



UNIVERZA
V LJUBLJANI

FRI

Fakulteta za računalništvo
in informatiko

Slikovna forenzika

dr. Borut Batagelj
sodni izvedenec

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

Laboratorij za računalniški vid, UL-FRI

raziskovalno področje: slikovna biometrija

4. april
2025



Zakon o sodnih izvedencih, sodnih cenilcih in sodnih tolmačih (ZSICT)

2. člen (status)

(1) Sodni izvedenci so osebe, imenovane za neomejen čas s pravico in dolžnostjo, da sudišču na njegovo zahtevo podajo izvid in mnenje glede strokovnih vprašanj, za katera tako določa zakon ali glede katerih sudišče oceni, da mu je pri njihovi presoji potrebna pomoč strokovnjaka.



Strokovna vprašanja

- Ali se na posnetkih pojavljajo iste osebe?
- Ali se na posnetku nahaja obdolženi?
 - obrazne karakteristike
 - poškodbe
 - višina
 - dolžina obuvala
- Analiza gibanja sumljive osebe.
- Izboljšava zaseženega videoposnetka.
- Ali so posnetki/fotografije pristne?
 - določiti, potrditi snamalno napravo
 - določiti čas nastanka

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





Globoki ponaredki



You Won't Believe What Obama Says In This Video!

Metode za odkrivanje ponaredkov

- Aktivne metode
 - Vodni žig
 - Digitalni podpis
 - CAI in C2PA
- Pasivne metode
 - Ni vidnih sprememb
 - Spremeni se notranja statistika podatkov
 - Klasične metode
 - Metode na osnovi globokega učenje

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
- Ponovno vzorčenje
- Spajanje
- Statistika (pomen)

Objavljena slika



Originalna slika



Oprah



v telesu Ann Margret



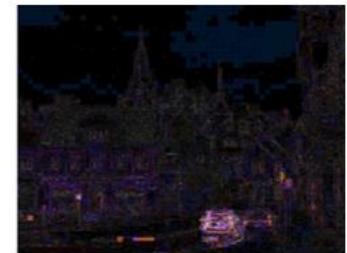
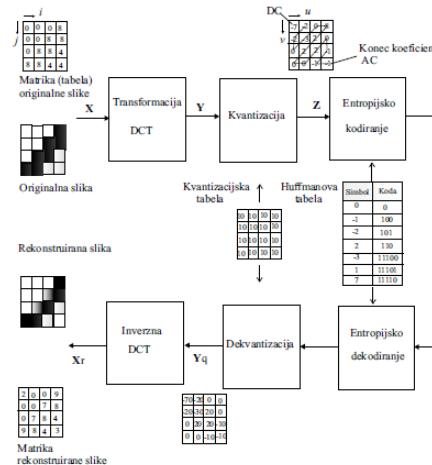
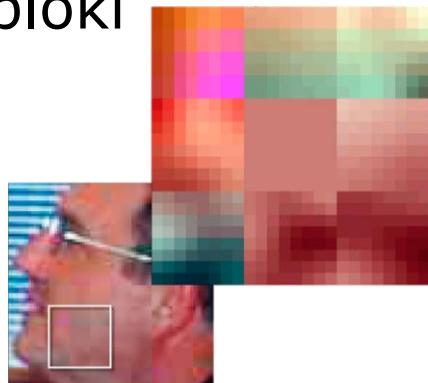
Na osnovi formata

- 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
- Dvojni JPEG
- Nivojska analiza napake
- JPEG bloki



Error level analysis - ELA



Na osnovi kamere

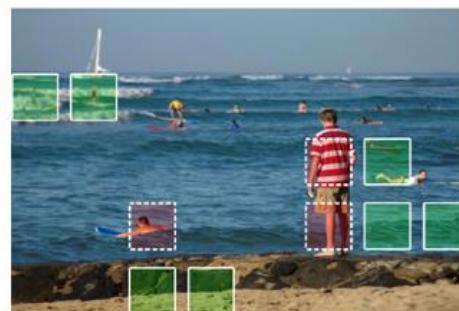
- Utori na izstrelku
 - povezava z orožjem
- Lastnosti kamere se odražajo na slikah
 - Kromatična aberacija
 - Barvna matrika
 - Odziv kamere
 - Šum senzorja





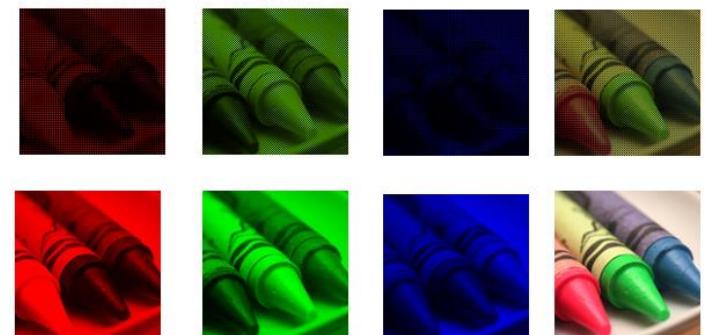
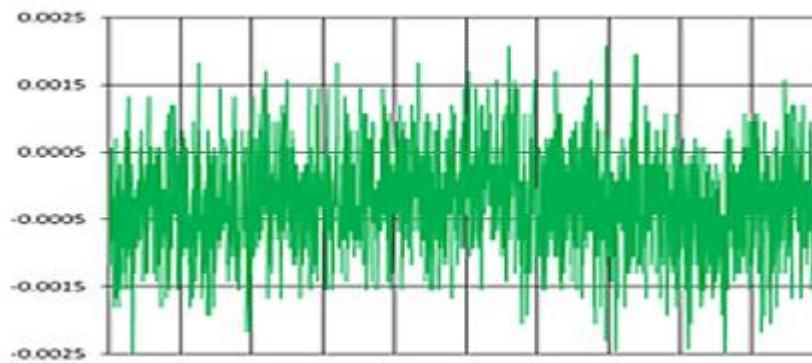
Na osnovi kamere

- Kromatična aberacija



- Odziv kamere
- Šum senzorja

- Barvna matrika

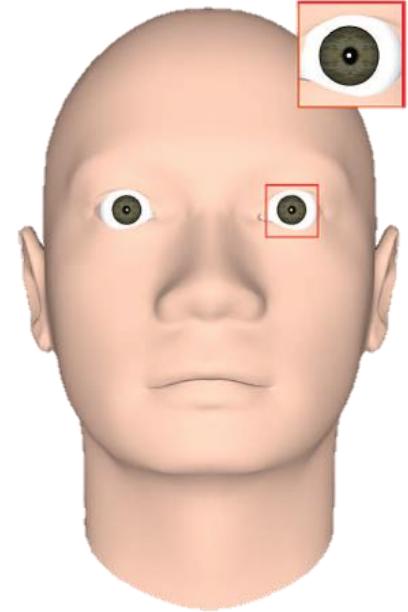




Fizika

Usmerjenost svetlobe (3D)

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





Fotogrametrija

- Transformacija slike
 - Meritve



- Razberemo oznako/besedilo



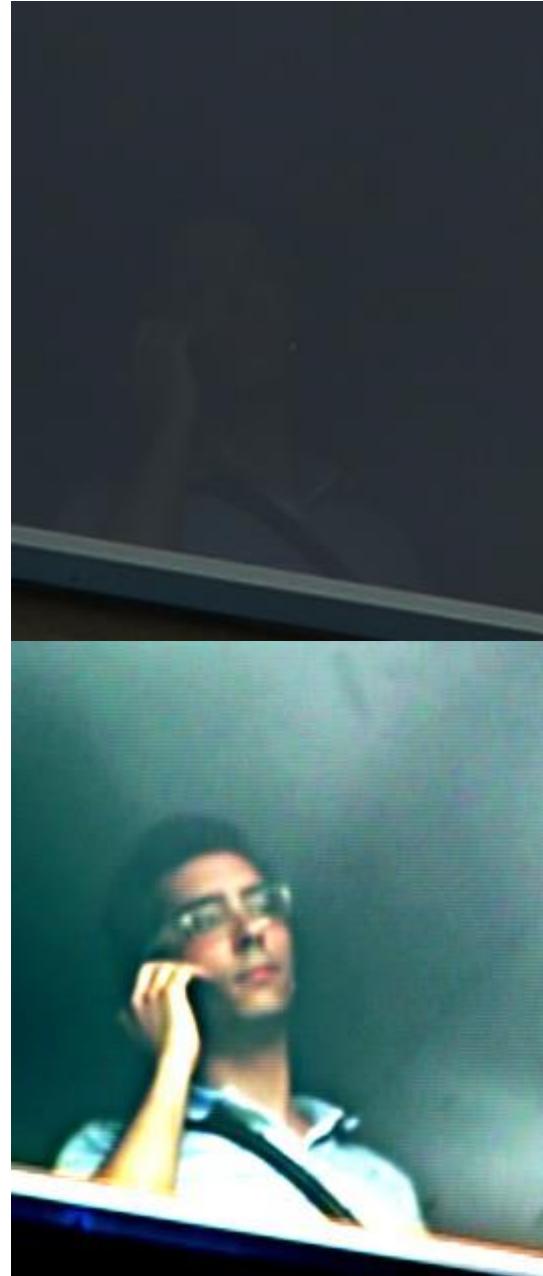
Ocena višine
(SVM)





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



Globoki ponaredki

Source Actor



Real-time Reenactment



Reenactment Result

Target Actor





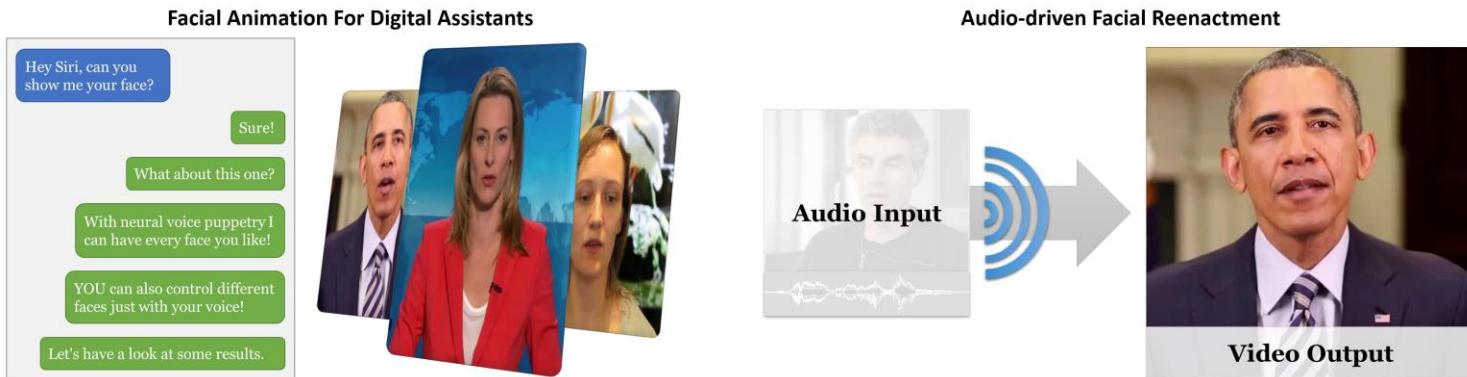
Manipulacija - govor





Neural Voice Puppetry

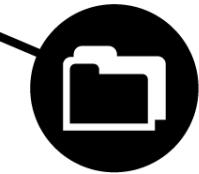
- audio-driven facial video synthesis
- Cilj: prilagoditev videa za dani zvočni vhod
 - NVIDIA: Omniverse Audio2Face





Manipulacija - video





Porast globokih ponaredkov (DeepFakes)

Ideja ni nova.



Video rewrite: Driving visual speech with audio" SIGGRAPH (1997)

Nvidia, "Unsupervised image-to-image translation", NIPS (2017)



November 2017: Reddit user named **deepfakes** started sharing face-swapping pornographic videos

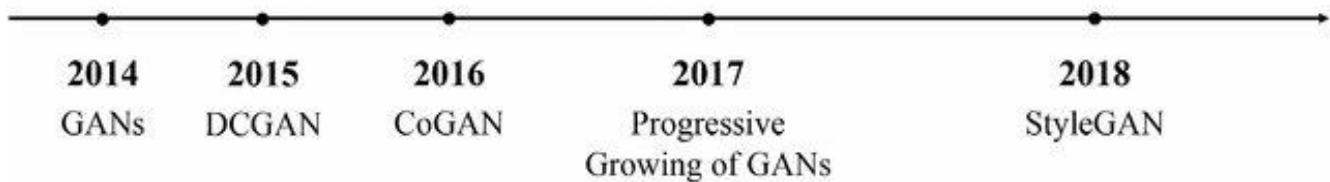




Porast globokih ponaredkov (DeepFakes)



Goodfellow et. al.,
"Generative Adversarial Networks"
" (GANs)





Hitro širjenje

4 pomembni faktorji:

1. Socialna omrežja/platforme

Facebook, instagram, twitter, youtube, snapchat, LinkedIn, pinterest, tiktok, WeChat

2. Procesorska moč : GPU

Omogoča poganjanje zapletenih algoritmov na katerih slonijo AI metode

3. Tehnologija globokega učenja

Učenje s pomočjo globokih konvolucijskih mrež

4. Prosto dostopna programska oprema na odprtih platformah: GitHub

FaceSwap, FAKEAPP, ZAO



Metode za manipulacijo obraza

- Generiranje novega obraza
- Zamenjava identitete
- Manipulacija določenih atributov
- Zamenjava izraza (ustnice)
- Druge manipulacije





Generiranje novega obraza

- <https://thispersondoesnotexist.com/>
- <https://generated.photos/face-generator>



Uporabnost:

- 3D modeliranje (igre)
- Filmska industrija

Nevarnosti:

- lažni profil na soc. omrežjih
 - Letno odkrijejo več tisoč lažnih računov.

A screenshot of a Facebook profile page for "Amy Dowd". The profile picture is a woman with dark hair and glasses. The page header shows "Amy Dowd" and includes links for "Edit Profile", "Activity log", and "Friends". Below the header, there's a "Timeline" section with tabs for "About", "Friends", "Photos", "Archive", and "More". The "About" section includes fields for "Intro", "Education", "Work", "Location", and "Relationship". The "Photos" section shows a grid of recent photos. A post from "Amy Dowd" dated "2 July 2018" is visible at the bottom.

A screenshot of the "FACE GENERATOR" tool. On the left, there are sliders and dropdown menus for "Sex" (set to Male), "Headpose", "Age" (set to Younger), "Emotion" (set to Happy), and "Skin Tone" (set to Very Fair). In the center, there's a 3D head model with a dot indicating the current settings. On the right, a large generated portrait of a woman with blonde hair and a smile is displayed. At the bottom, there are buttons for "Download", "Add to cart", and "Share".



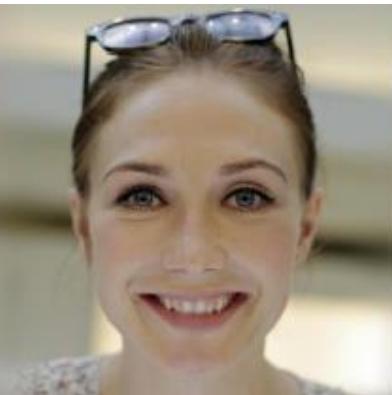


Zamanjava identitete

- S pomočjo rač. grafike
- S pomočjo globokih nevronskih modelov



Izvorna slika: identiteta



ponorna slika: atributi



Generirana slika

Uporabnost:

- Zabavna industrija
- Filmska industrija

Nevarnosti:

- Lažni pornografski posnetki
- goljufije





For fun



Nicolas Cage DeepFake



Tom Cruise Deepfake



AGT 2022 by [Metaphysic](#)

(<https://www.youtube.com/watch?v=mPU0WNUzsBo>)



America's Got Talent Semi-Finals

<https://www.youtube.com/watch?v=mJeE9BNEa-o>





My attempt



Replacing the face of Nataša Ivanuš Čuček
[left] with that of the presenter Renata
Dacinger.

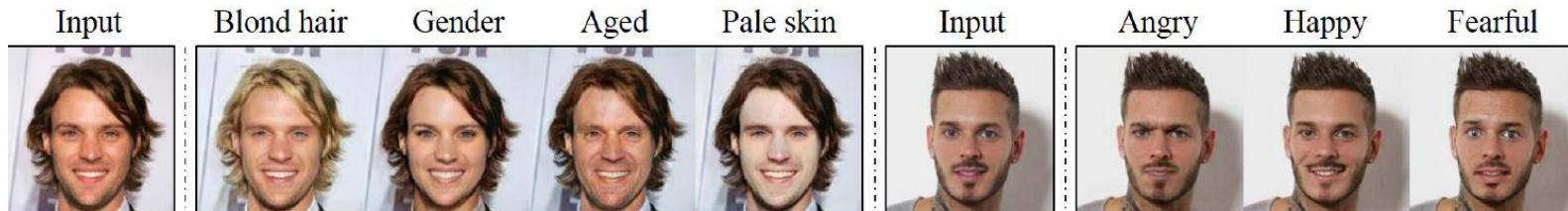


**Let's bite the
science**

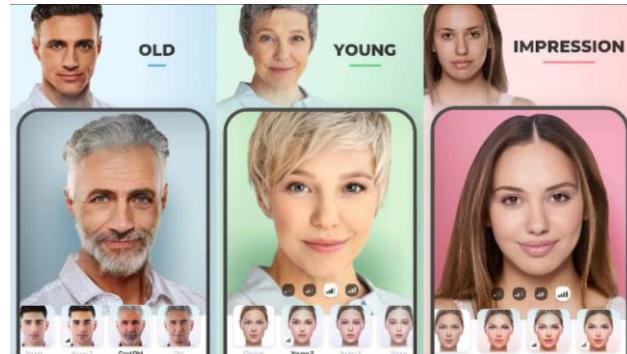


Manipulacija določenih atributov

- Sprememba frizure, barva kože, spola, starosti



Mobilna aplikacija:
FaceApp



Uporabnost:

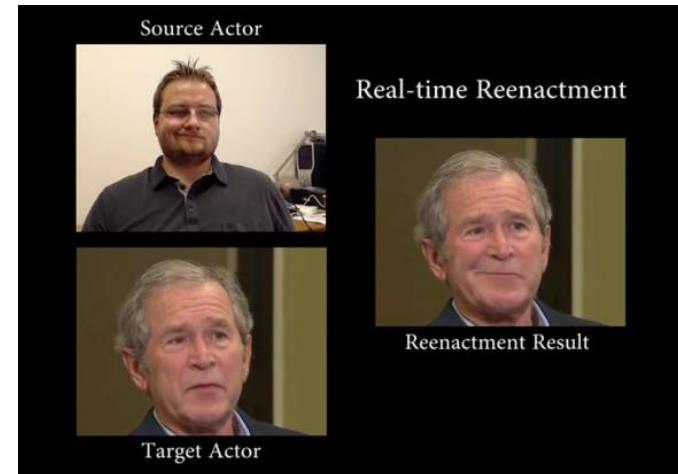
- Virtualno okolje
 - Preizkus modnih dodatkov
- Ličila
- Kozmetika
- Pričeska





Zamenjava izraza (ustnice)

- Rekonstrukcija obrazu
- Tehnike:
 - Face2Face
 - Neural Textures



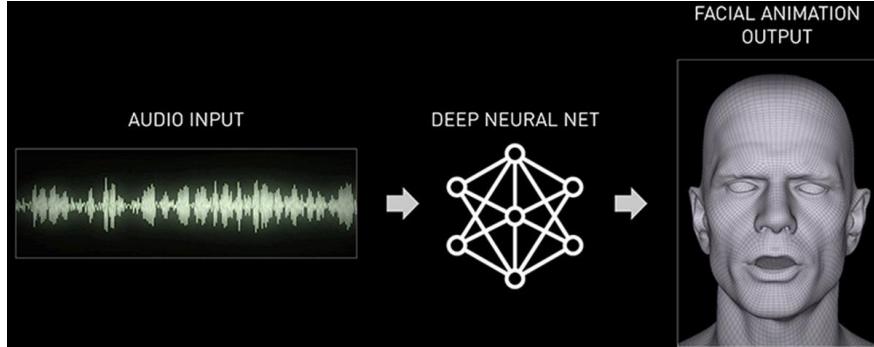
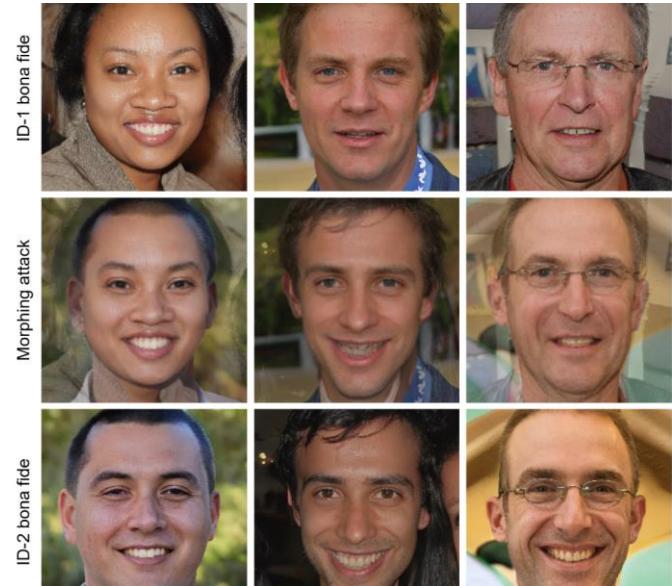
[https://www.youtube.com/
watch?v=ohmajJTpNk](https://www.youtube.com/watch?v=ohmajJTpNk)

Goljufija
- Nekdo reče kar ni rekel



Druge manipulacije

- Preoblikovanje obraza (morphing)
 - Ustvarjanje umetnih biometričnih vzorcev obraza
- Anonimizacija (deidentifikacija) obraza
 - Odstranitev identitete (ali določne značilnosti) iz obraza
- Zamenjava izraza
 - Iz zvoka v video
 - Iz besedila v video
 - Sinhronizacija ustnic na podlagi novega besedila ali govora





Pornoindustrija

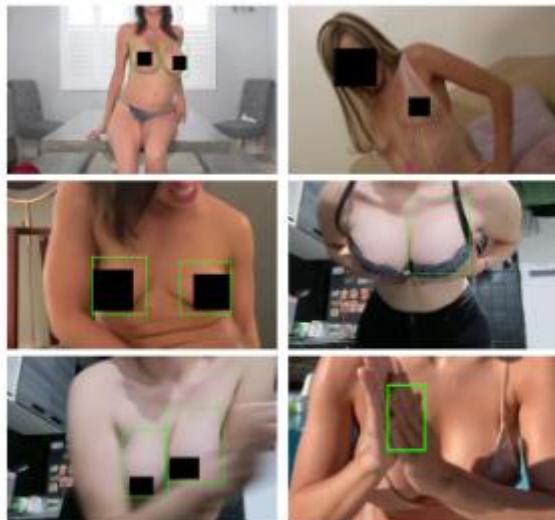


Fig. 5: Examples of accurately detected breast regions on the left and poorly detected breast regions on the right. Some images are cropped to better fit the figure and censored with black boxes here in the paper, whereas the dataset contains original images.



Avtomatska detekcija in prepoznavanje oseb (žensk) na podlagi prsi.

Preliminary Study on Detection of Breasts,

Pristavnik Vrešnjak Matic, Perušić Ani, Emeršič Žiga, Peer Peter, Batagelj, Borut



Large-Scale Video Generative Models



oštro: Poljub poslanca stranke SDS:
Žan Mahnič in Andrej Poglajen?



Politika



Dictators - Vladimir Putin.mp4



Dictators - Kim Jong-Un.mp4

- Politična kampanija



FAKE: Haryanvi, a dialect of Hindi.



ORIGINAL: English

<https://www.karlsnotes.com/deepfakes-in-an-indian-election-campaign/>

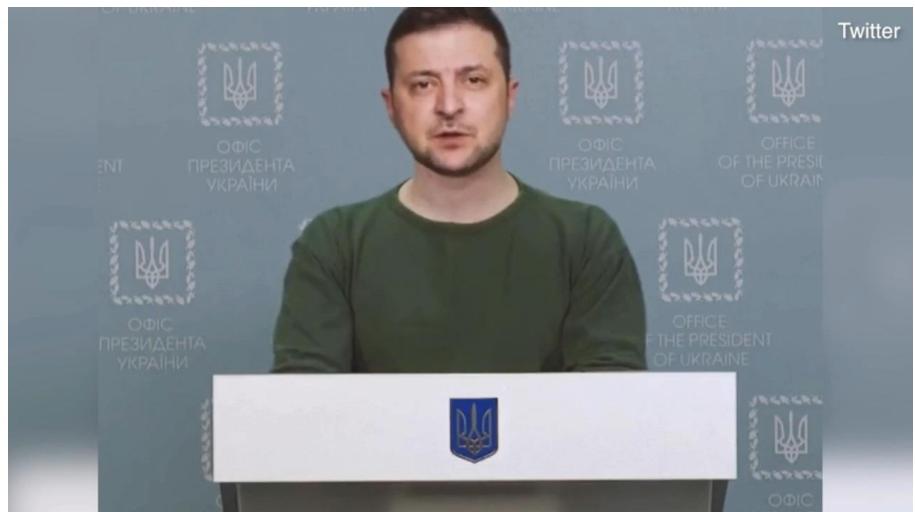
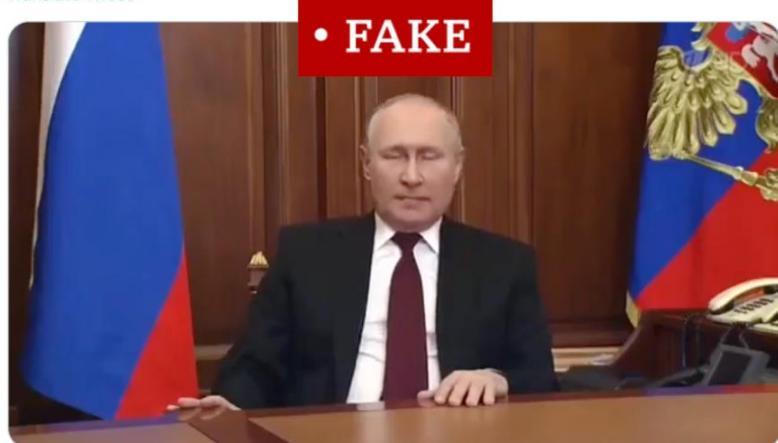


Politika

- Vojna v Ukrajini

Putin razglaša mir in

Translate Tweet

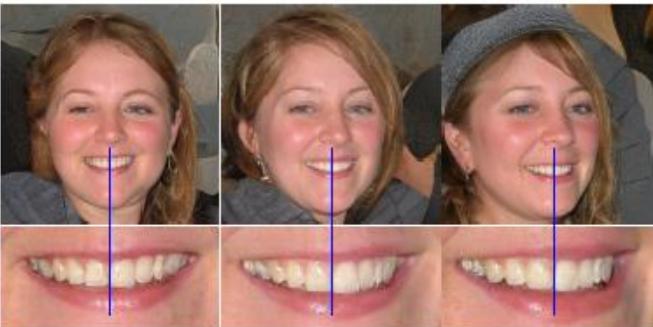


Zelenski govori o predaji



Detekcija globokih ponaredkov (slike)

- Vidne napake na generiranih oz. spremenjenih slikah
 - **Artefakti na sliki (ozadje)**
 - **Zobje pri nefrontalnih obrazih**





Detekcija globokih ponaredkov (slike)

- Vidne napake na generiranih oz. spremenjenih slikah
 - Artefakti na sliki (ozadje)
 - Zobje pri nefrontalnih obrazih
 - **Simetrija (uhlji, oči, uhani)**
 - **Nepravilne zenice in odsev**

Real

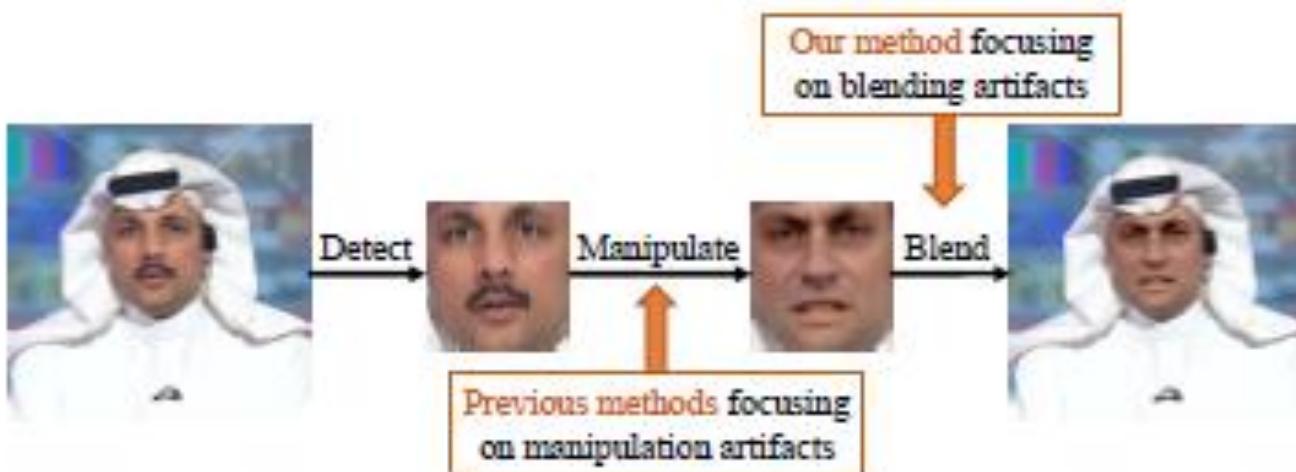


GAN-synthesized



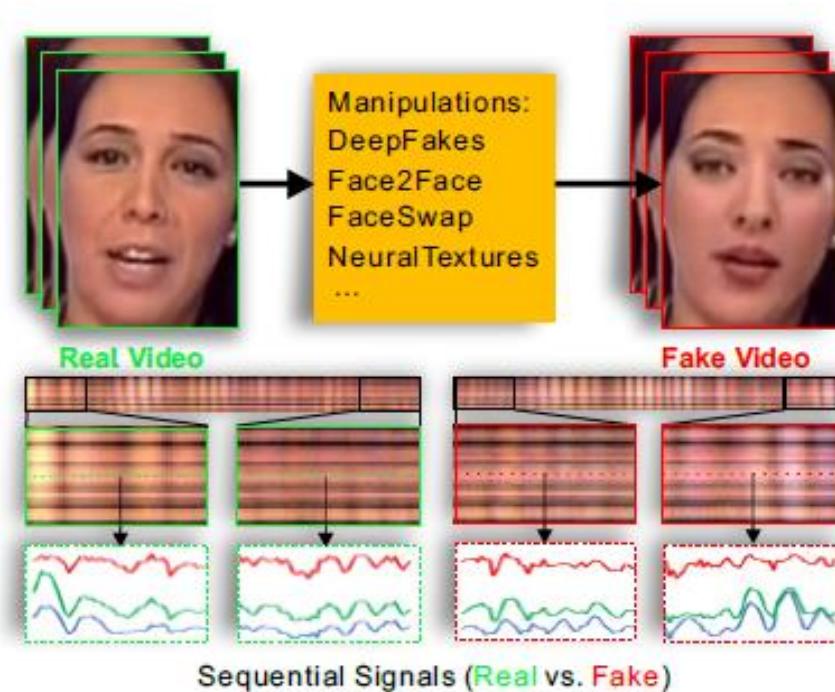
Detekcija globokih ponaredkov (slike)

- Vidne napake na generiranih oz. spremenjenih slikah
 - Artefakti na sliki (ozadje)
 - Zobje pri nefrontalnih obrazih
 - Simetrija (uhlji, oči, uhani)
 - Nepravilne zenice in odsev
 - **Iskanje zameglitev na robovih**



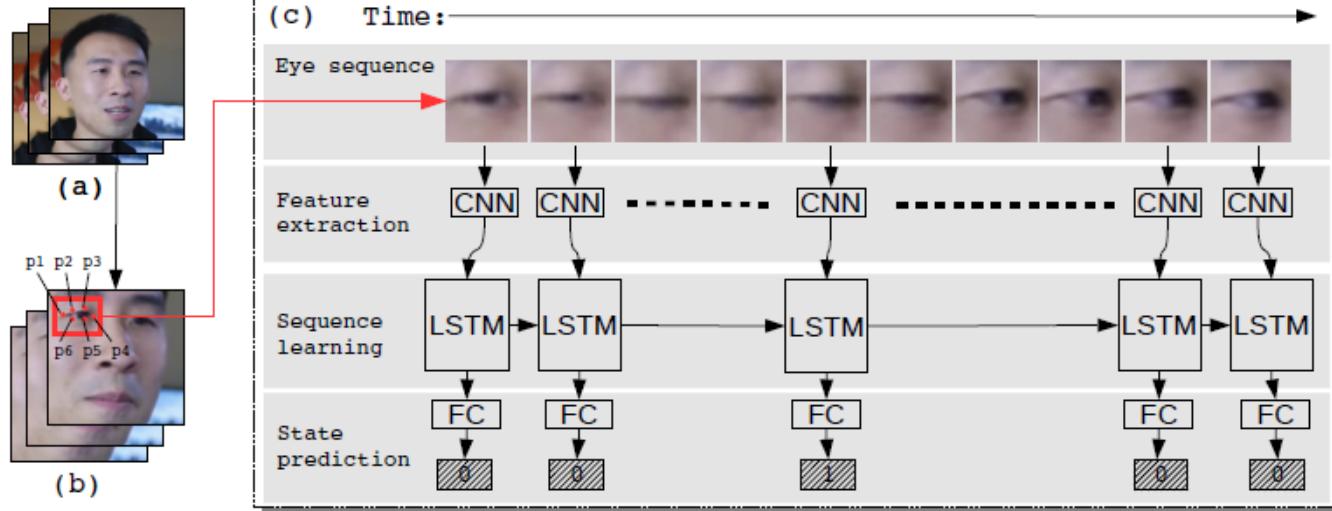
Detekcija globokih ponaredkov (**video**)

- Nepravilnosti med okvirji
 - **Ritem utripanje srca**
(fotopletizmografija)



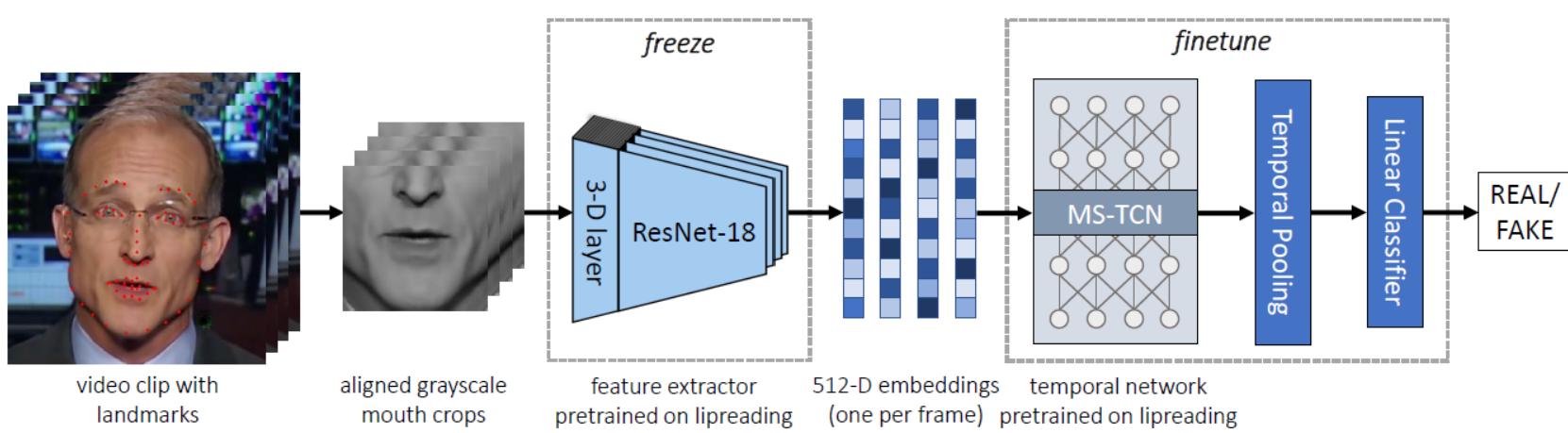
Detekcija globokih ponaredkov (video)

- Nepravilnosti med okvirji
 - Ritem utripanje srca (fotopletizmografija)
 - **Neenakomerno mežikanje**



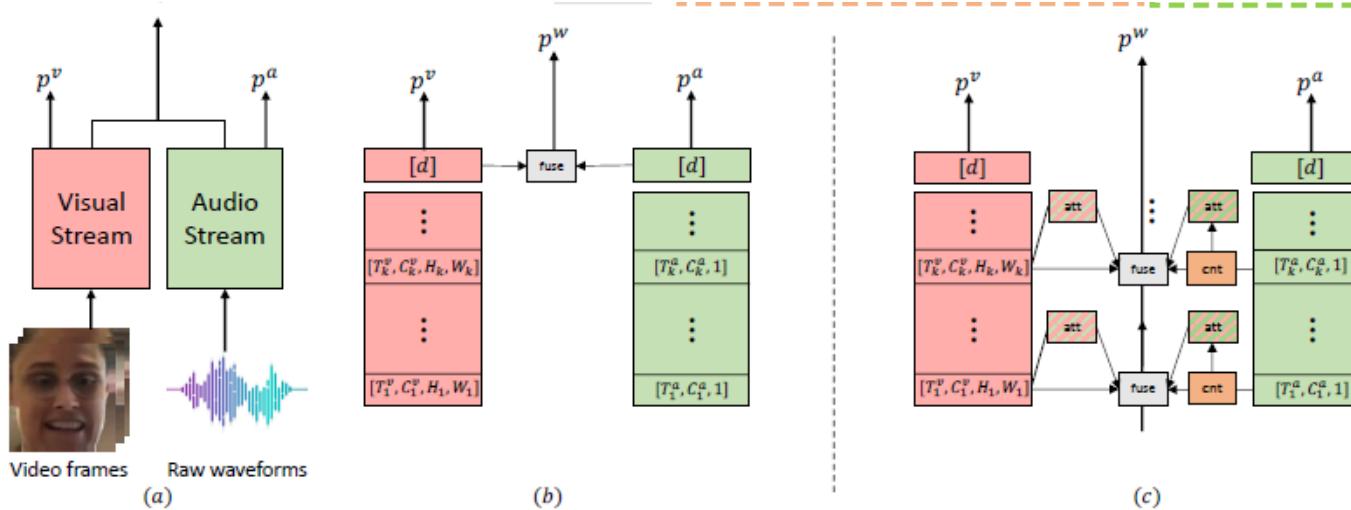
Detekcija globokih ponaredkov (video)

- Nepravilnosti med okvirji
 - Ritem utripanje srca (fotopletizmografija)
 - Neenakomerno mežikanje
 - **Neskladnost v premikanju ustnic**



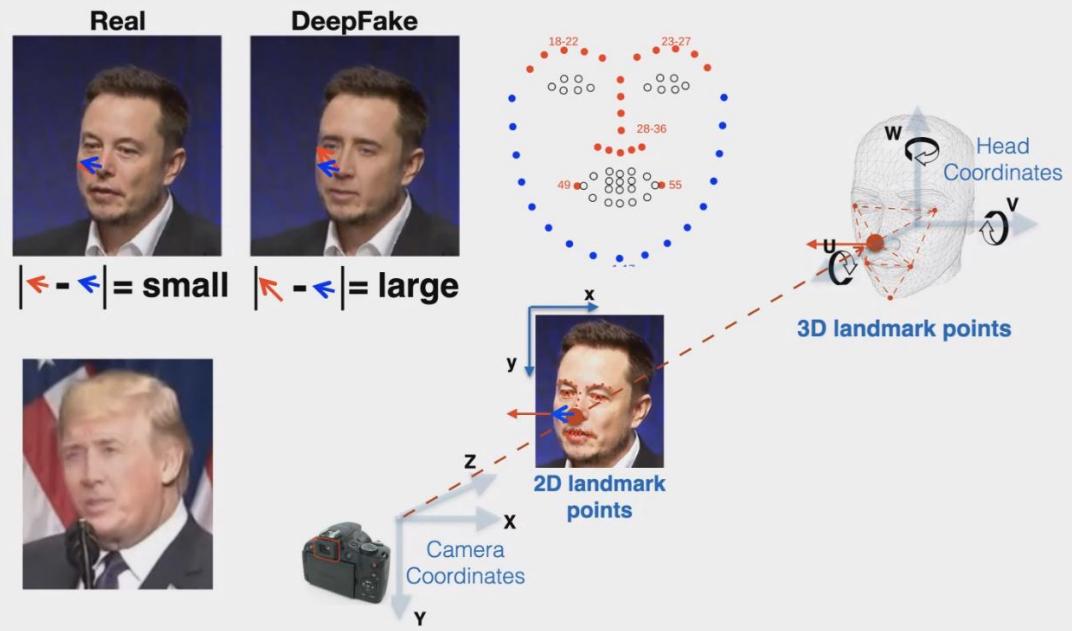
Detekcija globokih ponaredkov (video)

- Nepravilnosti med okvirji
 - **Neskladnost med avdio in video**

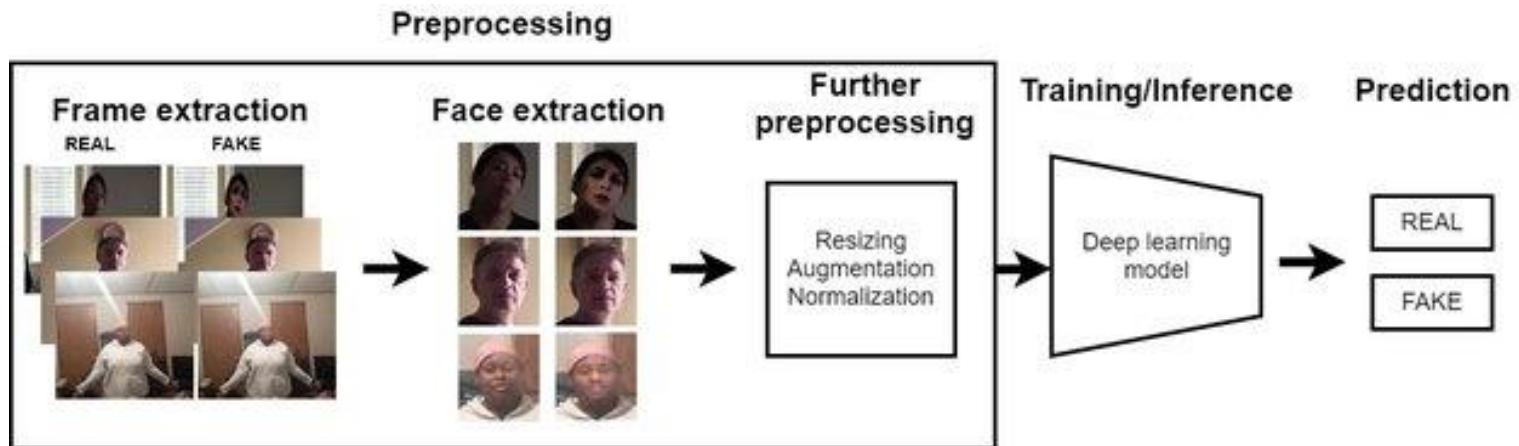


Detekcija globokih ponaredkov (video)

- Nepravilnosti med okvirji
 - Neskladni premiki
 - **Nekonsistentnosti pri različnih položajih glave**



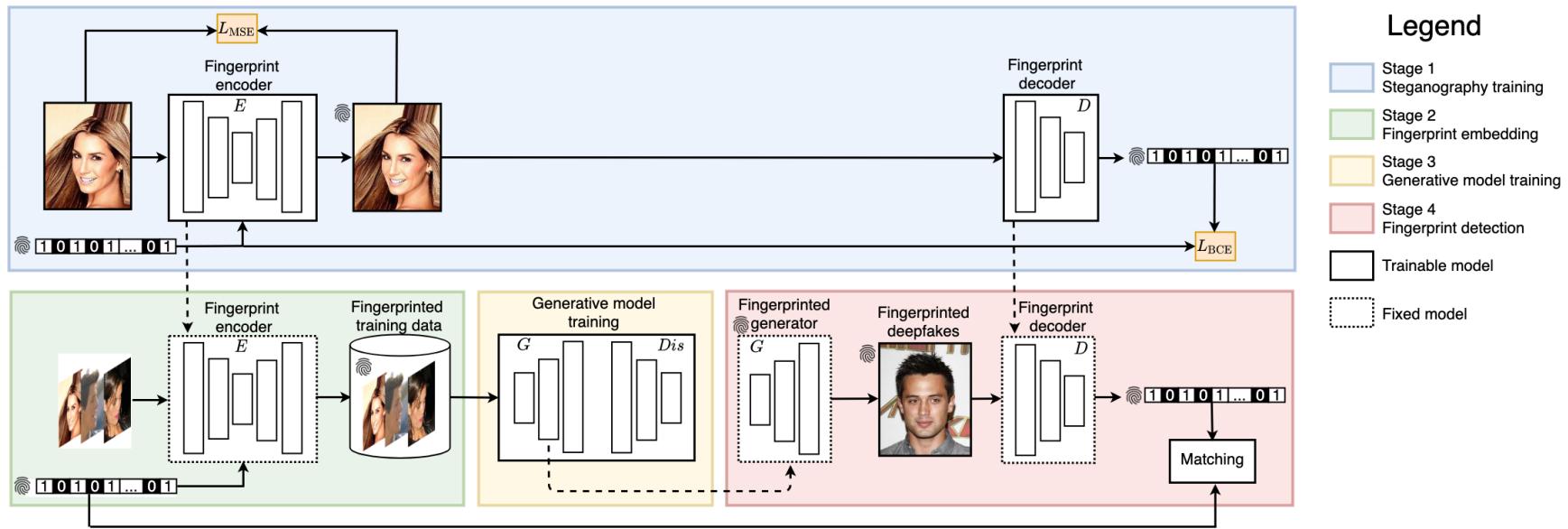
CNN: Na podlagi podatkov



- Iskanje značilk
- Učenje na podlagi podslik (patch)
- Iskanje vzorca (Fingerprint) ki ga generira GAN

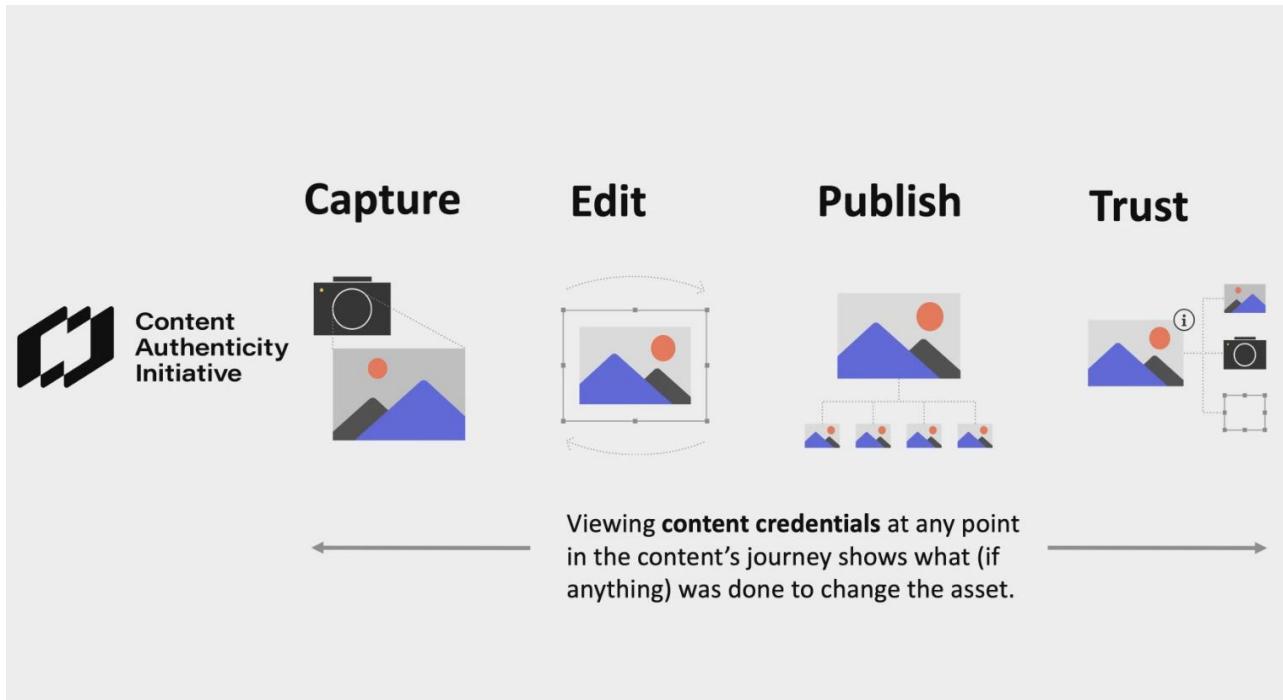


Digitalni žig





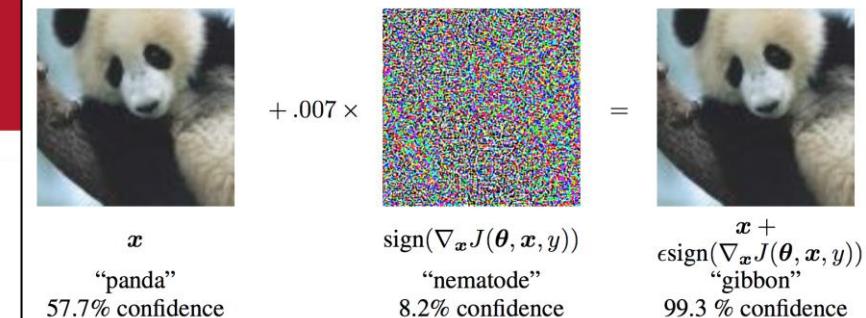
Pobuda: pristnost vsebine



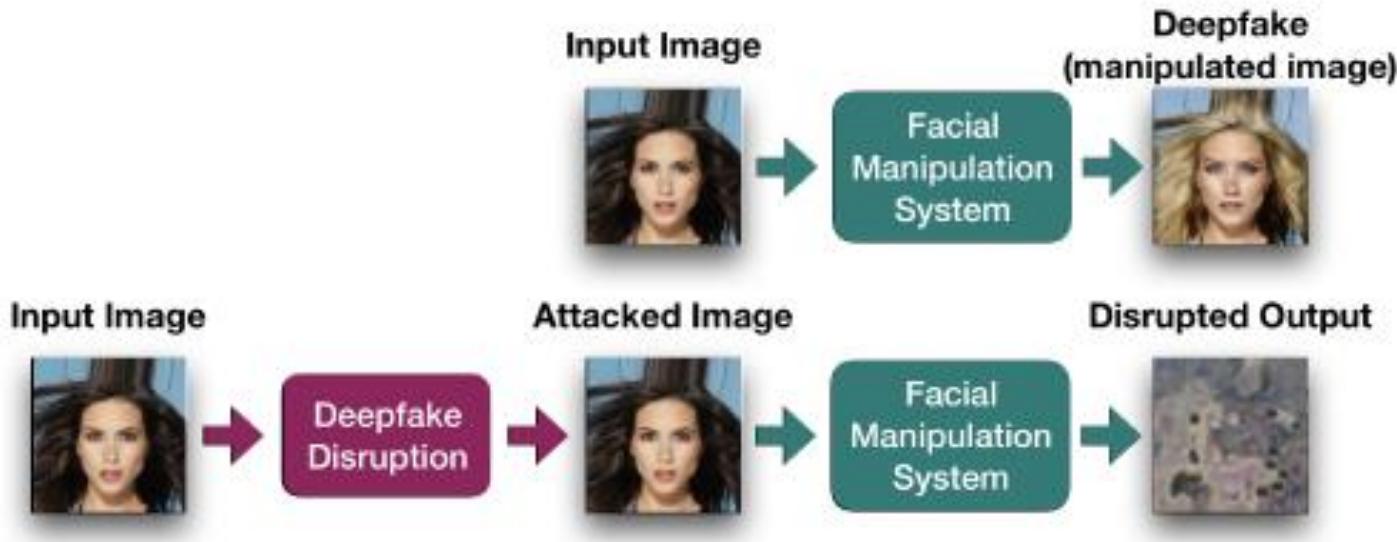
The Coalition for Content
Provenance and Authenticity (C2PA)

<https://c2pa.org/>

Nasprotniški napad



Goodfellow et al. 2015



Ruiz et al. 2020, Disrupting Deepfakes: Adversarial Attacks Against Conditional Image Translation Networks and Facial Manipulation Systems



DeepFake - tekmovanje

- 2020: Deepfake Detection Challenge (DFDC)
 - AWS, Facebook, Microsoft
- DeepFake Game Competition (DFGC) @ IJCB 2022
 - Metode za ustvarjanje
 - Metode za detekcijo
- Face Morphing Attack Detection Based on Privacy-aware Synthetic Training Data (SYN-MAD) @ IJCB 2022
 - A face morphing attack aims at creating images that automatically or by human experts are matched to faces of more than one individual.
- 2023 DeepFake Game Competition on Visual Realism Assessment (DFGC-VRA)



DFGC-VRA 2023

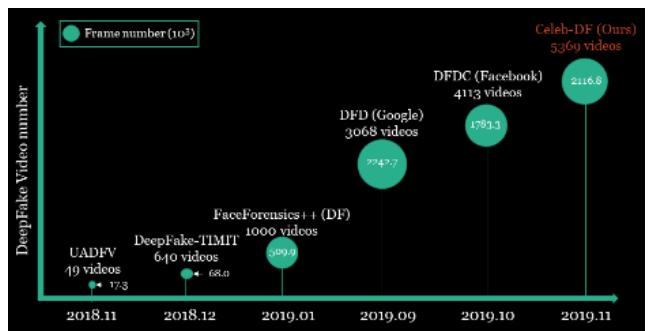


To assess how ‘realistic’
deepfake videos seem to
human viewers

Model	Test Set	PLCC [†]	SRCC [†]	Score [†]
OPDAI	1	0.8578	0.8372	0.8851
	2	0.9423	0.9214	
	3	0.8928	0.8592	
HUST	1	0.8117	0.7864	0.8564
	2	0.9281	0.9215	
	3	0.8842	0.8348	
Our Ensemble	1	0.8091	0.7633	0.8545
	2	0.9287	0.9197	
	3	0.8746	0.8318	
Organizer baseline[23]	1	0.3778	0.4731	0.5470
	2	0.5949	0.7322	
	3	0.4898	0.6139	

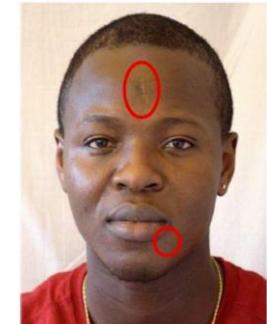
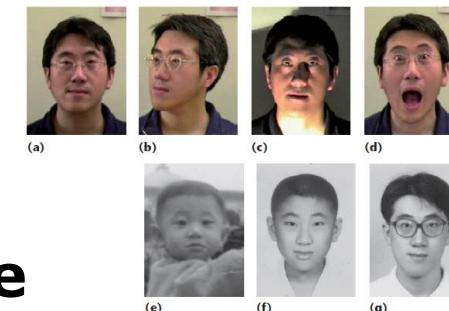


Baze



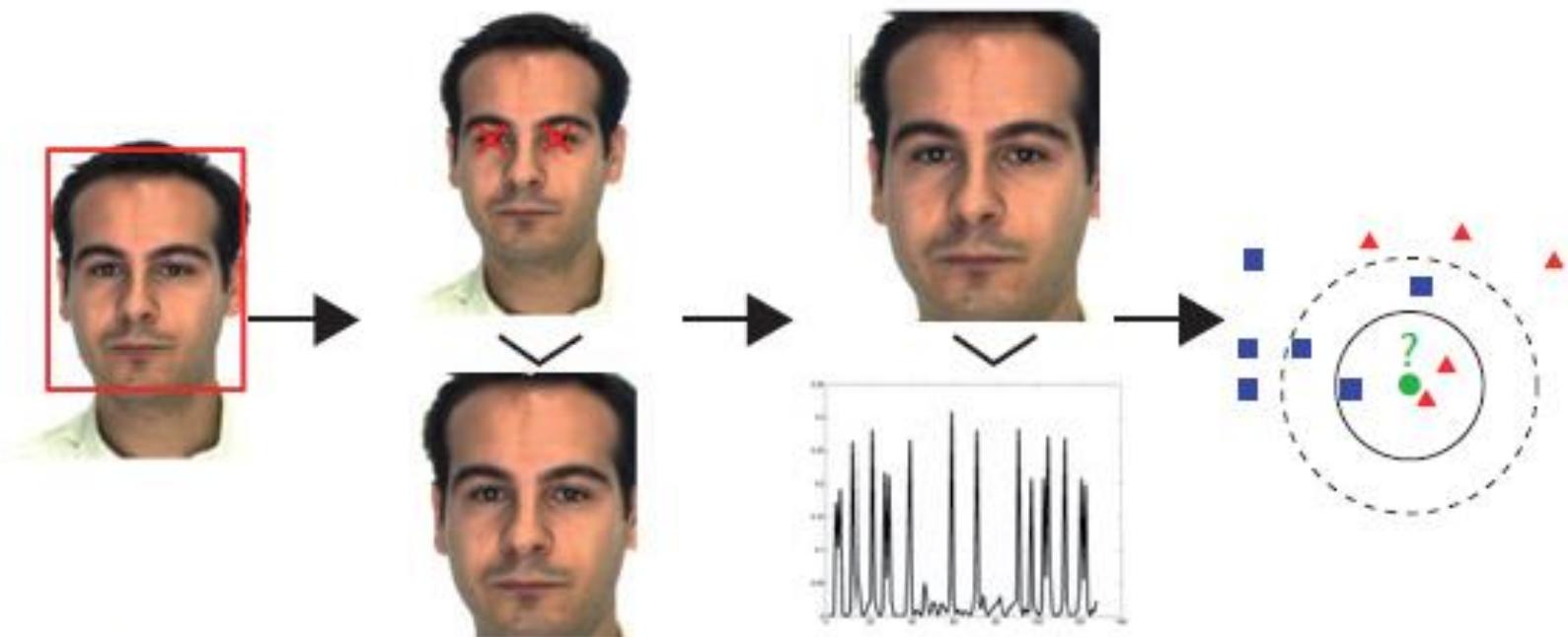
Prepoznavanje obrazov v forenzičnih aplikacijah

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





Klasični sistem za prepoznavo obrazov



iskanje obraza

normalizacija
slike

izločitev
značilk

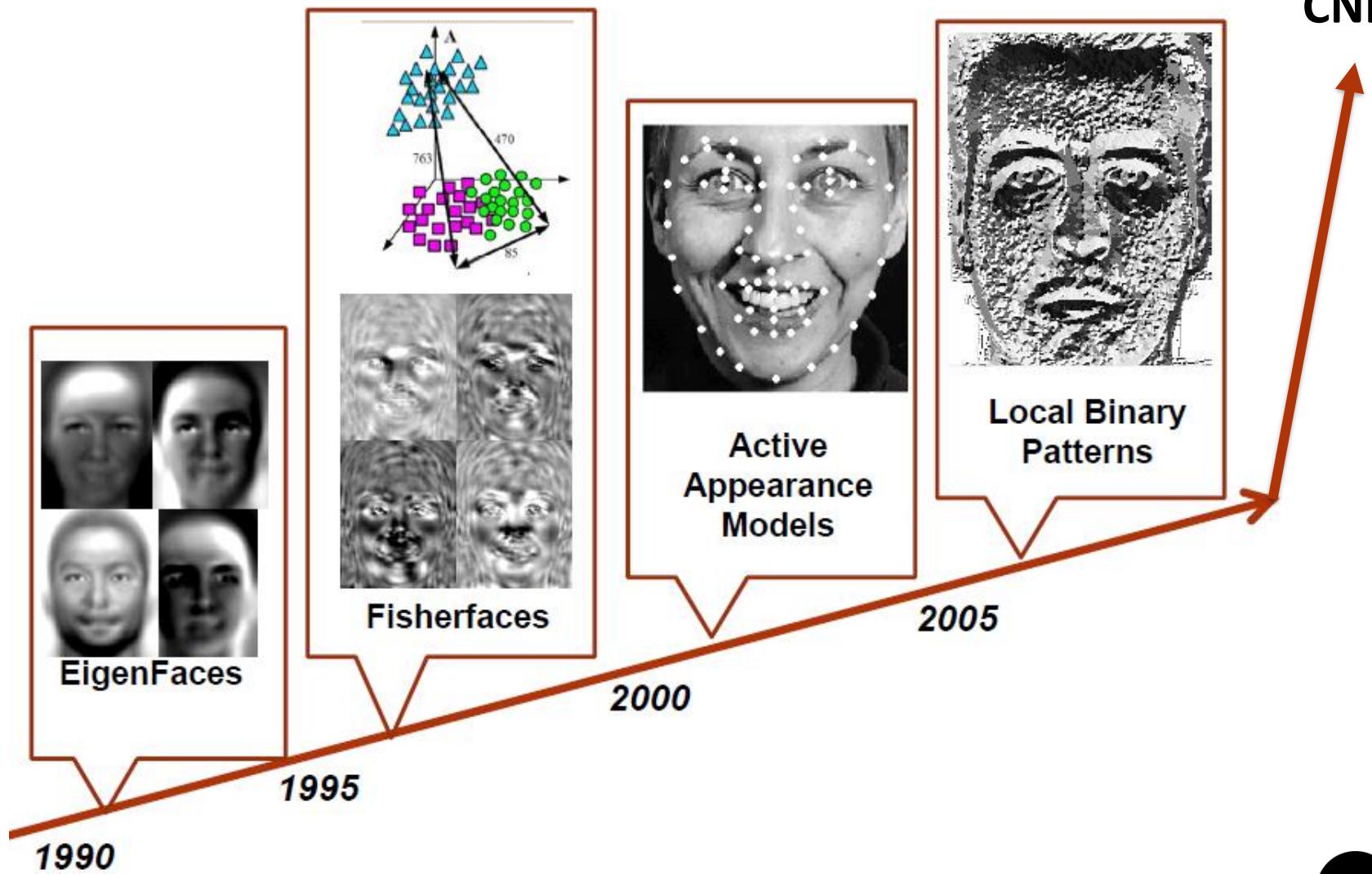
ujemanje



Napredak metod

Konvolucijske
Nevronske mreže

CNN

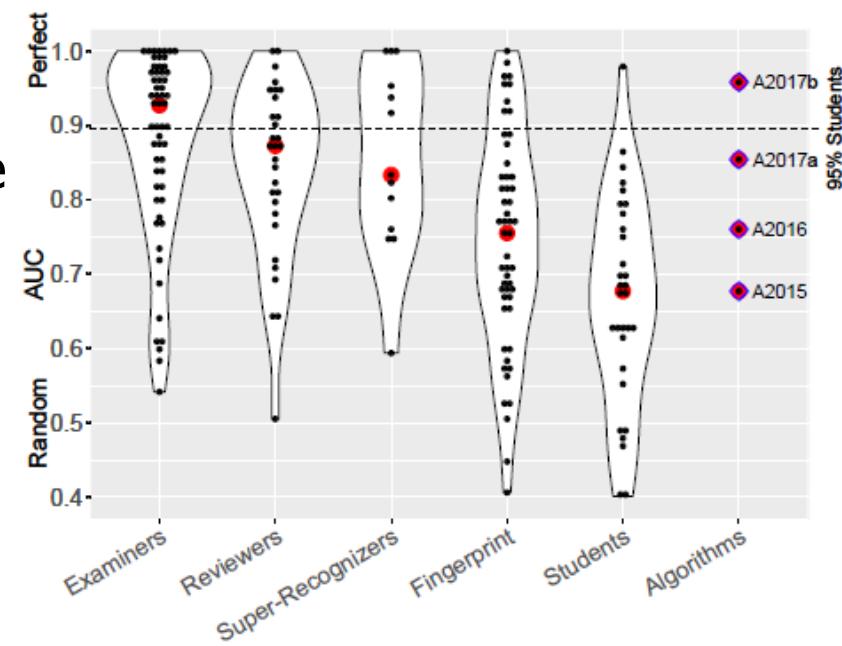


Zadnje raziskave₁

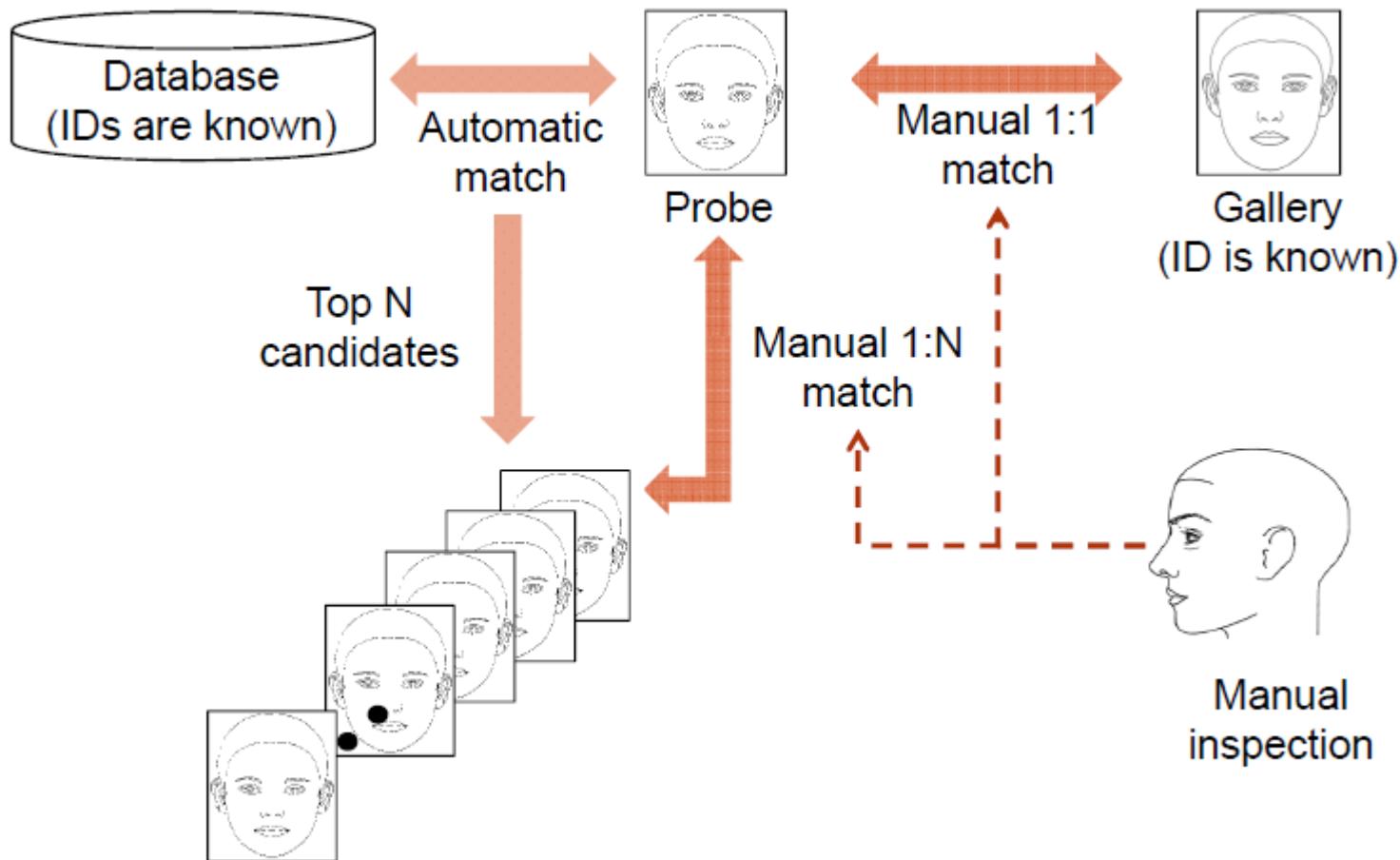
- Različne skupine
 - Forenzični preiskovalci za obrazno prepoznavo
 - Prepoznavalci obrazov
 - Superpoznavalci
 - Preiskovalci za prstne odtise
 - Študentje

Proti

- Računalniški sistemi (CNN)
 - A2015 – A2017₂



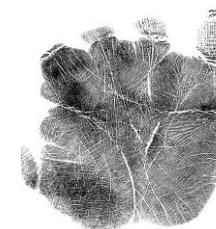
Delovanje forenzičnih aplikacij



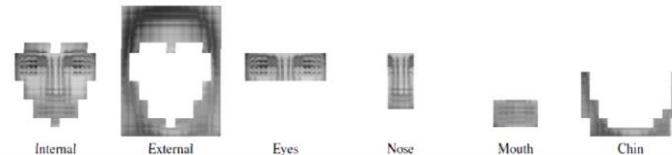


Izzivi

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



- Prihodnost
 - Večja veljava obrazne prepozname na sodišču
 - Prepoznavanje obraznih delov in verjetnost ujemanja
 - oči, nos, usta, obrvi, ličnice





Hvala za
pozornost

4. april
2025