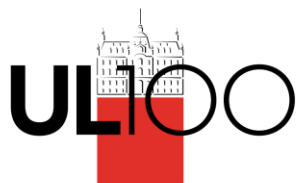


Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za računalništvo in informatiko*



Uporaba metod računalniškega vida pri delu sodnega izvedenca

dr. Borut Batagelj
sodni izvedenec

FORENZIČNO-KRIMINALISTIČNO TEHNIČNE PREISKAVE preiskave
fotografij ter posnetkov video kamer (video nadzor)

Laboratorij za računalniški vid, UL-FRI

ROSUS 2019

21. marec
2019

Vsebina

- Avtentičnost slikovnega/video materiala
- Prepoznavna oseb



Pristnost posnetkov

- Obdani z vizualnimi podobami
- Zaupanje: nekoč in danes
 - Rumeni tisk, modna industrija, mediji
 - Znanstvene revije
 - Politična propaganda
 - Ponarejanje dokazov na sodišču
 - Različne slikovne potegavščine (email)
- Ponarejanje je dandanes enostavno
 - Razširjenost digitalnih kamer
 - Dostopnost do programske opreme za manipulacijo
- Naloga digitalne forenzike: Povrniti zaupanje



Metode za odkrivanje ponaredkov

- Aktivne metode
 - Vodni žig
 - Digitalni podpis
- Pasivne metode
 - Ni vidnih sprememb
 - Spremeni se notranja statistika podatkov

Pasivne metode

1. Na nivoju slikovnega elementa
2. Na nivoju formata (izgubno stiskanje)
3. Lastnosti kamere: leče, senzor, obdelava na čipu
4. Fizikalne lastnosti (objekt-osvetlitev-kamera)
5. Geometrijske lastnosti (fotogrametrija)



Na nivoju slikovnega elementa

- Druge analize
 - identifikacija : DNK, prstni odtis, obraz
 - odontologija : zobovje
 - entomologija = nauk o žuželkah : insekti
 - geologija : prst, zemlja
- Digitalna računalniška forenzika: bit
- Forenzična analiza slik: **slikovni element**



Na nivoju slikovnega elementa

Kloniranje

- Ponovitev dela slike
 - Pretiravanje, zavajanje
 - Prekrivanje osebe ali objekta
- Računska kompleksnost
 - rešitev: DCT ali PCA s podobnimi koeficienti

Objavljena slika



Originalna slika



ROSUS 2019



Na nivoju slikovnega elementa

Ponovno vzorčenje

- Nova kompozicija
 - Del slike povečamo/zmanjšamo, zasukamo
 - Ponovno vzorčenje =>
korelacija sosednih elementov





Na nivoju slikovnega elementa

Ponovno vzorčenje

- Nova kompozicija
 - Del slike povečamo/zmanjšamo, zasukamo
 - Ponovno vzorčenje => korelacija sosednih elementov





Na nivoju slikovnega elementa

Spajanje

- Dve ali več slik v eno
- Spremembe na robu vizualno niso opazne
- Spremenijo pa se Fourierove statistike višjega reda



Oprah



v telesu Ann Margret



Na nivoju slikovnega elementa

Statistika

- Veliko kombinacij slik: $256^{n \times n}$, $n=10 \approx 10^{240}$
- Zelo malo takšnih, ki imajo nek pomen
- Fotografije sledijo določenim statistikam
 - Izračunane statistike =>
ali je bila slika spremenjena
- Lahko se ugotovi
 - povečavo, filtriranje
 - pravo fotografijo ali rač. generirano
 - skrita sporočila (steganografija)



Na osnovi formata

- Prvo pravilo forenzične analize
 - Ohraniti dokaze
- Ali je izgubni format JPEG težava?

- Lastnosti JPEG se lahko uporabi za forenzično analizo:
 - Kvantizacija
 - Dvojna kompresija
 - Nivojska analiza napake
 - JPEG bloki



Na osnovi formata JPEG Kvantizacija

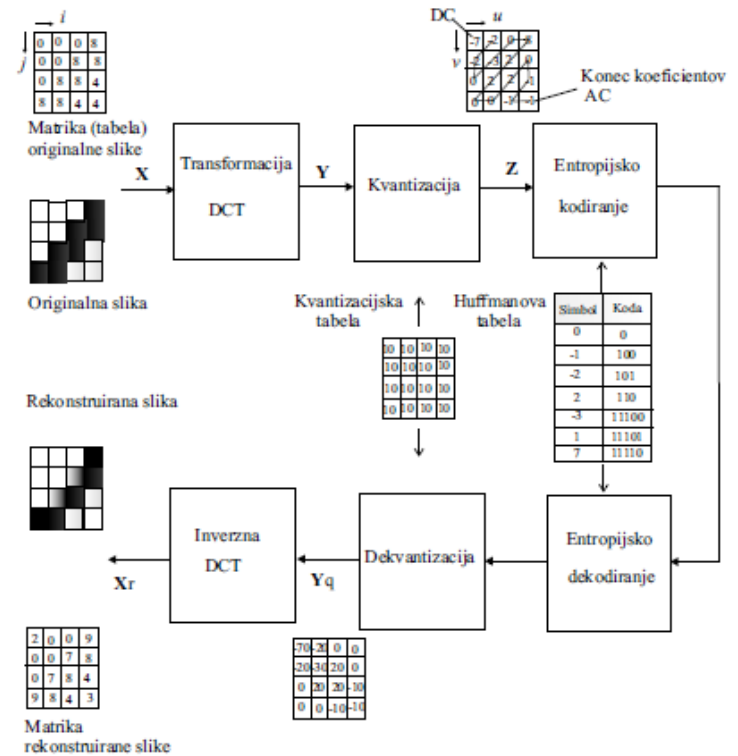
- Shema stiskanja na nivoju fotoaparata

- Določimo izvorno napravo

- Razlike znotraj ene kamere (nastavitve)
- Prekrivanje med različnimi kamerami

= digitalna slikovna balistika

➔ izvor slike lahko potrdimo ali ovržemo





Na osnovi formata Dvojni JPEG

- Manipulacija -> ponovno shranjevanje
 - original v JPG
 - sprememba v JPG
- Dvojna kompresija
 - Nepravilnosti pri izgubnem stiskanju
 - Služi za dokaz manipulacije
- Na celotni sliki ne more dokazati zlonamerne spremembe
 - sliki smo lahko samo ponovno shranili



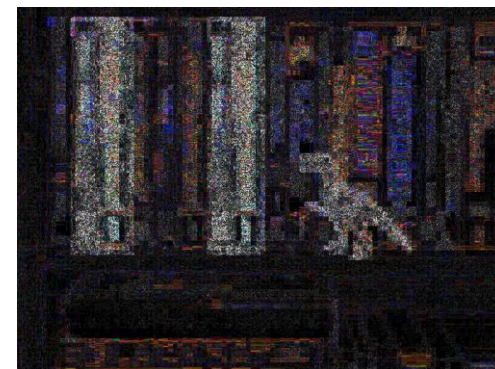
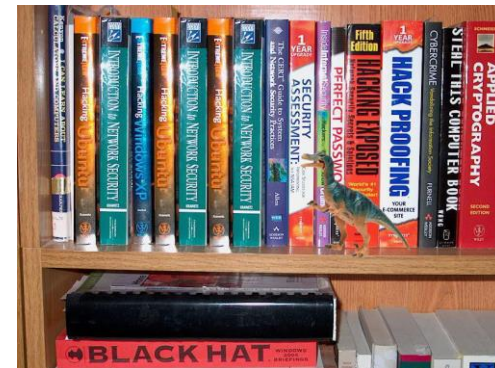
Dvojna kompresija na delu slike!



Na osnovi formata

Nivojska analiza napake

- Zaznamo dele na sliki, ki imajo različno kompresijo
 - Podobne površine imajo isto stopnjo kvalitete
 - Nov del ima drugačno stopnjo kvalitete
 - Različne dele vidimo predstavljene z nivoji svetlosti
 - Predmeti ki so bili dodani zadnji so svetlejši

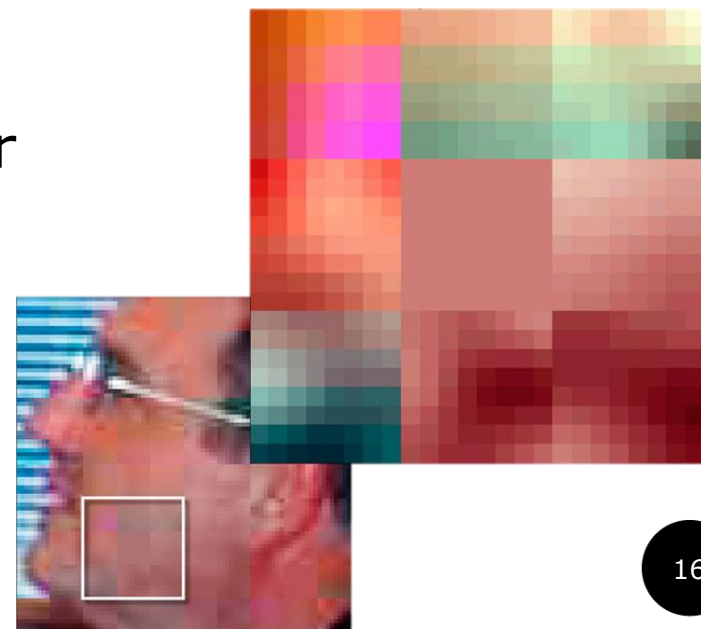


Error level analysis - ELA



Na osnovi formata JPEG bloki

- Osnova JPEG kompresije so DCT bloki
- Obdelava (transformacija+kvantizacija) se vrši na blokih velikosti 8×8
- Na robovih blokov nastane popačenje
- Če sliko spremenimo se to pozna na robnih točkah
- Izračuna se lastnosti iz delov kjer ni popačenja
=> določitev spremenjenih regij





Na osnovi kamere

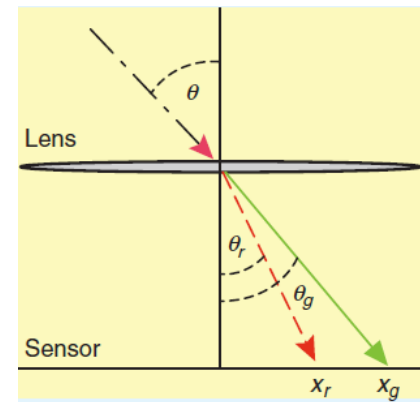
- Utori na izstrelku
 - povezava z orožjem
- Lastnosti kamere se odražajo na slikah
 - Kromatična aberacija
 - Barvna matrika
 - Odziv kamere
 - Šum senzorja





Na osnovi kamere Kromatična aberacija

- Lom svetlobe različnih valovnih dolžin
- Primerjava barvnih kanalov
 - Vektor odmikov R in G kanala

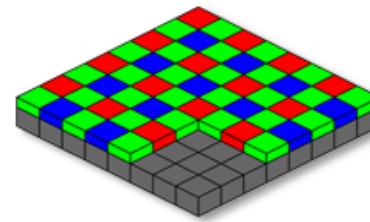


21. 3. 2019

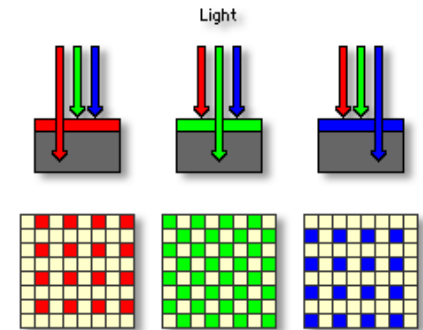
ROSUS 2019



Na osnovi kamere Barvna matrika



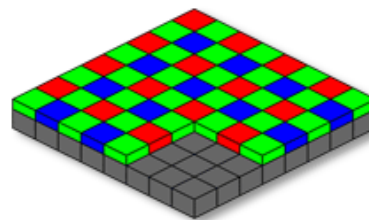
Color Filter Array Sensor



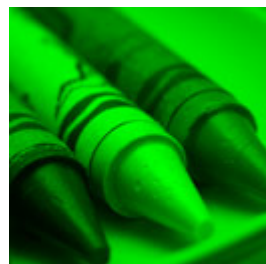
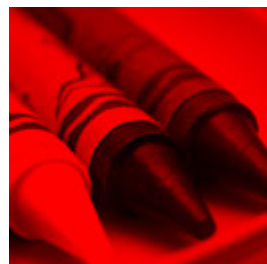
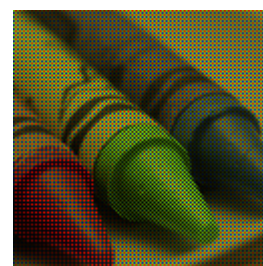
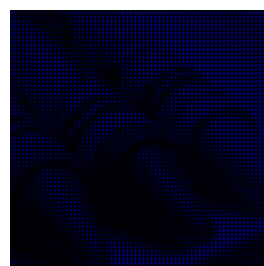
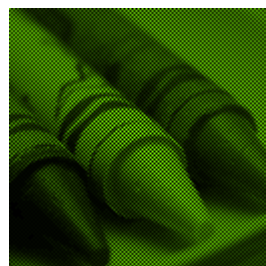
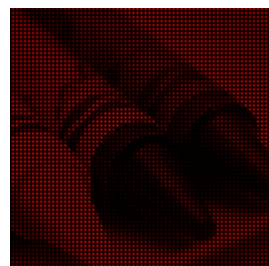
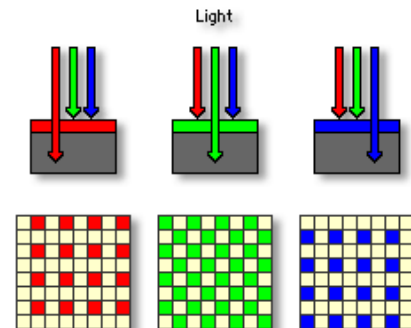
- Barvna slika: 3 barvni kanali RGB
- En svetlobni senzor: različne barve s pomočjo barvnega filtra (CFA)
- Vsak slikovni element senzorja svoj filter
 - Za vsak slik. element ena barva
 - Ostali dve se izračunata s pomočjo interpolacije (demozaičenje)
- Interpolacija pusti na sliki sled
 - Statistična odvisnost v vsakem barvnem kanalu
 - Filter se ponavlja -> vzorec je ponavljajoč
 - Odstopanje od vzorca → sprememba



Na osnovi kamere Barvna matrika



Color Filter Array Sensor





Na osnovi kamere

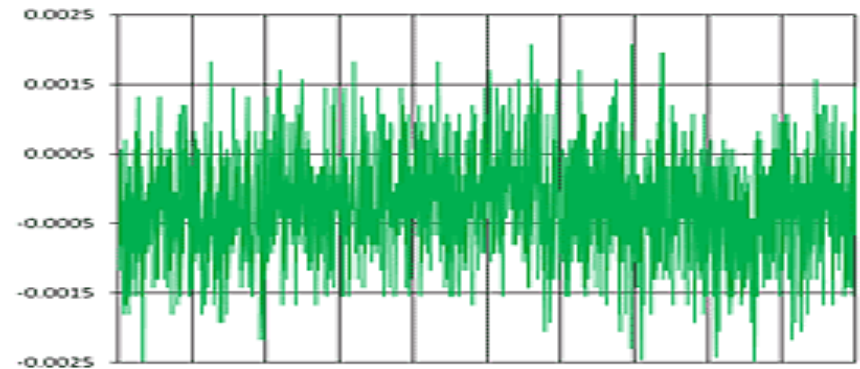
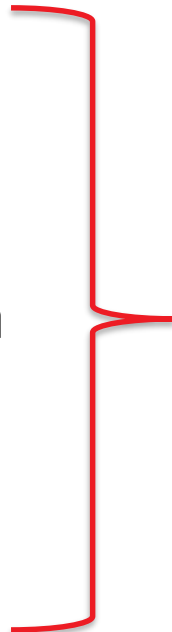
Odziv kamere

- Senzorji so večinoma linearni
 - Odvisnost med količino svetlobe in vrednost pripadajočega slik. elementa = linearna
- Nelinearni filter za izboljšanje slike
 - Vseeno se ohrani odvisnost
- Izračun odzivne funkcije
 - Preiskovanje po sliki
 - Odziv odstopa → spremembe



Na osnovi kamere Šum sensorja

- Slika na sezorju
- Obdelave:
 - Kvantizacija
 - Belina
 - Interpolacija
 - Barvna korekcija
 - Gama korekcija
 - Filtriranje
 - JPEG stiskanje



Vse to pusti določeno sled
- je bila slika obdelana
- iz katere naprave

Fizika

- Dve slavni osebi se sprehajata po plaži
- Lahko, da se osebi sploh ne poznata
 - Izrezane in dodane v okolje
- Težko je zagotoviti svetlobnim pogojem
 - Enake za obe osebi
 - Skladne z okoljem
- Tehnike
 - Usmerjenost svetlobe (2D, 3D)
 - Osvetlitev prostora

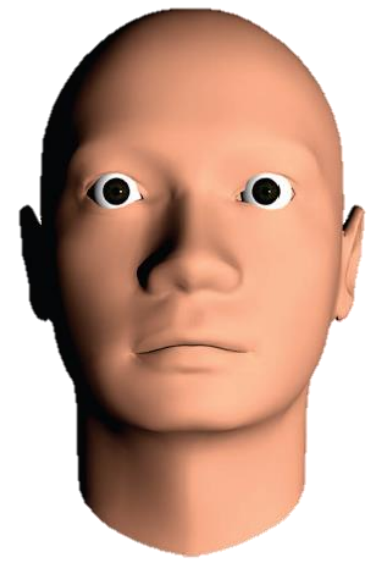


April, 2005



Fizika

Usmerjenost svetlobe (2D)



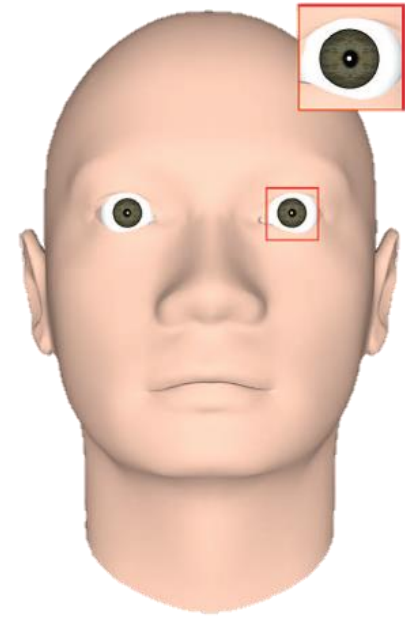
- Osvetlitev obraza iz desne
- Količina svetlobe
 - Normala na površino
 - Smer svetlobe
- določitev izvora svetlobe v 3D
 - potrebujemo 3 normale
 - iz ene slike zelo težko
- Omejimo se samo na 2D
 - Še vedno uporabno za forenzične raziskave
 - Za različne objekte in ljudi preverimo, če je osvetlitev konstantna



Fizika

Usmerjenost svetlobe (3D)

- Pomagamo si z odbojem v očeh
 - Primerjamo za različne ljudi





Fizika

Osvetlitev prostora

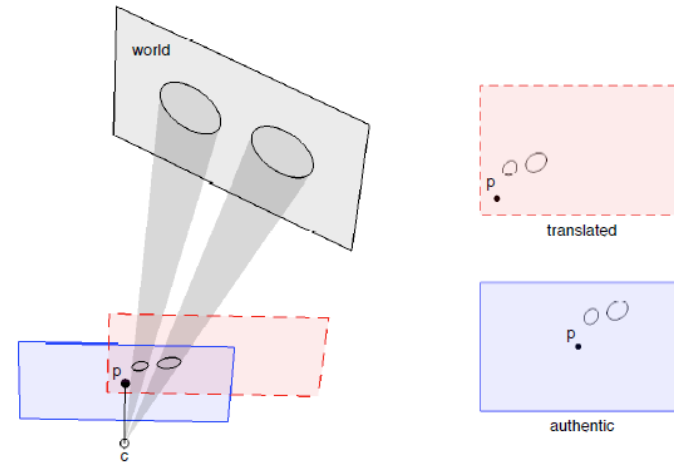
- V prejšnjih primerih
 - Predpostavka da imamo en izvor
- V praksi
 - Različne osvetlitve
 - Različne pozicije
- Potrebujemo najmanj 9 normal iz površine





Fotogrametrija

- Verodostojne slike
 - Izhodiščna točka = center kamere se projicira blizu centra slike
- Premaknemo objekt/osebo
 - Premakne se tudi izhodiščna točka => slika je bila spremenjena





Fotogrametrija

– Transformacija slike

- Meritve



- Razberemo oznako/besedilo



21. 3. 2019

ROSUS 2019

Ocena višine (SVM)





Druge tehnike

1. Posvetlitev (nočni posnetki)
2. Povečava kontrasta
3. Odstranitev šuma
4. Stabilizacija videa
5. Popravek premika
6. Razvijanje 360 posnetka
7. Korekcija napak leč



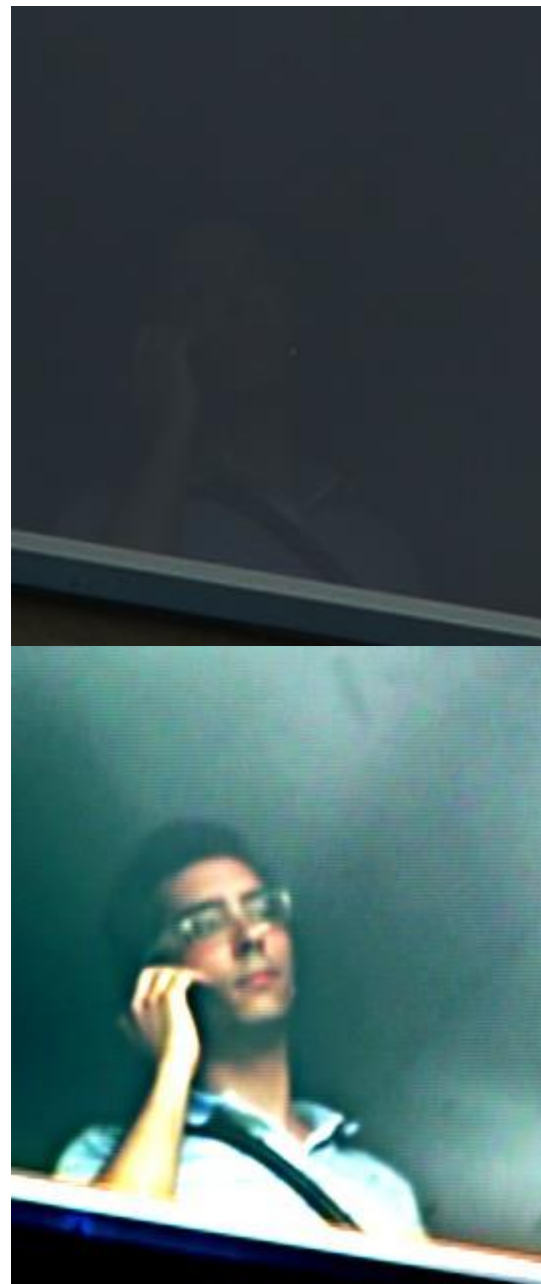
<https://www.izitru.com>



<http://ampedsoftware.com/>

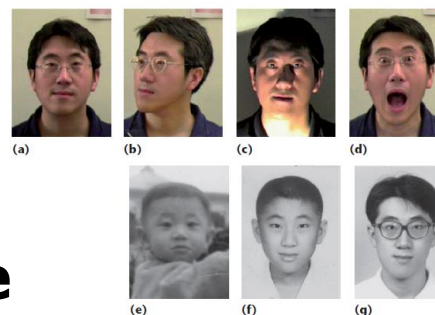
21. 3. 2019

ROSUS 2019

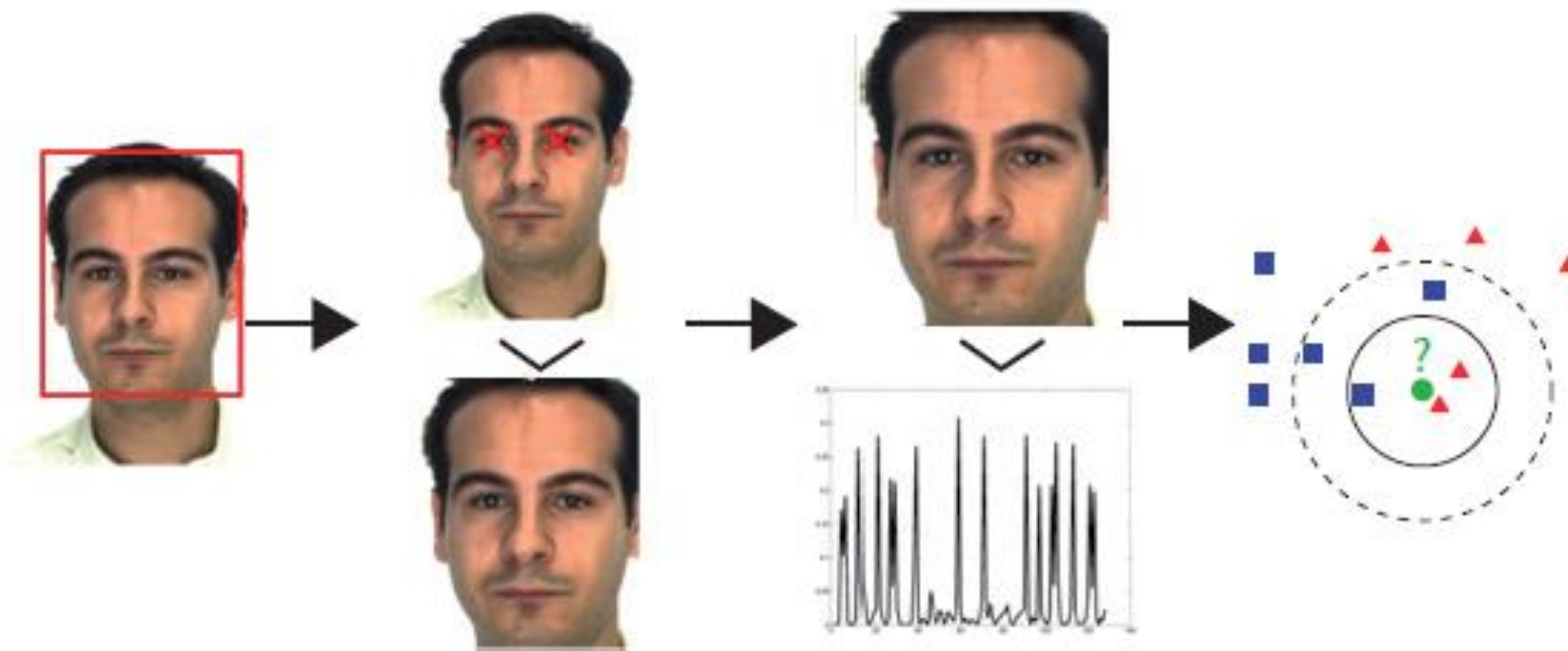


Prepoznavna obrazov v forenzičnih aplikacijah

- Identifikacija
 - Prstni odtisi, kri (DNK), odtis stopala
 - Veliko kamer -> prepoznavna iz obraza
- Trenutni sistemi za prepoznavanje obrazov
 - V pomoč
 - Še veliko izzivov
 - Slike **slabše kvalitete**
 - Robustnost na **staranje**
 - Uporaba **znamenj** na obrazu
 - Primerjava (sestavljene) obraznih skic s sliko



Klasični sistem za prepoznavo obrazov



iskanje obraza

normalizacija
slike

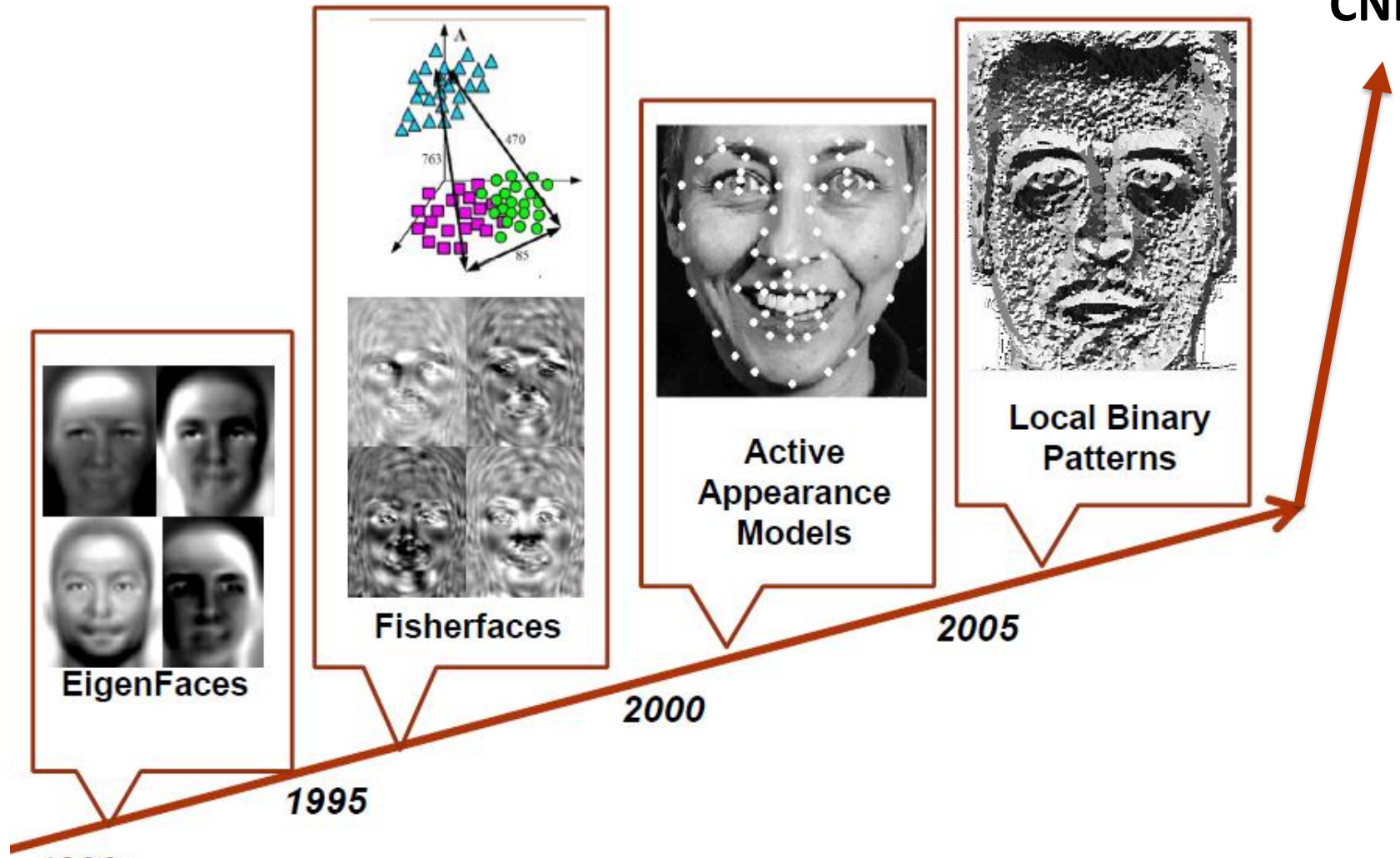
izločitev
značilk

ujemanje



Napredek metod

Konvolucijske
Neuronske mreže
CNN

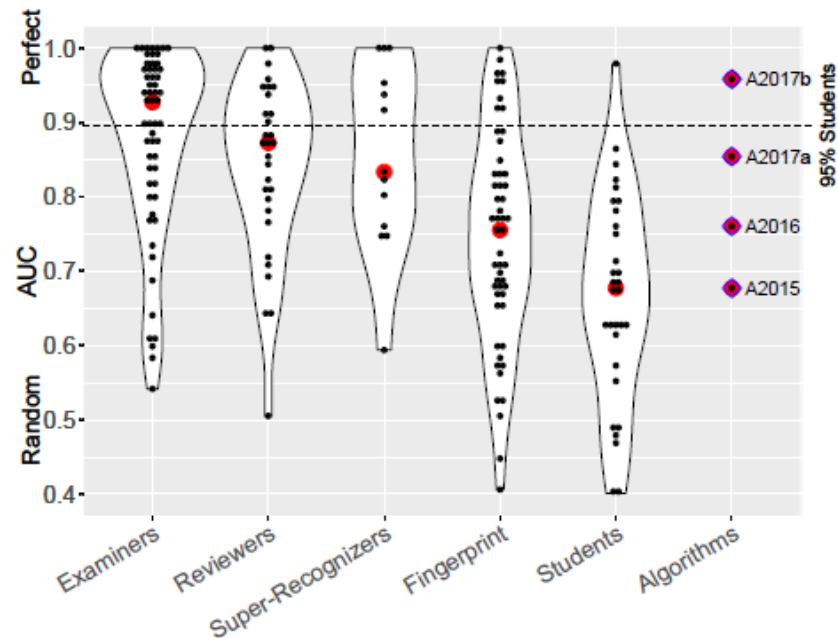


Zadnje raziskave₁

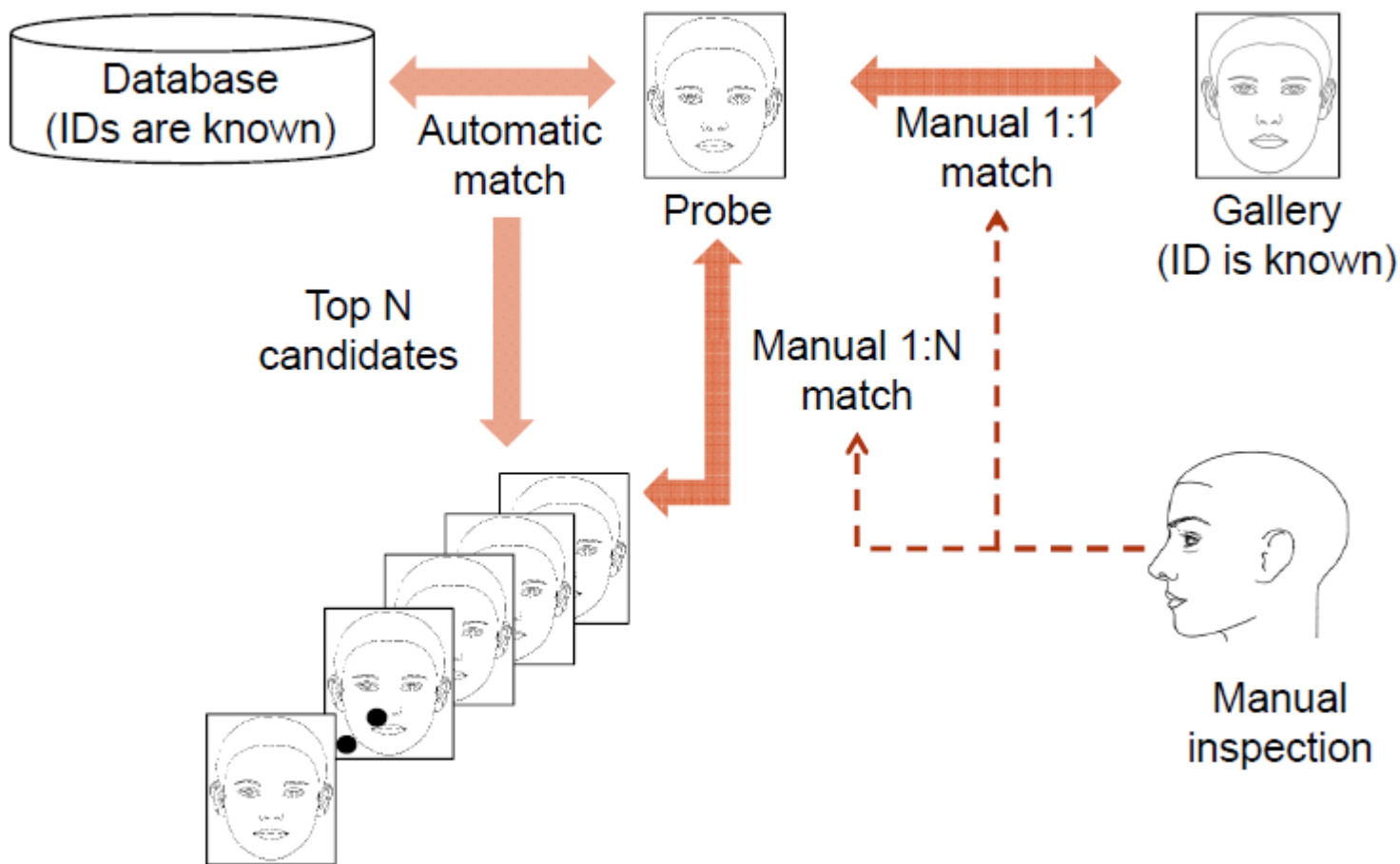
- Različne skupine
 - Forenzični preiskovalci za obrazno prepoznavo
 - Prepoznavalci obrazov
 - Superpoznavalci
 - Preiskovalci za prstne odtise
 - Študentje

Proti

- Računalniški sistemi (CNN)
 - A2015 – A2017₂



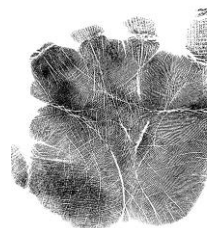
Delovanje forenzičnih aplikacij





Nadaljnje delo

- Video posnetki (različni pogledi, kvaliteta)
- Prepoznavna blizu infrardeče osvetlitve
- Tetovaže
- Identifikacija:
 - Odtisi dlani, uhlji, beločnica



- Prihodnost
 - Večja veljavnost obrazne prepoznavne na sodišču
 - Prepoznavna obraznih delov in verjetnost ujemanja
 - oči, nos, usta, obrvi, ličnice

