

PREPOZNAVANJE DUŽICE

DUŽICA OKA

Stara poslovice: Oči su odgledalo duše.

Dužica se nalazi između rožnjače i sočiva.

Ona igra ulogu dijafragme oka - posebnim mišićnim mehanizmom reguliše količinu svjetlosti koja upada u oko.

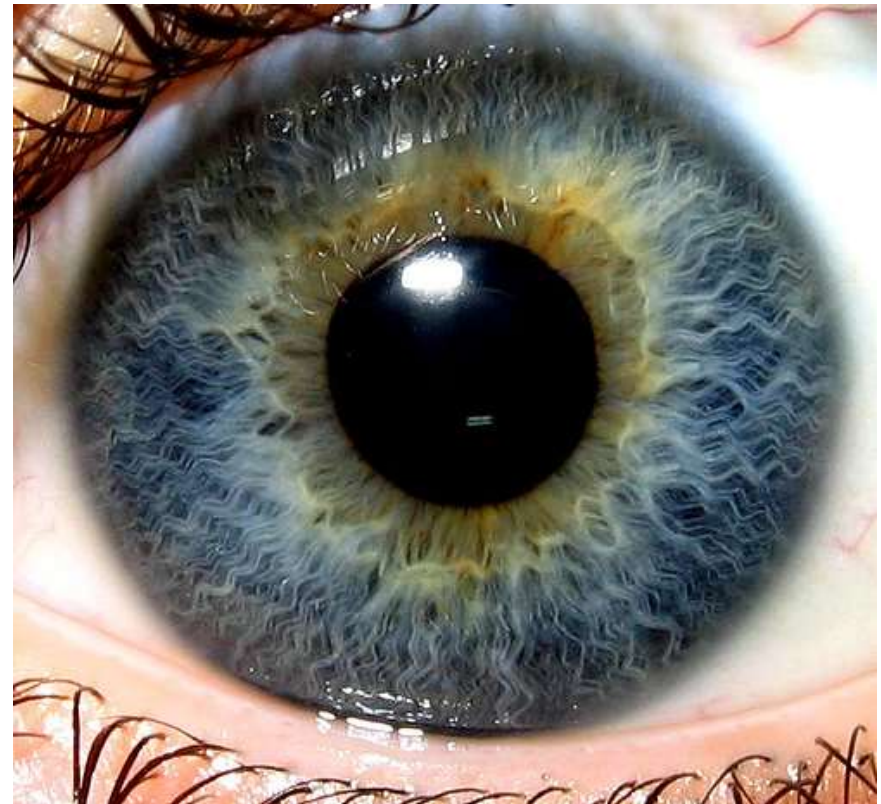
Unutrašnji organ čovjeka koji se vidi spolja.

Počinje se formirati oko tri mjeseca nakon začeća.

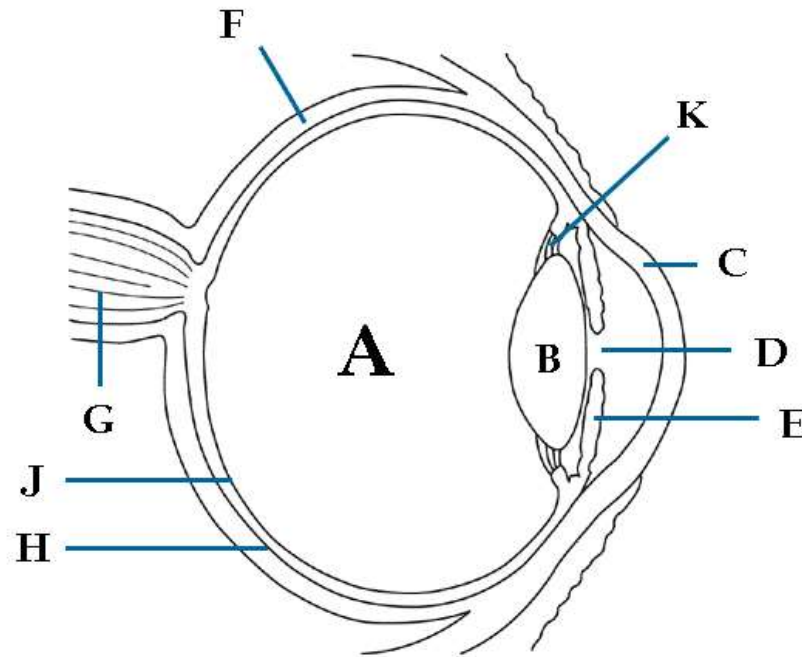
Struktura linija i šara koje joj daju prepoznatljivost se formiraju do osmog mjeseca.

Dužica sadrži mišiće za kontrolu širine zjenice.

Iris pigment epithelium – tanki sloj ćelija iza dužice.



DUŽICA OKA



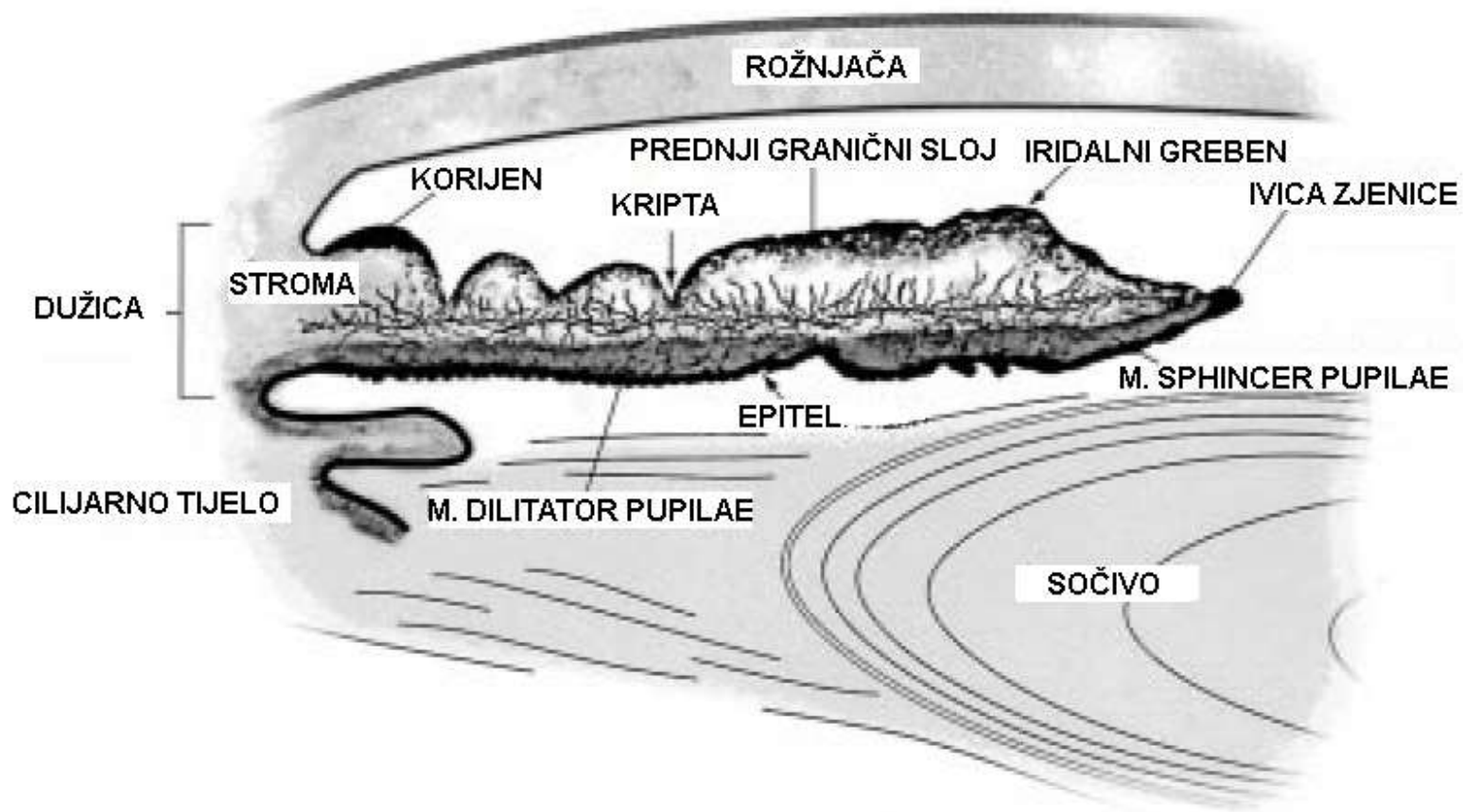
Dijagramski presjek ljudskog oka:

A - staklasto tijelo, B - sočivo, C - rožnjača, D - zjenica, E - dužica, F -beonjača, G – očni nerv, H – sudovnjača, J - mrežnjača, K - cilijarno tijelo

Debljina dužice je između 0.3 i 0.4 mm.

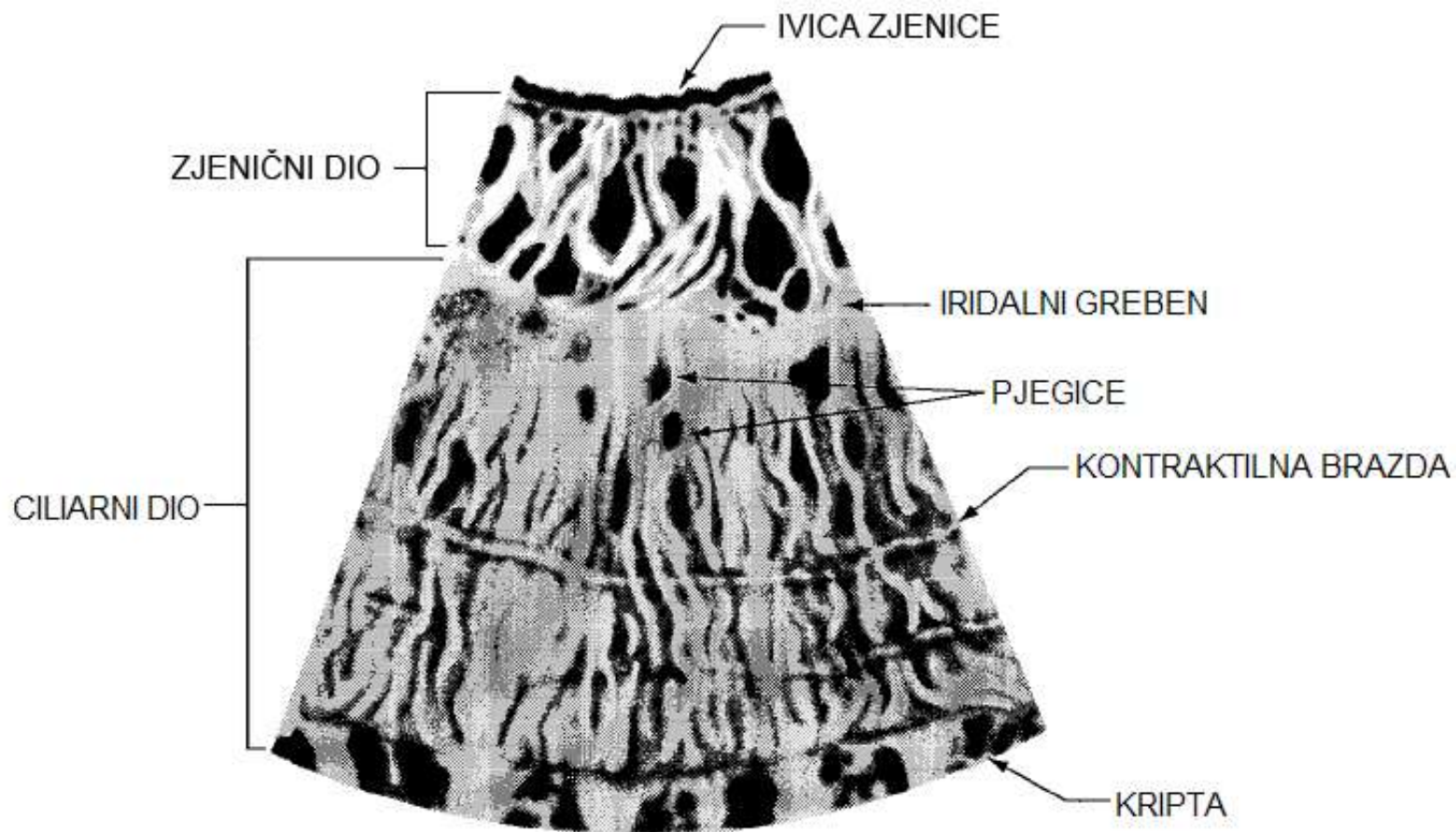
Od količine pigmenta zavisi boja dužice.

DUŽICA OKA



Vertikalni presjek dužice

DUŽICA OKA



Horizontalni presjek

Mogućnost da dužica oka bude upotrijebljena za identifikaciju, najprije je sugerisana od strane oftamologa.

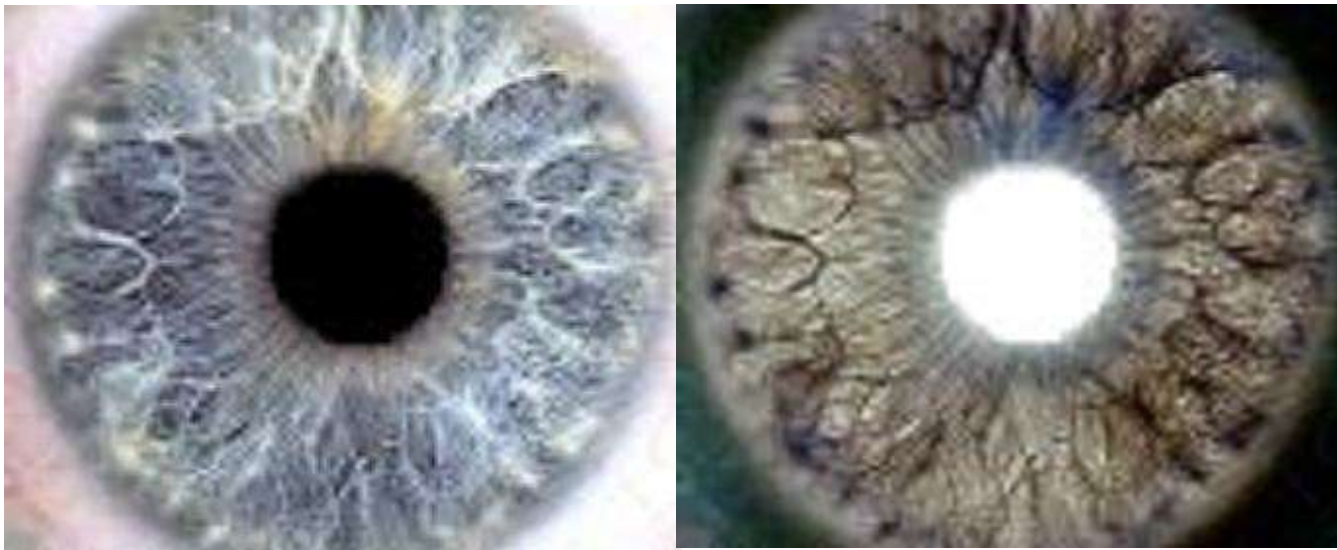
Veliki broj detalja koji su jedinstveni i ostaju nepromijenjeni tokom vremena.

1936 godine oftamolog Frank Burch prvi sugeriše upotrebu dužice za personalnu identifikaciju.

1986. god. druga dva oftamologa Aran Safir i Leonard Flom su patentirali tu ideju

Dr. John Daugman, profesor na Harvard Universitetu, sredinom 1990-tih godina patentira algoritme za skeniranje dužice.

PREPOZNAVANJE DUŽICE



Dužica oka slikana sa malog rastojanja i njen negativ.

Dužica posjeduje preko 200 detalja koji se mogu upotrijebiti za poređenje.

Čitači dužice koriste video kameru.

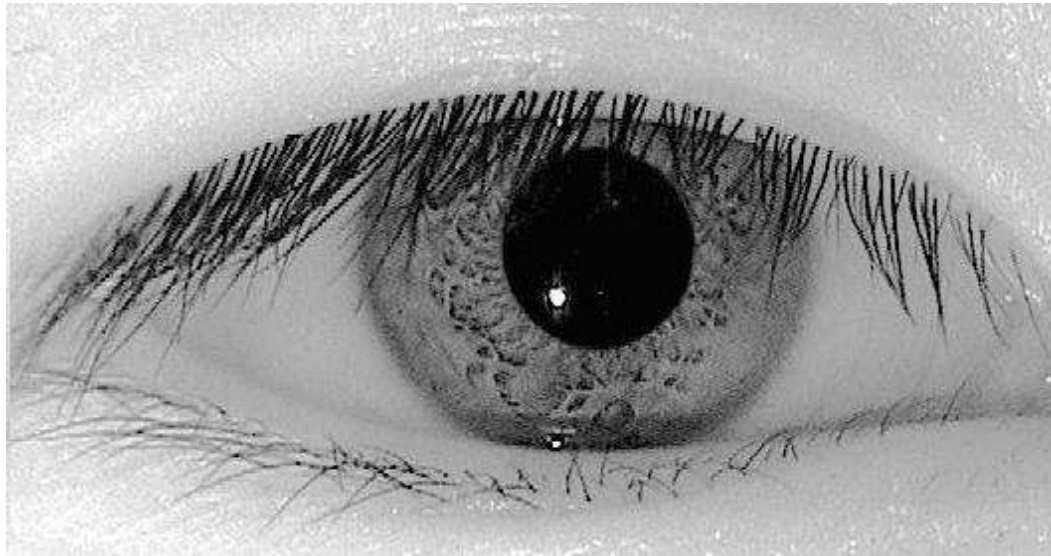
Ne zahtijeva se kontakt sa korisnikom.

PREPOZNAVANJE DUŽICE

Skeniranje dužice najčešće se vrši infracrvenim svjetlom.

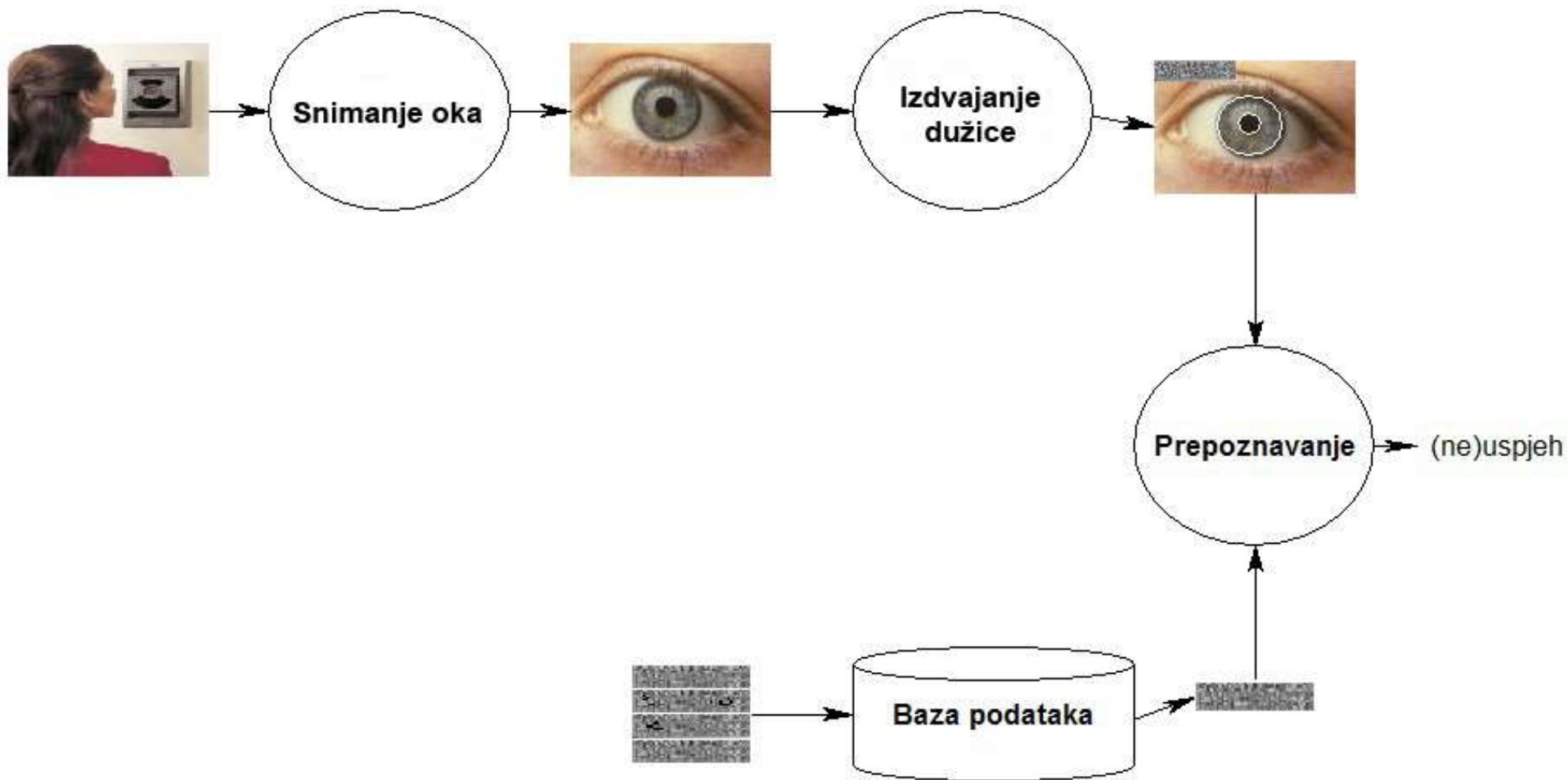
Vidljiva svjetlost se rjeđe koristi jer izaziva dilataciju zjenice.

Algoritam Dr. Daugman-a obezbjeđuje 3-4 bita podataka po kvadratnom milimetru (prečnik dužice je oko 11 milimetara).



Šara dobijena iz tamno braon dužice osvijetljene infracrvenim svjetlom.

PREPOZNAVANJE DUŽICE



Postupak prepoznavanja dužice oka

Vrijeme potrebno za prepoznavanje može biti kraće od 5 sekundi.

FAZE PREPOZNAVANJA DUŽICE:

- Slikanje oka
- Segmentacija
- Normalizacija
- Dobijanje koda
- Upoređivanje dobijenog koda

SLIKANJE DUŽICE

Nije jednostavno.

Rastojanje kamere od oka.

Dovoljno osvetljenje koje ne smeta korisniku.

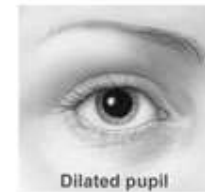
Dobro centriranje bez opterećivanja korisnika.

Za skeniranje se koristi infracrvena svjetlost.

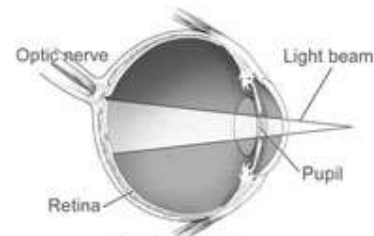
Vidljiva svjetlost – dilatacija zjenice – detekcija falsifikata.



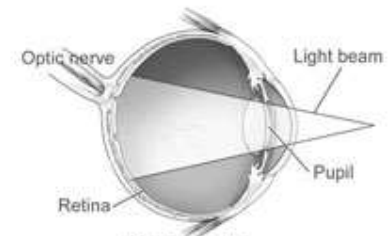
Undilated pupil



Dilated pupil



Portion of retina that can be seen through undilated pupil.



Portion of retina that can be seen through dilated pupil.

SLIKANJE DUŽICE

Prilikom skeniranja dužice oka, korisnik staje ispred čitača, na način da na uređaju može vidjeti svoje oči.



Indikator za rastojanje

Ogledala, koja pomažu korisniku da pravilno podesi oko

Operacioni indikator, svijetli kada je operacija u toku

Indikatori za rezultat, svijetle kada je prepoznavanje gotovo

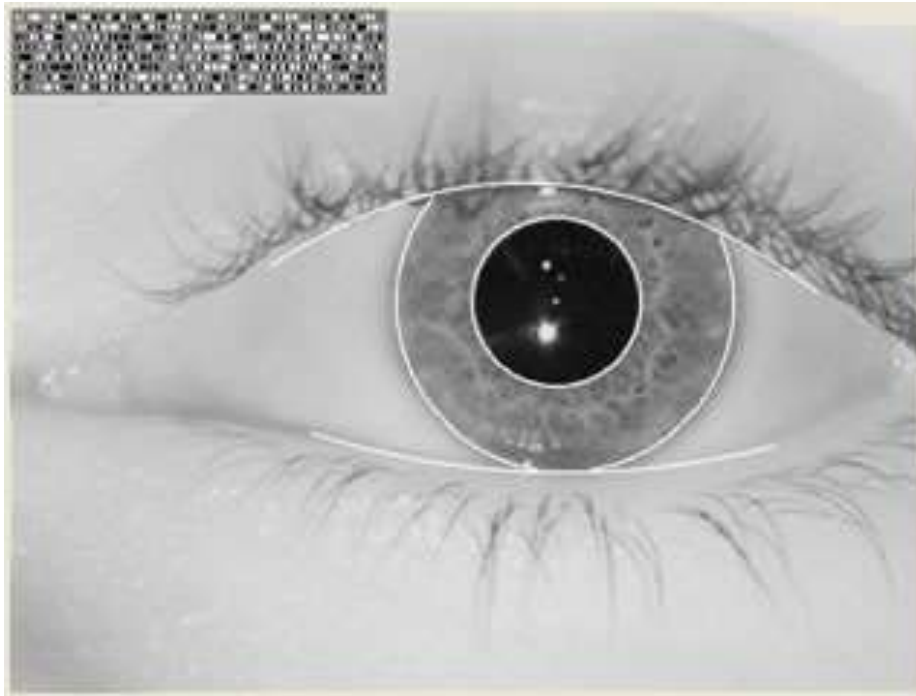
SEGMENTACIJA

Nakon što smo došli do slike oka, potrebno je izdvojiti samu dužicu.

Treba pronaći centar zjenice, detektovati ivice dužice, povezati te ivice i izvršiti filtriranje.

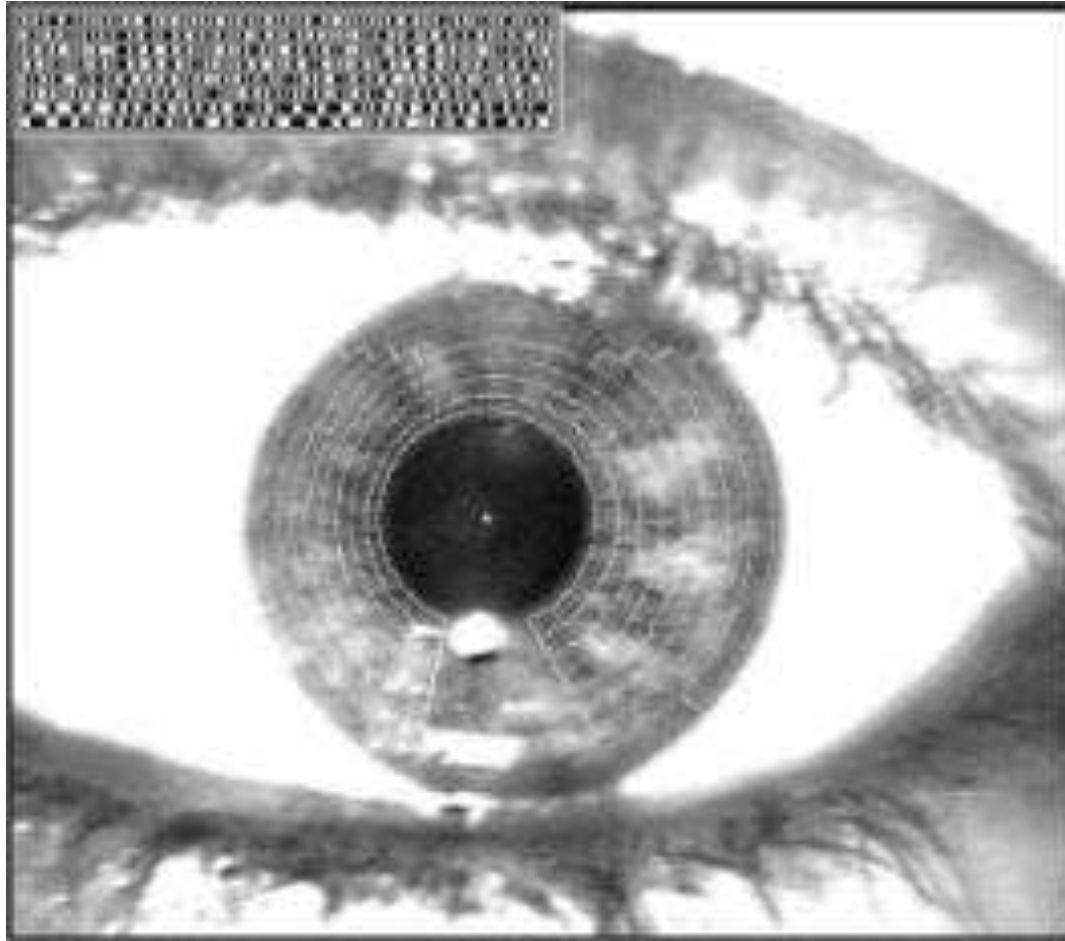
Najpoznatije metode segmentacije su:

- Hough transformacija i
- Daugmanov integralno-diferencijalni operator.



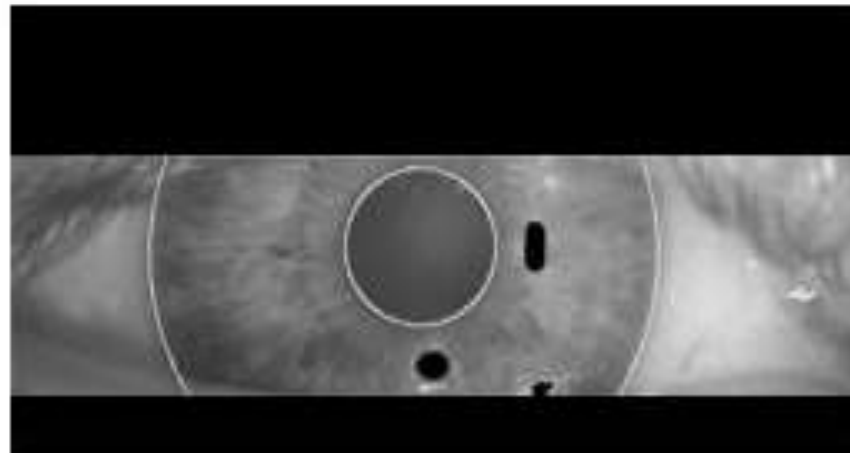
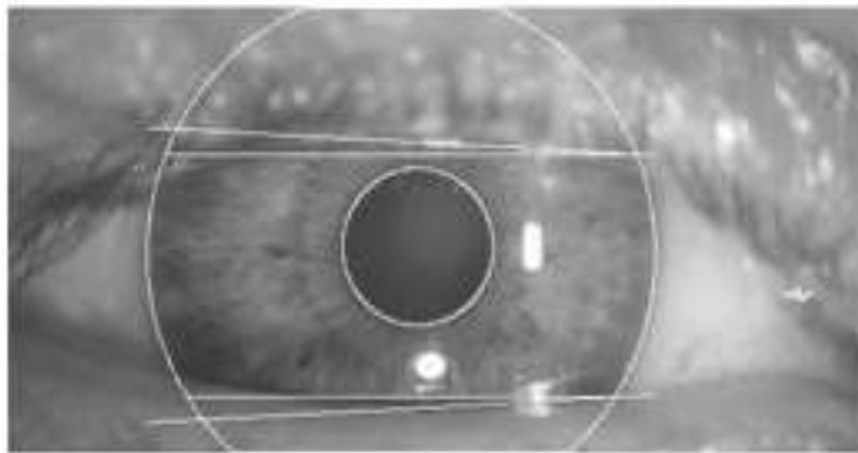
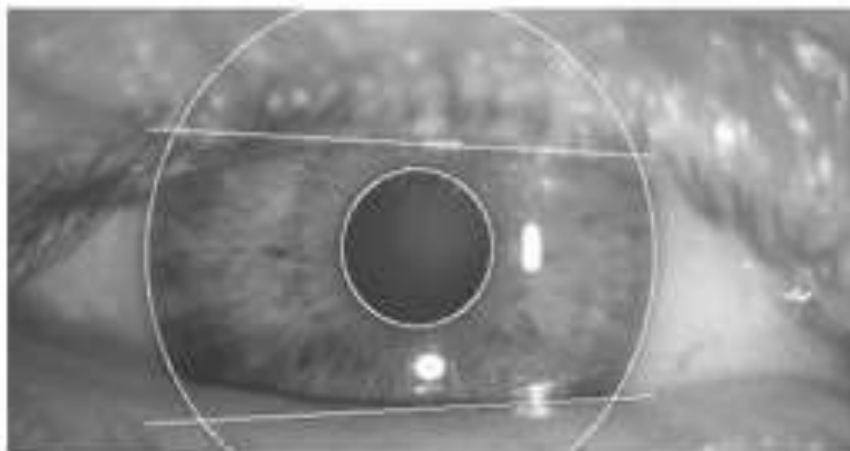
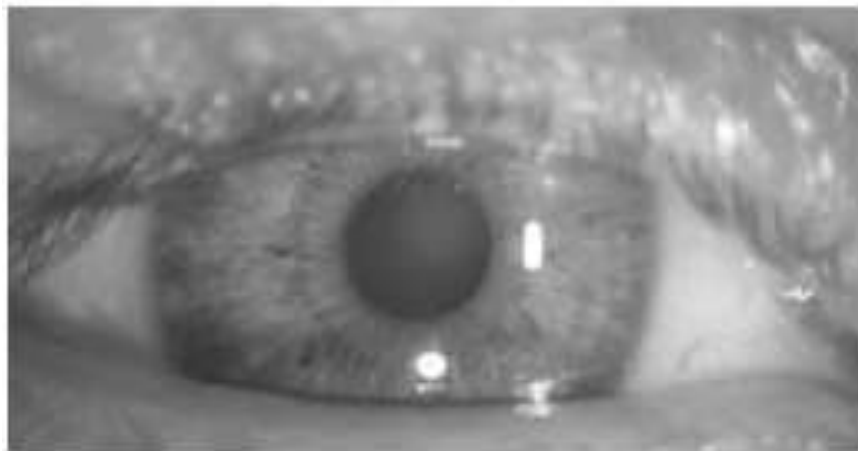
PREPOZNAVANJE DUŽICE

Radijalno pretraživanje slike dužice u cilju određivanja njenih kontura



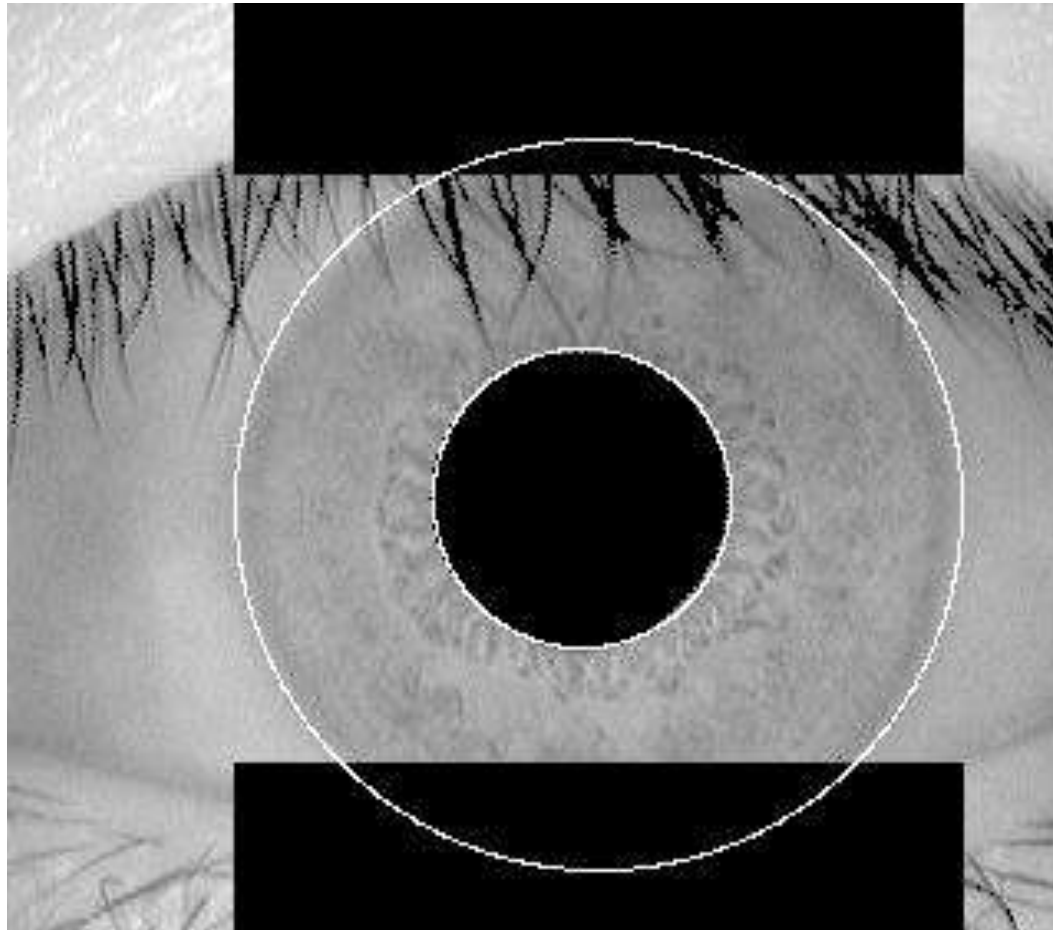
SEGMENTACIJA – DETEKCIJA SMETNJI

Detekcija ivica dužice, kao i smetnji (kapaka, trepavica i refleksije).



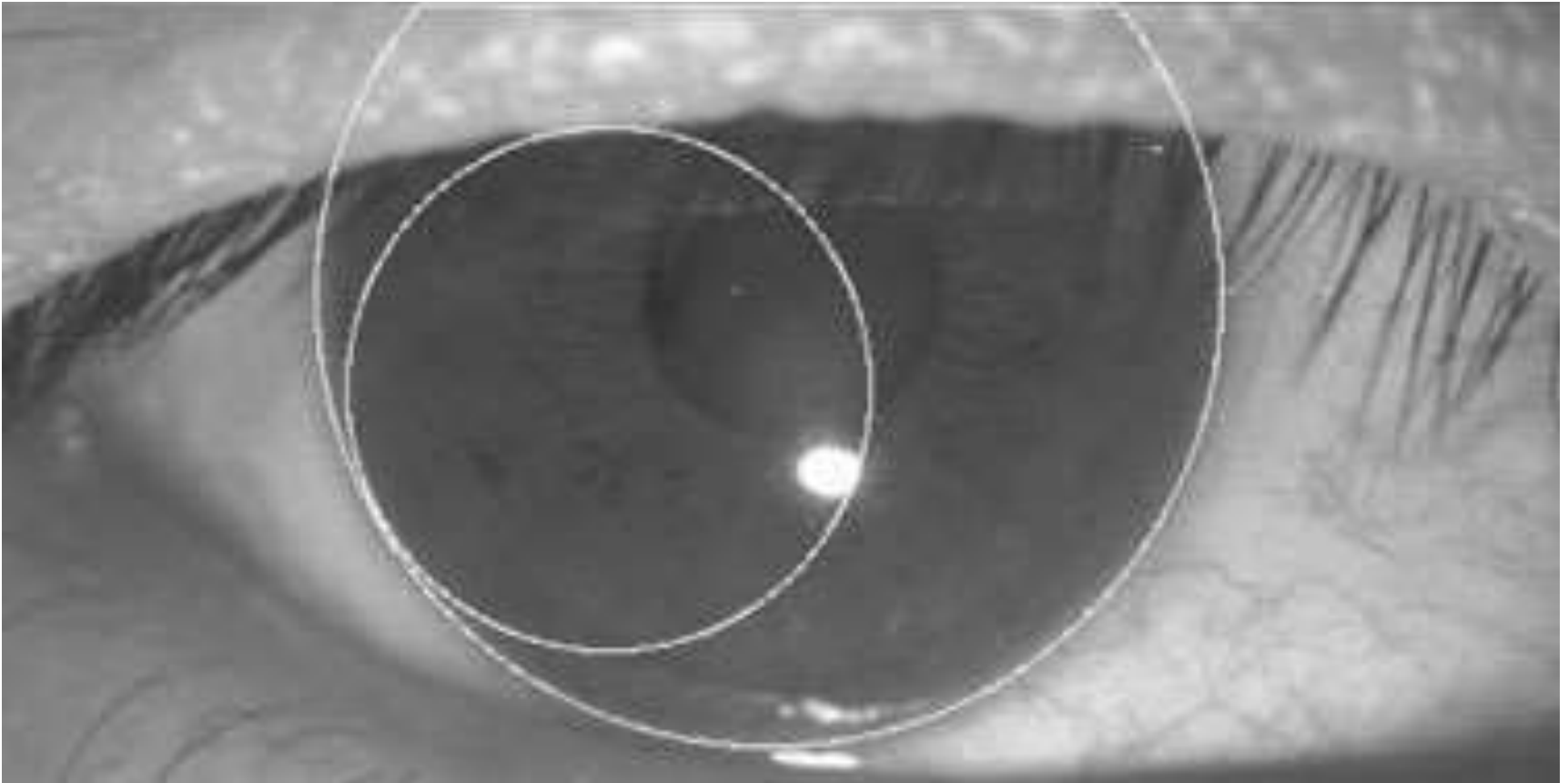
PROBLEM SVIJETLIH TREPAVICA

U gornjem dijelu slike svjetlije trepavice nisu detektovane.

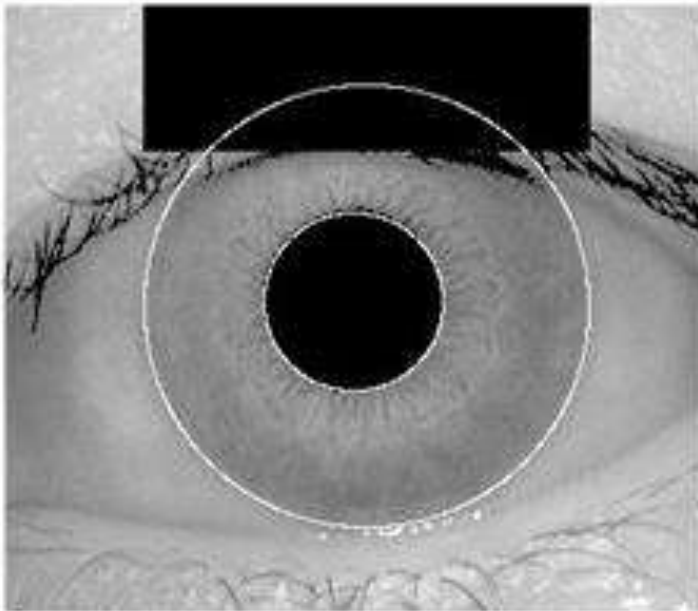
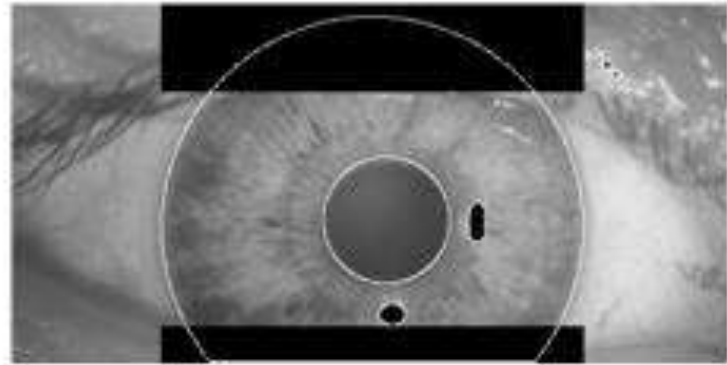
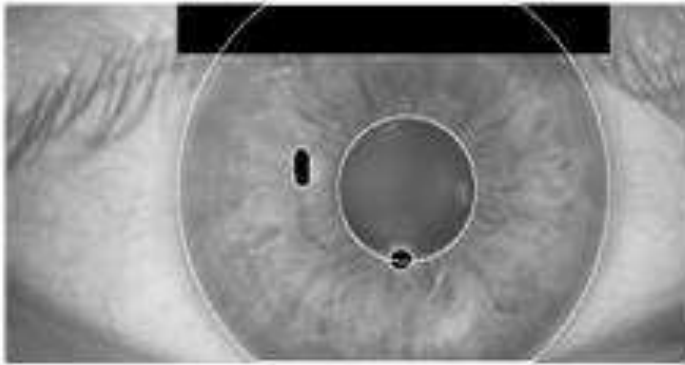


NEDOVOLJAN KONTRAST

Ukoliko između regiona dužice i regiona zjenice postoji jako mali kontrast može se desiti da segmentacija bude neuspješna.



PRIMJERI USPJEŠNE SEGMENTACIJE



Normalizacija – transformacija regiona dužice tako da ima stalne dimenzije.

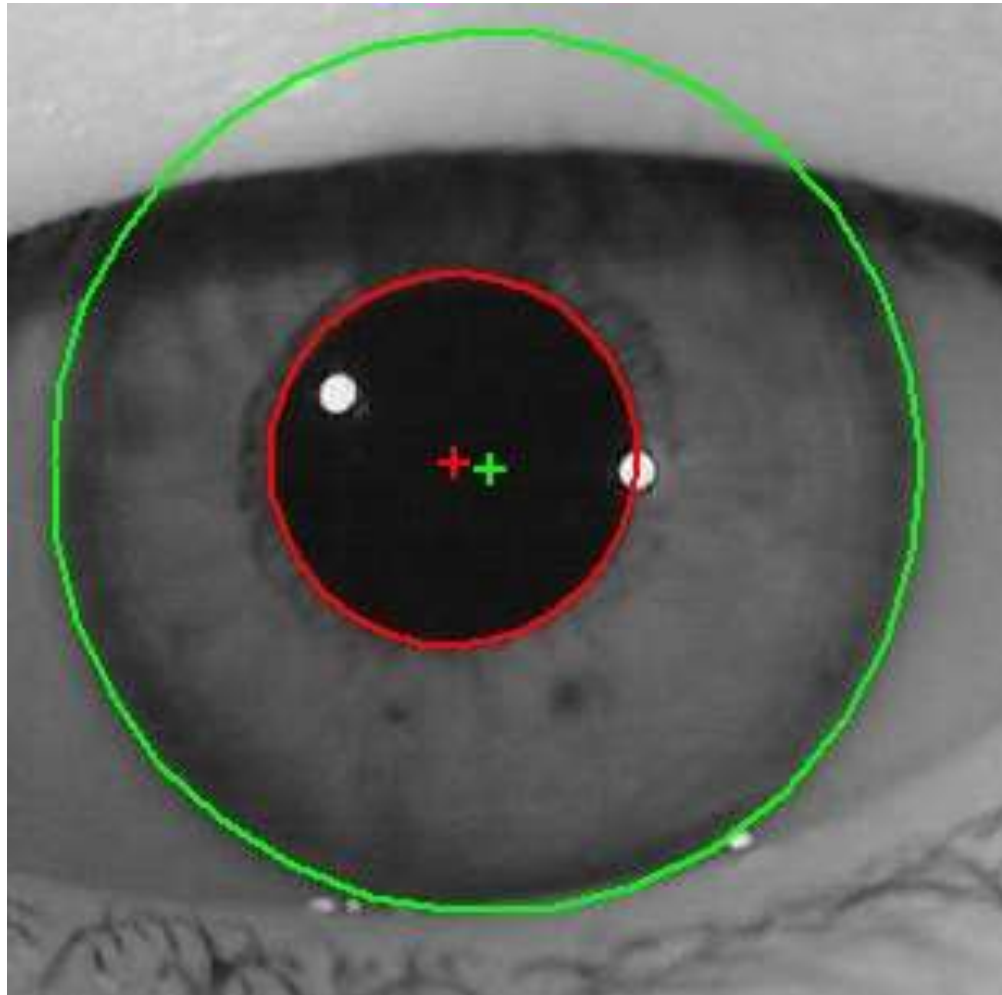
Na prepoznavanje ne smiju uticati promjene u veličini, poziciji i orijentaciji dužice.

Normalizacija treba da obezbijedi neosjetljivost na :

- veličinu dužice na slici (zavisi od rastojanja oka od kamere, uvećanja kemere, ...),**
- veličinu zjenice (stalno se mijenja usljed promjene osvjetlajaja),**
- položaj dužice na slici,**
- orijentaciju dužice (zavisi od nagiba glave, uglova kamere, rotacije oka, ...).**

NORMALIZACIJA

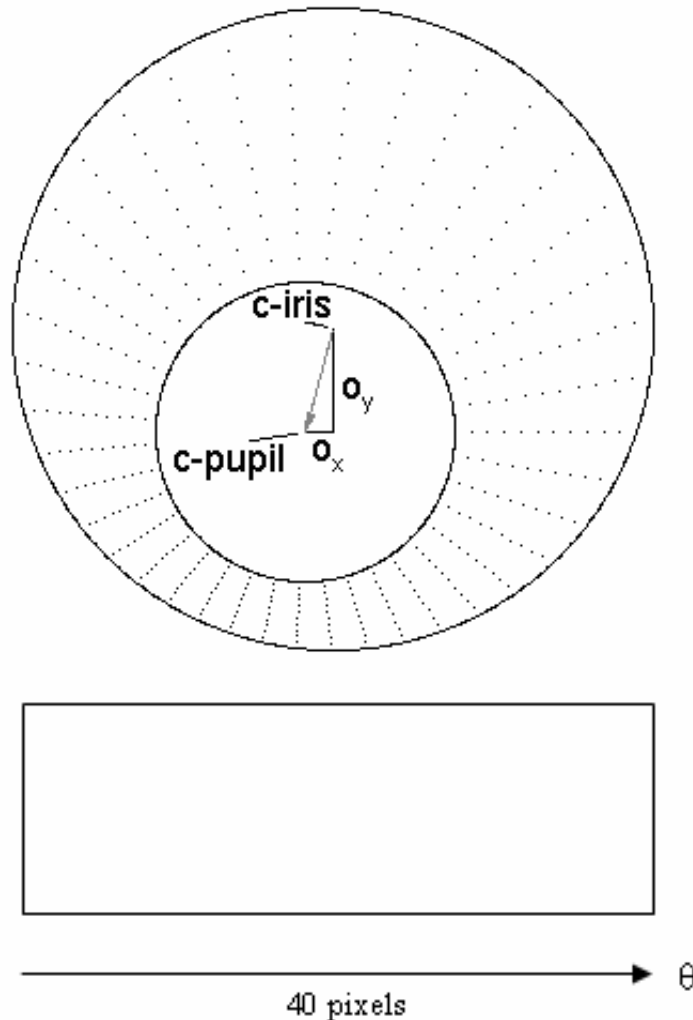
Treba imati u vidu da region zjenice nije koncentričan u odnosu na dužicu, nego uvijek malo pomjeren.



NORMALIZACIJA

DAUGMANOV RUBBER SHEET MODEL NORMALIZACIJE

Transformiše sliku u polarni koordinatni sistem.



Dvostruka bezdimenzionalnost:

-polarna promjenjiva ugao je svojstveno bezdimenzionalna.

-bezdimenzionalnost radijalne promjenjive postignuta je uzimanjem opsega od granica zjenice do limbusa uvijek kao jedinični interval.

Za referentnu tačku izabran je centar zjenice.

Radijalni vektori.

Radijalna rezolucije – tačke duž radijalnih linija.

Ugaona rezolucija – broj radijalnih linija.

Proces normalizacije



a) Slika oka



b) Lokalizacija dužice



c) Slika dužice nakon normalizacije



d) Maska za ukljanjajnje smetnji

DOBIJANJE KODA DUŽICE

Za dobijanje koda koriste se dvodimenzionalni Gabor wavelet-i.

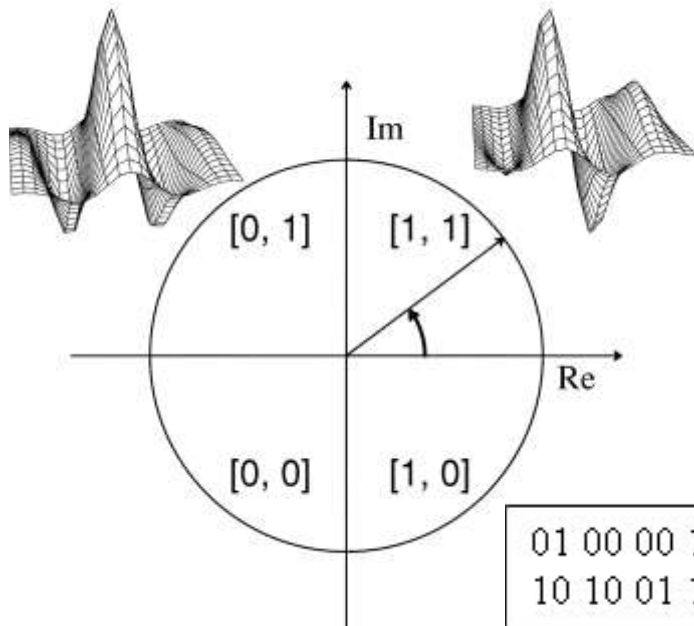
Pomoću njih struktura dužice prikazuje se kao niz vektora u kompleksnoj ravni.

Ugao svakog vektora (fazora) se kvantizira na jedan od 4 kvadranta kompleksne ravni, dajući dva bita informacije o fazi.

Za prepoznavanje se koristi samo fazna informacija.

Amplitudna informacija nije pogodna jer zavisi od mnogo faktora, kao što su: kontrast slike, iluminacija i pojačanje kamere.

Phase-Quadrant Demodulation Code



```
01 00 00 10 11 11 01 01 00 10 10 11 11 01 01 00 10 10 11 01 01 01 01 01 00
10 10 01 11 00 01 11 10 11 10 10 00 10 01 10 00 11 01 10 11 00 01 01 11 10
```

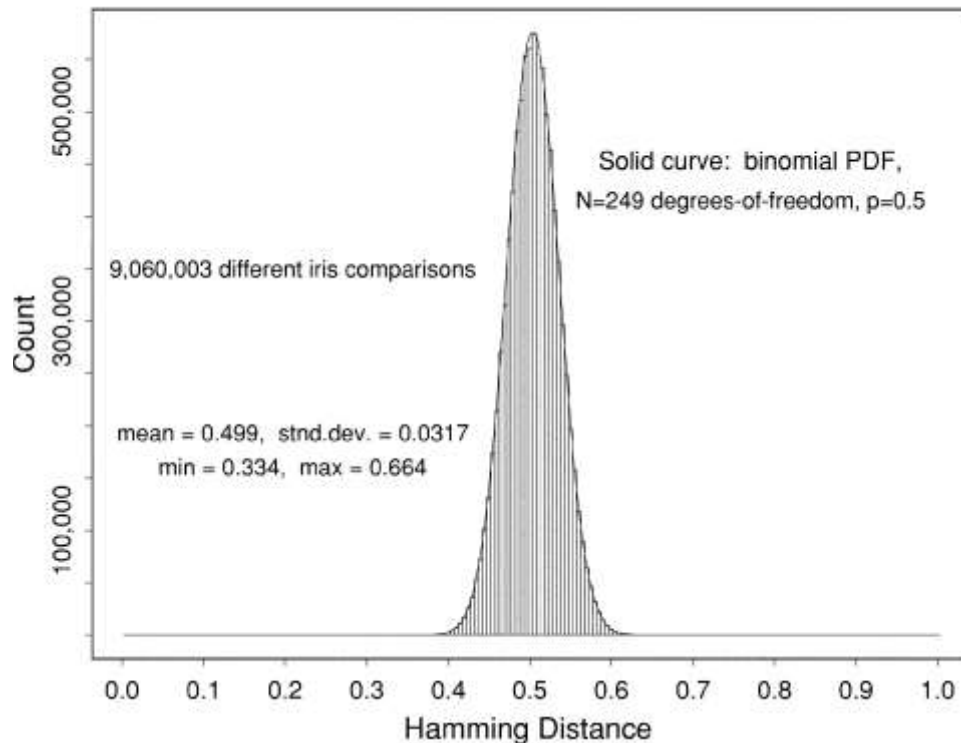
TEST STATISTIČKE NEZAVISNOSTI

Ključno u prepoznavanju dužice je da ne prođe test statističke nezavisnosti, odnosno da rezultat testa bude 0.

Hamingova distanca:

$$HD = \frac{\|(\text{code}A \otimes \text{code}B) \cap \text{mask}A \cap \text{mask}B\|}{\|\text{mask}A \cap \text{mask}B\|}$$

Binomial Distribution of IrisCode Hamming Distances

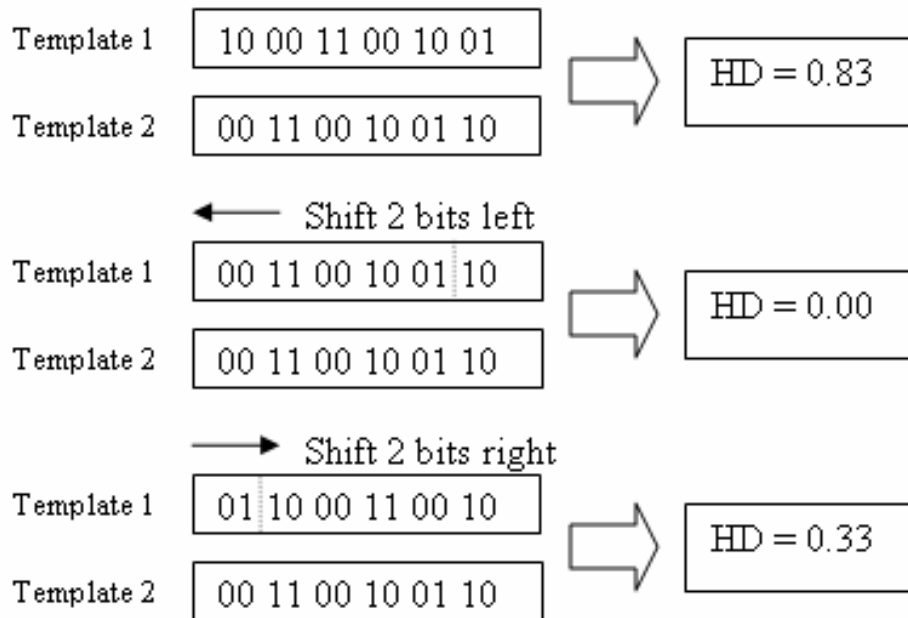


Distribucija Hammingove distance
za preko 9 miliona poređenja
različitih parova dužica

ŠIFTOVANJE KODA

Uklanjanje nepravilnosti usljed rotacije slike.

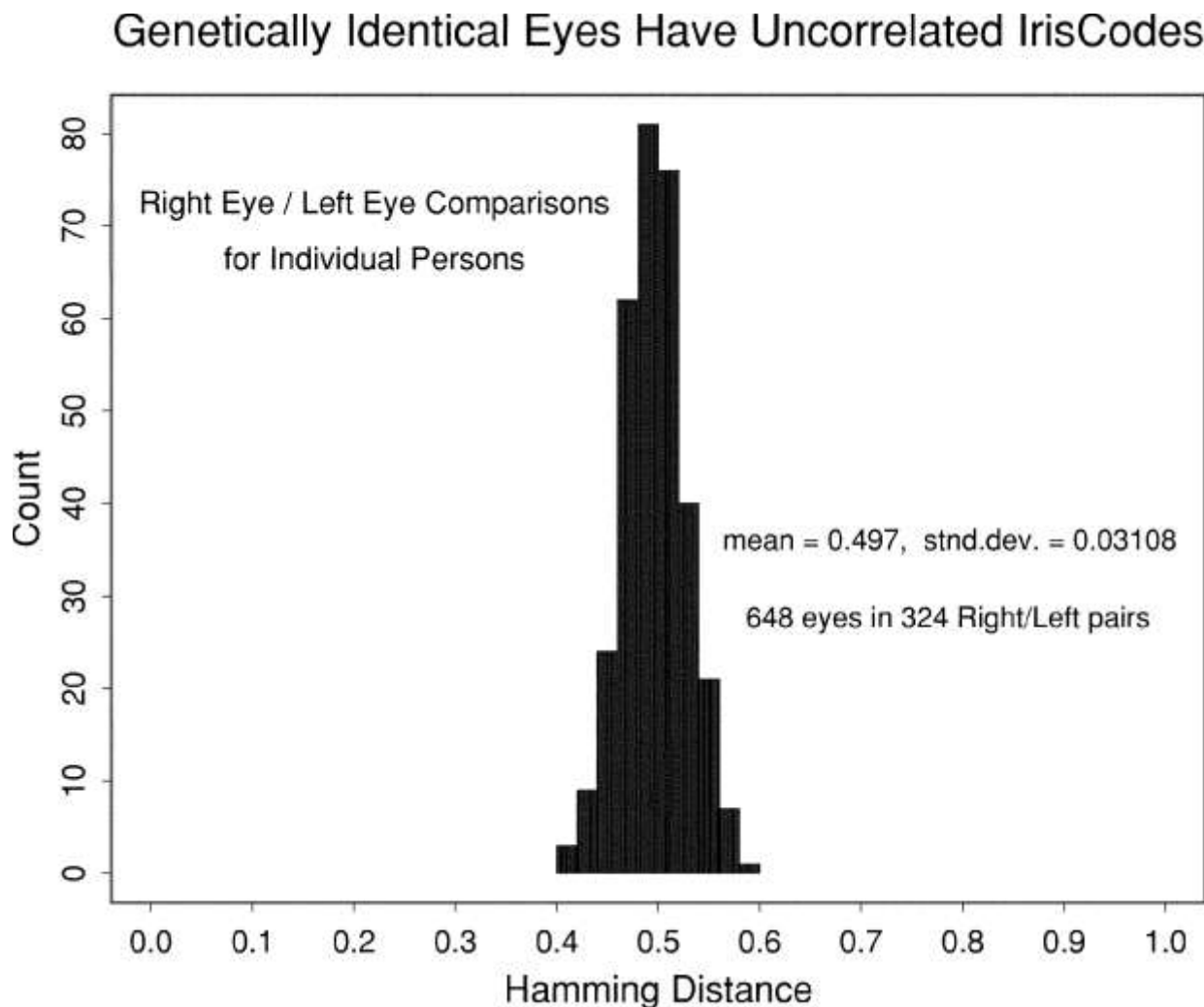
Šiftovanje po dva bita u desnu/lijevu stranu.



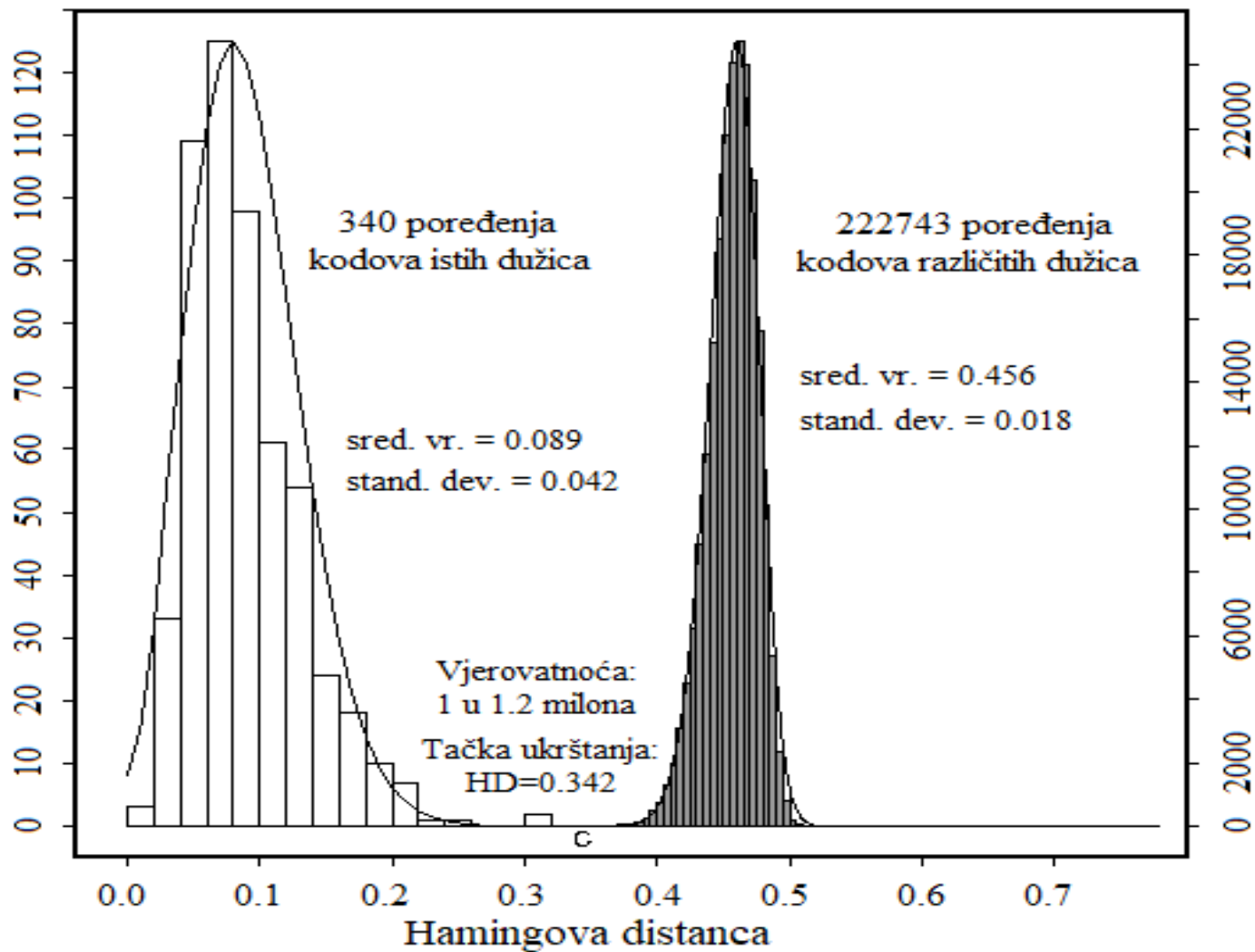
Ilustracija procesa šiftovanja koda i dobijanje najmanje Hammingove distance, u ovom slučaju 0.

DUŽICE ISTOG GENOTIPA

Distribucija Hammingove distance za poređenje dužica lijevog i desnog oka iste osobe.



HD ISTIH I RAZLIČITIH DUŽICA



UPOREĐIVANJE KODOVA

Vjerovatnoća greške u zavisnosti od Hammingove distance.

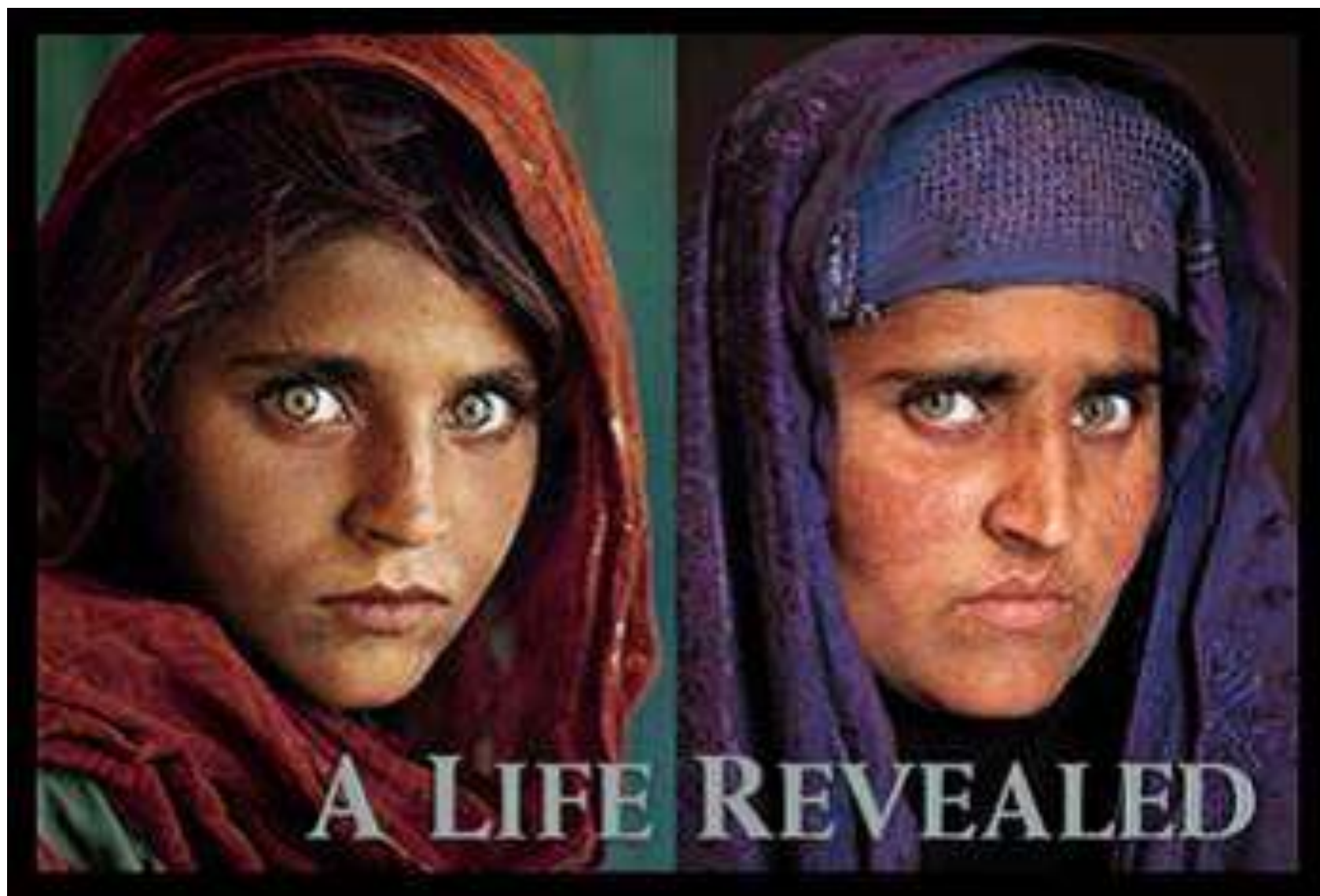
Vrijednost HD	Vjerovatnoća greške
0.26	1 : 10 ¹³
0.27	1: 10 ¹²
0.28	1: 84 biliona
0.29	1: 8.6 bilona
0.30	1: 1 bilion
0.31	1: 127 miliona
0.32	1: 18 miliona
0.33	1: 2.9 miliona
0.34	1: 527 000
0.35	1: 105 000

Za vrijednosti Hammingove distance koje su manje od 0.26 smatra se da je vjerovatnoća greške jednaka 0, tj. da se, bez sumnje, radi o istim dužicama.

PREPOZNAVANJE DUŽICE - PREDNOSTI

- Fiziološka reakcija dužice na svjetlo predstavlja prirodni test za detekciju falsifikata.
- Zaštićenost dužice od spoljašnje sredine.
- Šara dužice je nezavisna od genetskog porijekla.
- Šara dužice je vidljiva i sa rastojanja što donosi prednost u odnosu na tehnologiju identifikacije mrežnjače.
- Karakteristike dužice se ne mijenju sa protokom vremena.

PREPOZNAVANJE DUŽICE - PREDNOSTI



"Afghan girl", 1984. i 17 godina poslije

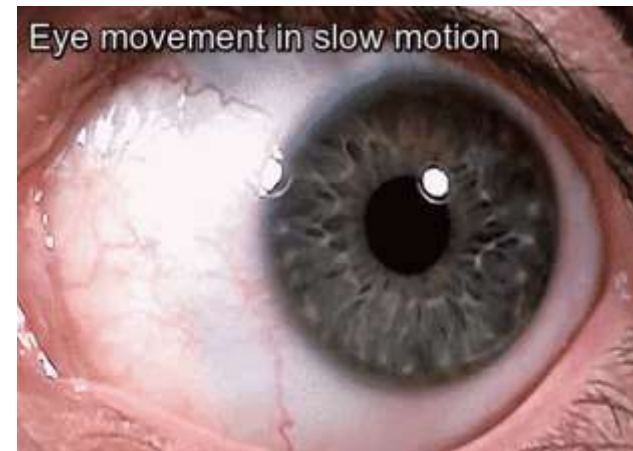
PREPOZNAVANJE DUŽICE - NEDOSTACI

NEDOSTACI:

Veličina dužice oko 1cm



Pokretljivost dužice



Spuštanje očnih kapaka



Brojne su primjene tehnologije skeniranja dužice. Primjenjuje se:

- kao zamjena za pasoše i identifikacione kartice,**
 - za obezbjeđenje sigurnosti u vazduhoplovstvu,**
 - za kontrolu pristupa određenim prostorima na aerodromu,**
 - za kontrolu pristupa bazama podataka i prijavljivanje na kompjuterske mreže,**
 - za kontrolu pristupa zgradama i kućama,**
 - za evidenciju i kontrolu pristupa u bolnicama,**
 - za provjeru identiteta na graničnim prelazima,**
- itd.**

Jedna od najvećih primjena tehnologije skeniranja dužice realizovana je od strane Ministarstva unutrašnjih poslova Ujedinjenih Arapskih Emirata (UAE).

**Na svih 17
zračnih,
zemaljskih i
morskih luka u
UAE vrši se
prepoznavanje
dužice oka svih
putnika koji ulaze
u zemlju.**



Jedan od kontrolnih punktova u UAE za identifikaciju na osnovu prepoznavanje dužice oka

PREPOZNAVANJE DUŽICE - PRIMJENE

Više aerodroma širom svijeta imaju instalisane identifikacione sisteme zasnovane na prepoznavanju dužice.



Uređaj za prepoznavanje dužice na amsterdamskom aerodromu Schiphol

PREPOZNAVANJE DUŽICE - PRIMJENE

Komisija Ujedinjenih Nacija za izbjeglice, poslije pada Talibanskog režima, kontroliše, povratak Afganistanskih izbjeglica.

Umjesto pasoša identifikaciju i evidenciju vrše prepoznavanjem dužice oka izbjeglica.



Prostorija za skeniranje dužice na Pakistansko-Avganistanskoj granici.

PREPOZNAVANJE DUŽICE - PRIMJENE

U Velikoj Britaniji, u srednjoj školi u mjestu Sanderlend, postavljen je čitač koji može da prepozna osobu na osnovu snimka dužice.

Čitač je postavljen u školskoj kantini s ciljem da se učenicima omogući dobijanje obroka bez plaćanja gotovim novcem.



PREPOZNAVANJE DUŽICE - PRIMJENE



PREPOZNAVANJE DUŽICE - PRIMJENE

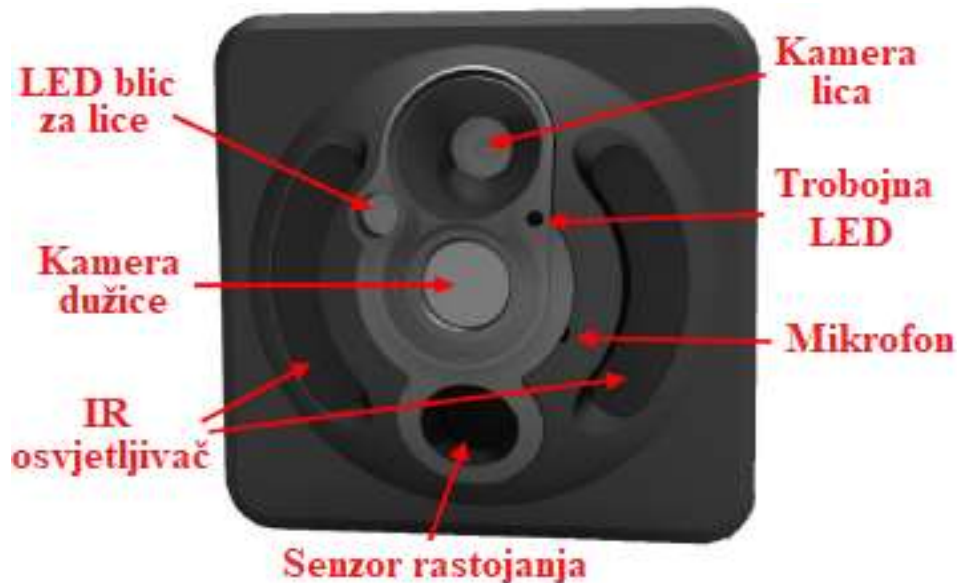
PIER™ 2.3 – Portable Iris Enrollment and Recognition Device



The PIER™ is a rugged hand-held device that allows the operator to enroll and identify individuals using the highly unique patterns and textures of the human iris. The PIER™ can store a database of up to 200,000 individuals (both left and right eye) and quickly return the identity of the subject. Tethered to a PC, the device can match an unknown individual against a database of millions with extremely high accuracy.

Thousands of PIER™ devices are in deployment throughout Iraq, Afghanistan, Bosnia and other areas of conflict.

VISTAFA2 BIOCAM



- kompletna multimodalna biometrijska periferija,
- može koristiti za Windows CE, XP, Vista, Windows 7 i 10, kao i za Linux OS platforme.

Sadrži:

- CMOS kameru za dužicu,
- ogledalo,
- infracrveni (IR) osvjetljivač,
- trobojnu LED,
- senzor za rastojanje,
- kameru za lice,
- LED bic za lice i mikofon

Nominalno rastojanje oka od VistaFA2 kamere je oko 25cm.

Kamera dužice je postavljena iza ogledala.

Akustični senzor rastojanja omogućuje detektovanje rastojanja od kamere.

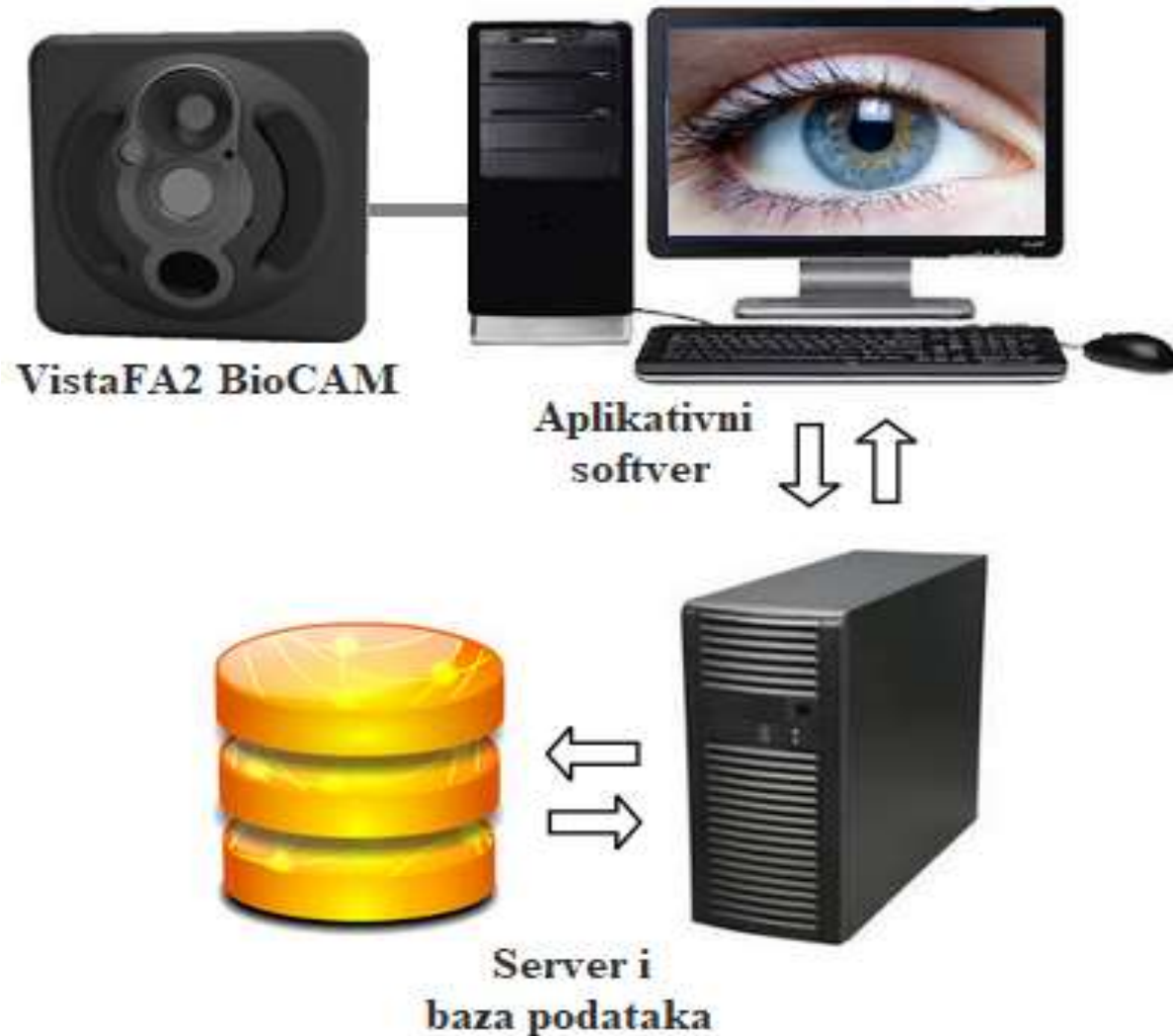
Trobojna RGB LED signalizira korisniku na kakvom je odstojanju od kamere.

Plava boja označava da je predaleko, crvena da je preblizu, a zelena da je na pravom odstojanju.

Za povezivanje sa računarom ili drugim procesorskim uređajem kamera raspolaže standardnim USB 2.0 Female Type B priključkom.

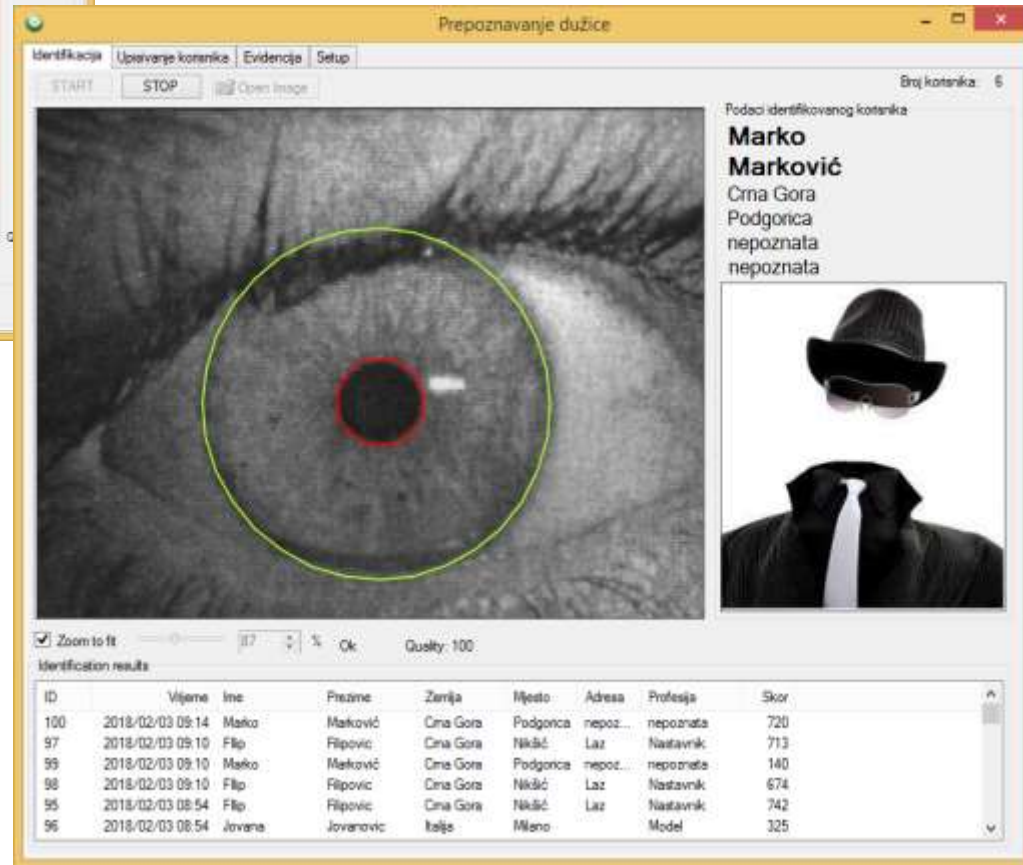
Osnovni sastavni dijelovi sistema:

- VistaFA2 Single Iris & Face Camera
- PC aplikacija
- baza podataka



BIMETRIJSKI ID SISTEM – DUŽICA OKA

Upisivanje



Identifikacija