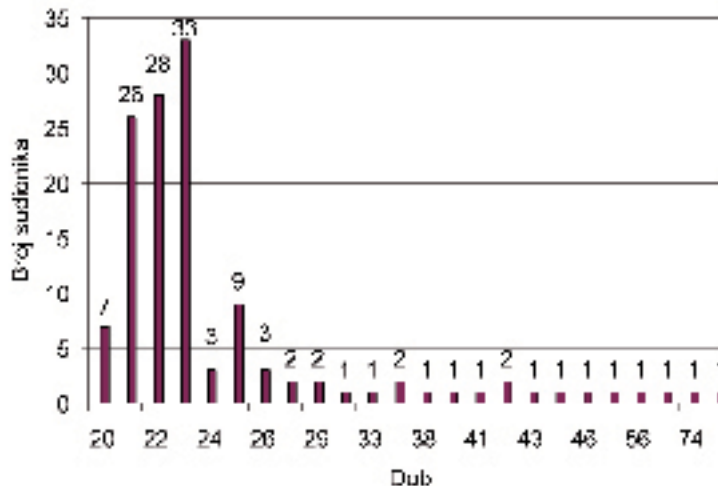
Raspodjela broja sudionika snimanja prema njihovoj dobi prikazana je na slici 10.

Moguće primjene baze slika lica SCface

Posebnost baze SCface je u samom sadržaju slika odnosno načinu njihova prikupljanja. Baza sadrži slike lica koje prikazuju realne, svakodnevne situacije iz stvarnog svijeta prikupljene raznim vrstama

nadzornih kamera. Najvažnija mogućnost primjene je ispitivanje robusnosti algoritama za raspoznavanje lica u situacijama kakve se susreću u stvarnom svijetu. Primjer takve primjene bio bi policijski sustav čija bi zadaća bila npr. pronaći određenu osobu snimljenu nadzornom kamerom u bazi slika lica koje posjeduje policija, prikupljenih prigodom izdavanja osobnih dokumenata.

Slike snimljene različitim modelima nadzornih kamera mogu se iskoristiti za



Slika 10: Raspodjela broja sudionika u ovisnosti o njihovoj dobi

ispitivanje utjecaja različite kvalitete i rezolucije slika (utjecaj različitih rezolucija pojedinih kamera i utjecaj udaljenosti snimanja) te parametara kao što su prikaz boja, referentna razina bijelog i sl. na rezultate raspoznavanja lica. Za određena ispitivanja utjecaja karakteristika kamera, tim slikama mogu se pridodati i slike snimljene kamerom DVCAM, čija se svojstva razlikuju od svojstava korištenih nadzornih kamera.

Slike koje prikazuju osobe u različitim pozama od profila do pogleda sprijeda, kao i videosekvence koje sadrže snimke rotacije glave od lijevog do desnog profila te naginjanje glave dolje i gore, mogu poslužiti za izradu modela lica za različite slučajeve 3D raspoznavanja lica.

Naposljetku, postoje i mnoge druge mogućnosti korištenja bazom SCface, kao što su: ispitivanje algoritama za određivanje poze, ispitivanje utjecaja različitih poza na rezultate algoritama za raspoznavanje lica, raspoznavanje lica u nekontroliranoj okolini, ispitivanje utjecaja niske rezolucije slika itd.

Zaključak

U ovom članku dan je pregled većine trenutno dostupnih baza lica te je opisan nastanak nove baze lica SCface. Pregledom ostalih baza lica dan je pregled stanja na području istraživanja raspoznavanja lica iz kojeg je vidljivo da je novonastala baza SCface trenutno jedinstvena u svijetu s obzirom na sadržaj i način prikupljanja podataka. Najveći dio baze formiran je korištenjem slika lica prikupljenih pomoću nadzornih kamera različitih proizvođača i karakteristika. Kamere su za potrebe snimanja montirane na način uobičajen u sustavima videonadzora. Tako osmišljen sustav prikupljanja slika imao je zadaću

vjerno oponašati uvjete stvarnog svijeta i osigurati odgovarajuće ispitne podatke za buduća istraživanja. Slike u bazi prikazuju 130 sudionika u različitim uvjetima snimanja (različite poze, osvjetljenje, udaljenosti od kamere, rezolucije i kvalitete), a ukupno je prikupljeno 4 160 mirnih slika i 130 sekvenca videosignala. Formiranjem ove baze nastoji se pridonijeti razvoju sustava za raspoznavanje lica koji bi omogućili raspoznavanje lica u uvjetima stvarnog života, što još uvijek predstavlja velik izazov brojnim istraživačima.

ZAHVALA

Autori se žele zahvaliti Krešimiru Marušiću i Tehnozavodu Marušić d.o.o. na ustupanju profesionalnog sustava za videonadzor s pripadnim nadzornim kamerama, Borisu Kržiću na ustupanju i pomoći oko fotografiranja osoba uporabom profesionalnog fotoaparata, Darku Poljaku na razvoju programa korištenog za poluatomatsko određivanje koordinata odabranih značajki lica, te svim ostalim sudionicima ovog projekta. Dijelovi istraživanja u ovom radu koriste bazu slika lica FERET prikupljenu u okviru programa FERET. Autori se žele zahvaliti tehničkom agentu FERET-a, Nacionalnom institutu za standarde i tehnologiju SAD-a (NIST), na ustupanju baze FERET.

Reference

- [1] W. Zhao, R. Chellappa, A. Rosenfeld, and P.J. Phillips: "Face Recognition: A Literature Review", *ACM Computing Surveys*, Vol. 35, No. 4, December 2003., str. 399–458
- [2] R. Gross: "Face Databases", *Handbook of Face Recognition*, S. Li and A. Jain (Eds.), Springer-Verlang, 2005.
- [3] T. Sim, S. Baker, and M. Bsat: "The CMU Pose, Illumination, and Expression Database", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 25, No. 12, December 2003, str.1615-1618
- [4] A.J. O'Toole, J. Harms, S. L. Snow, D. R. Hurst, M. R. Pappas, J. H. Ayyad, and H. Abdi: "A Video Database of Moving Faces and People", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 27, No. 5, May 2005, str. 812-816
- [5] M. Grgic, K. Delac, Face Recognition Homepage: <http://www.face-rec.org/>
- [6] P.J. Phillips, H. Moon, P. Rauss, S.A. Rizvi: "The FERET Evaluation Methodology for Face-Recognition Algorithms", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 10, October 2000, str. 1090-1104
- [7] ANSI INCITS 385-2004: "Face Recognition Format for Data Interchange", May 2004

ELCON

V A R A Ž D I N

- Rasvjeta
- Elektroinstalacijski materijal
- Sapa cijevi
- Ormari, ...

Vaš pouzdan partner!



Medimurska 2, 42 000 Varaždin, Hrvatska
tel. +385 (0)42 314 277, fax +385 (0)42 212 887
e-mail. info@elcon.hr, web. www.elcon.hr