

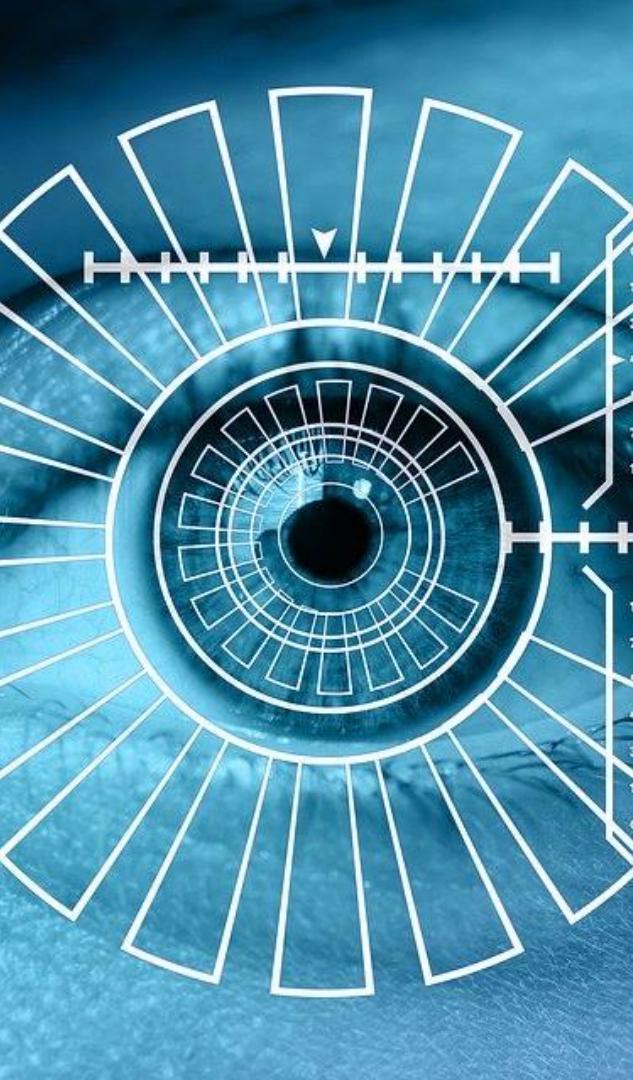


# Visione Artificiale e Biometria



**Annalisa Franco**

Dipartimento di Informatica - Scienza e Ingegneria  
Università di Bologna



# Outline

- ✓ VA e Pattern recognition
  - ✓ Uomo e macchina
  - ✓ Principali problematiche
  - ✓ Applicazioni reali
- ✓ Biometria
  - ✓ Il riconoscimento biometrico
  - ✓ Caratteristiche biometriche
  - ✓ Impronta, Iride, Volto
  - ✓ Problemi aperti

# Un'immagine vale più di mille parole...



# Cos'è un pattern?

- **Pattern recognition** (PR) è una delle più importanti “sotto-discipline” della Visione Artificiale;
- PR viene solitamente tradotto in italiano come “Riconoscimento di Forme” ma...
- Watanabe definisce un pattern come **l'opposto del caos**. Ad esempio un pattern può essere un volto, un carattere scritto a mano, un'impronta digitale, un segnale sonoro, l'andamento di un titolo di borsa, ...



# Riconoscimento e classificazione

- Nel contesto del pattern recognition il riconoscimento è inteso come **classificazione** o **categorizzazione** ovvero l'assegnamento del pattern a una classe.
- Per classe intendiamo un **insieme di entità aventi proprietà comuni** (ad. esempio i diversi modi di scrivere il carattere "A").
- Il concetto di classe è semantico e dipende strettamente dall'applicazione:
  - ✓ 21 classi per il riconoscimento di lettere dell'alfabeto
  - ✓ 2 classi per distinguere le lettere dell'alfabeto italiano da quello cirillico
- Le classi possono essere **definite dal progettista** (classificazione supervisionata) o **"imparate"** autonomamente dal sistema (classificazione non supervisionata).





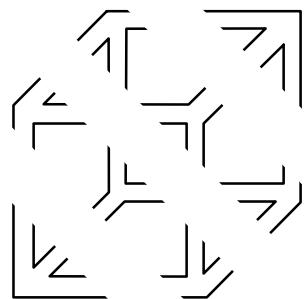
## Perché è importante il PR?

- Gran parte dei **fenomeni dell'esistenza umana** si manifestano sotto forma di pattern: i simboli della scrittura, gli elementi costitutivi del parlato, disegni e immagini, il volto di persone care, ...
- Dotare il **computer** di capacità di riconoscimento di pattern può renderlo in grado di **svolgere compiti percettivi e cognitivi**.

*Costruire macchine che possiedano le nostre stesse capacità di riconoscimento di pattern*

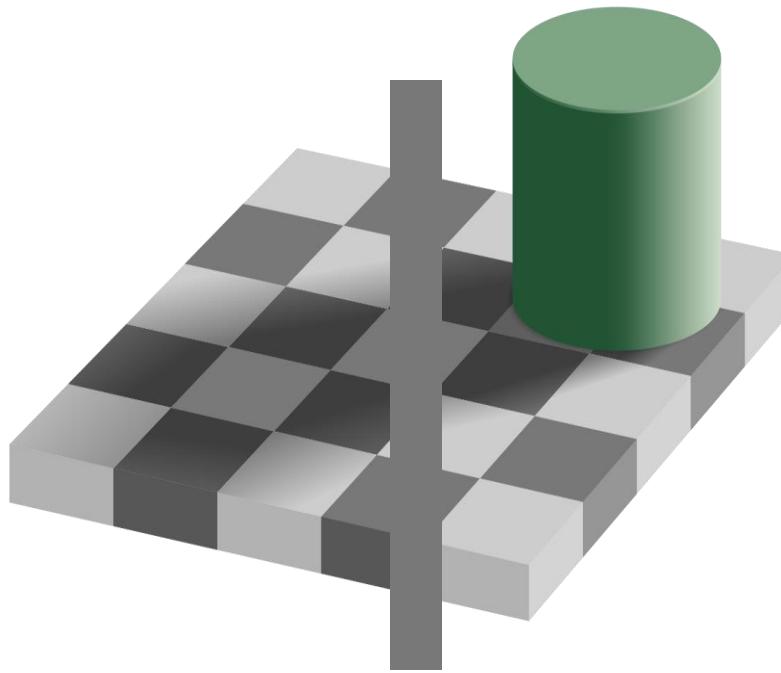
# Perché è così difficile?

Cosa vedi?



# Perché è così difficile?

A e B?



# Perché è così difficile?

Quante facce?



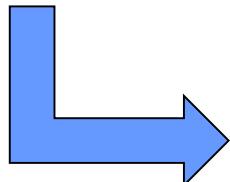
# Human and Machine Pattern Recognition

L'uomo esegue il riconoscimento mediante una classificazione del pattern. Il mapping è opaco, i dettagli del processo sono inaccessibili agli osservatori e quasi sempre anche al riconoscitore stesso.

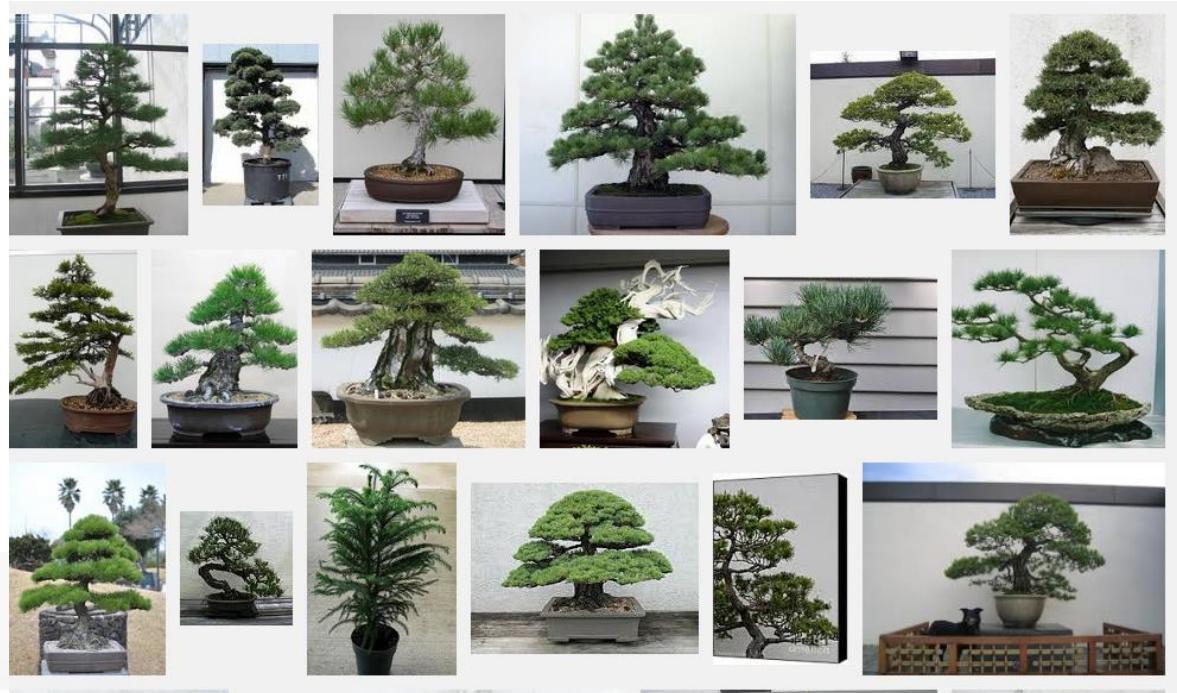
L'implementazione su computer di un metodo di PR richiede che il mapping opaco sia sostituito da uno trasparente, di cui sia possibile dare una descrizione precisa (algoritmo).

# Tipici problemi

Ricerche di similarità

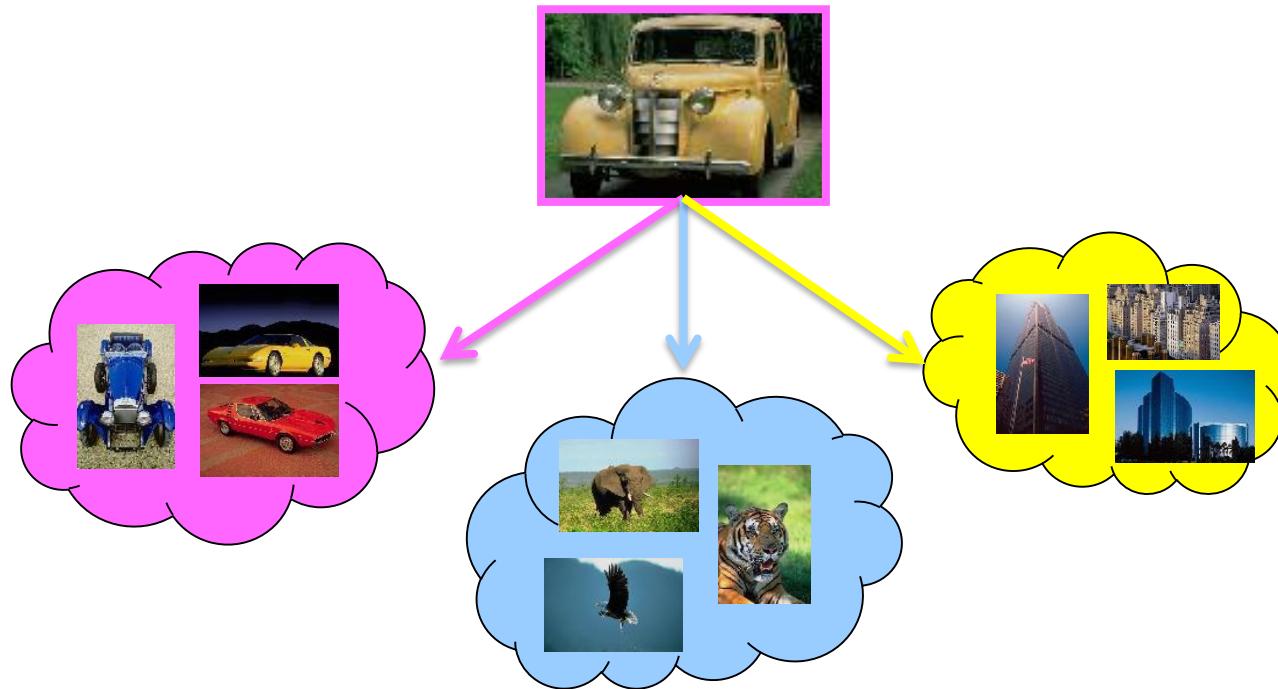


Google



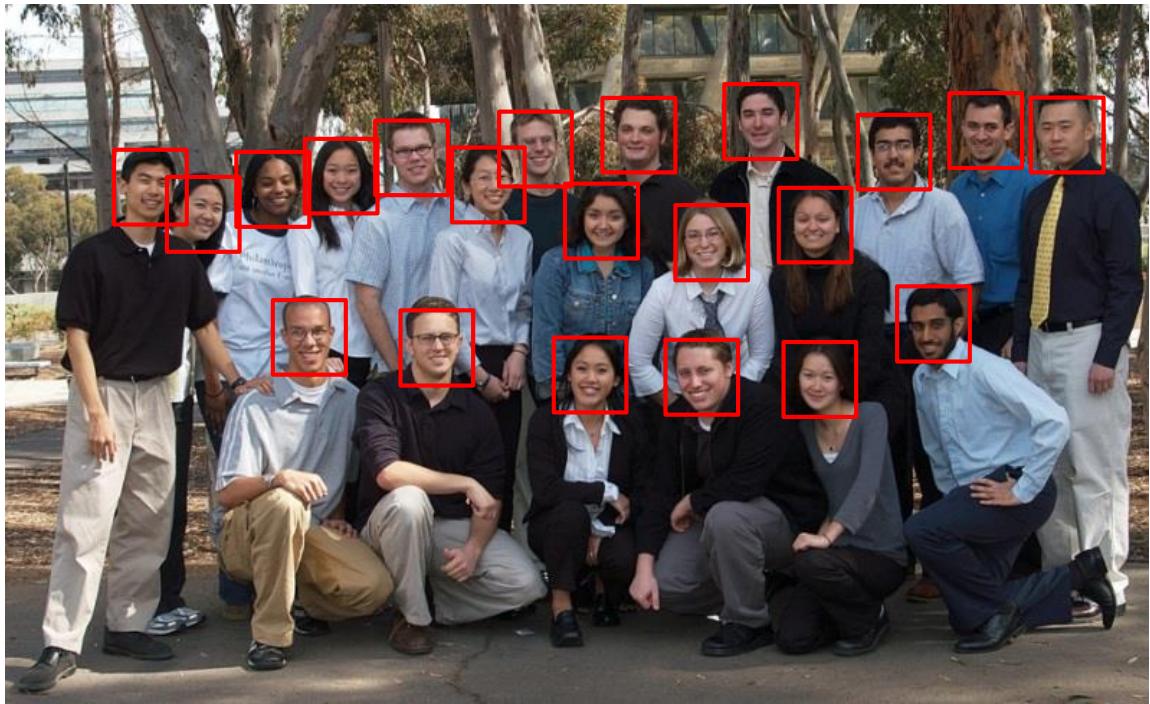
# Tipici problemi

## Classificazione



# Tipici problemi

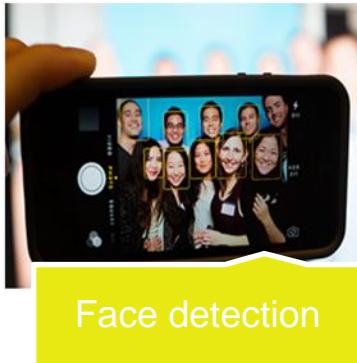
## Localizzazione



# Applicazioni: stato dell'arte



OCR



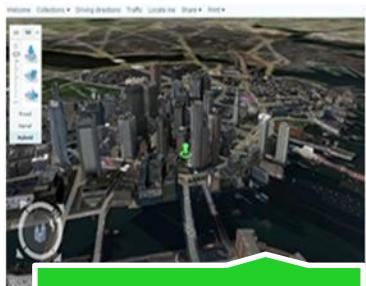
Face detection



Face recognition



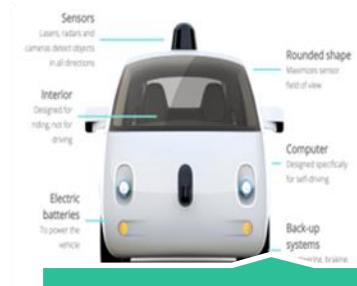
Realtà aumentata



3D modeling



Video-based interaction



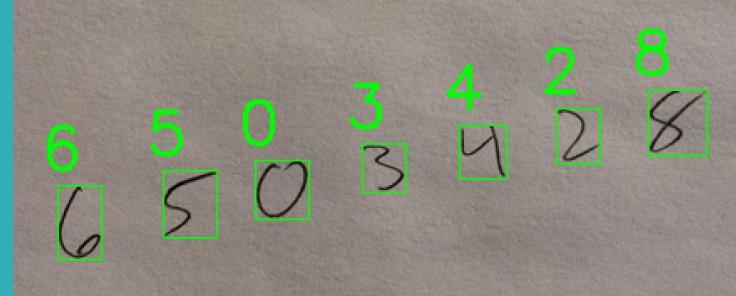
Automotive



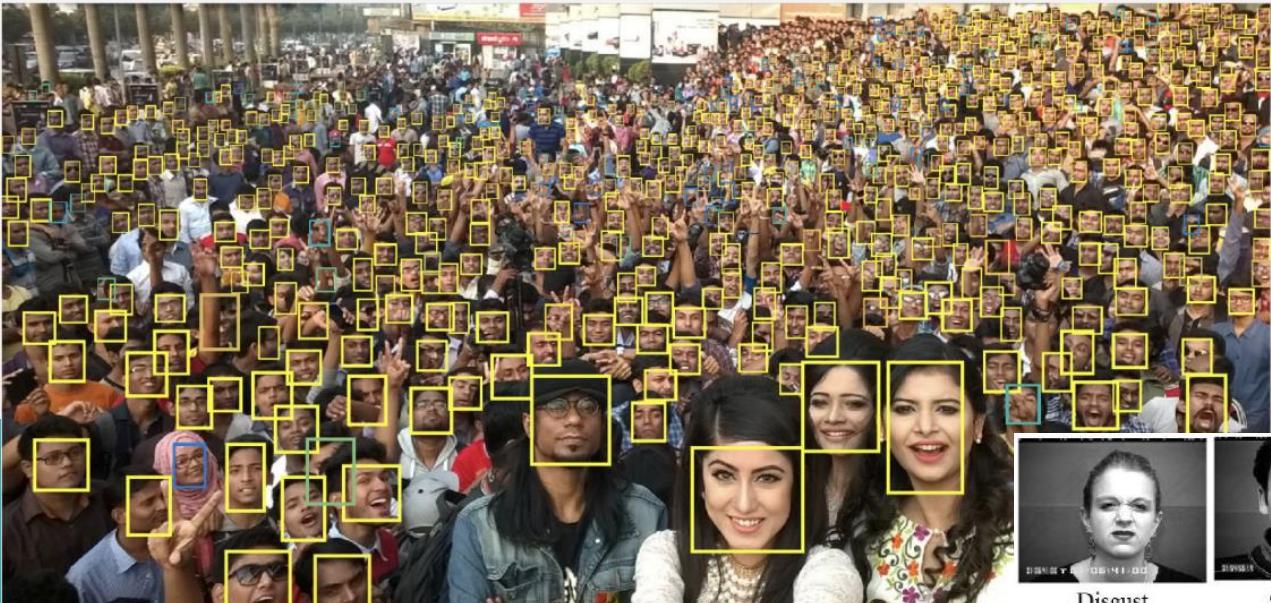
Riconoscimento oggetti

# OCR

Optical Character Recognition



# Face Detection



Disgust

Surprise

Sad

Angry



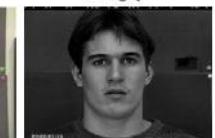
Fear



Happy



Contempt



Neutral

# Face Recognition



## Who's in These Photos?

The photos you uploaded were grouped automatically so you can quickly label and notify friends in these pictures. (Friends can always untag themselves.)



Erik Pink



Hidy Giger



Who is this?



Who is this?



Who is this?

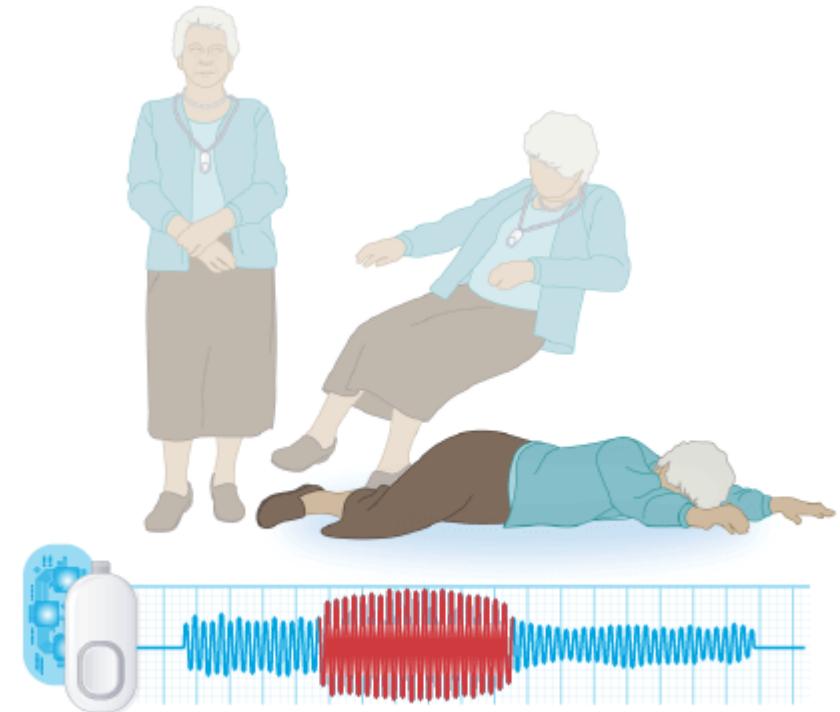


Joey Holmsdruum

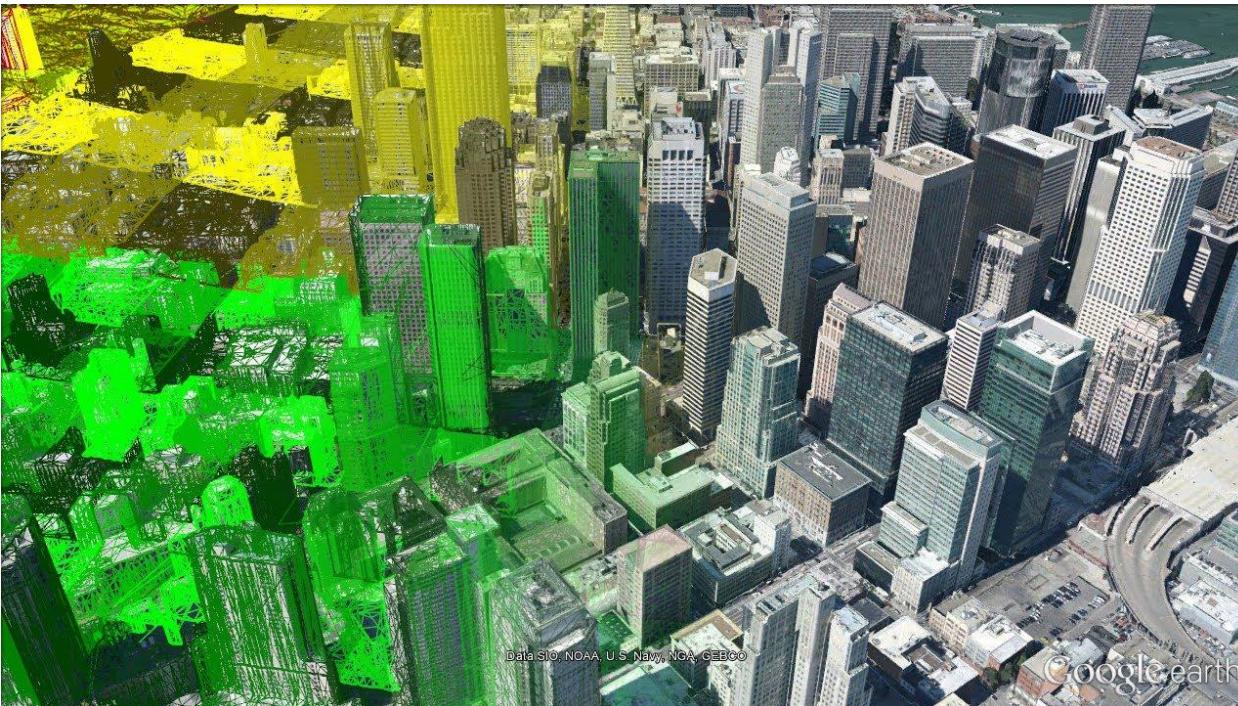
# Realtà aumentata



# Ambient Assisted Living



# 3D modeling



# Video-based interaction / gaming



# Automotive

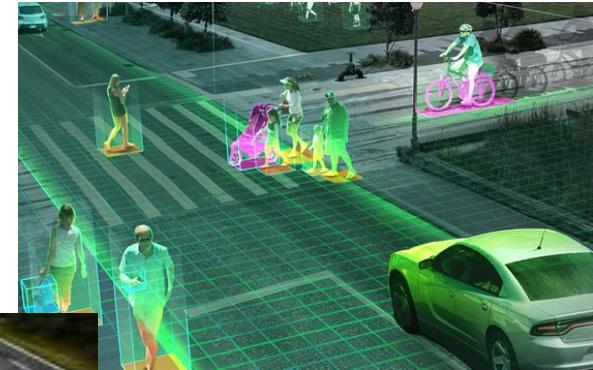
## Explosive Growth of Computer Vision in Cars

More than six cameras per vehicle expected by 2020

Parking Assist the fastest growing segment driven by NHTSA's rear-view camera mandate



Source: Techno Systems Research, Gartner, Strategy Analytics



# Supermercati/acquisti

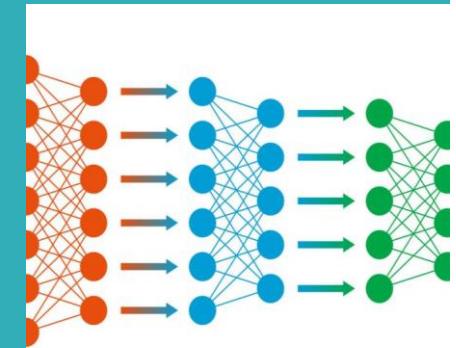
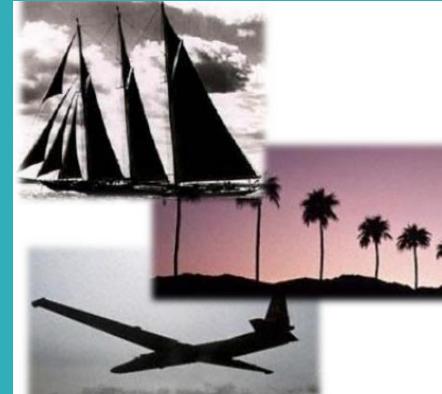
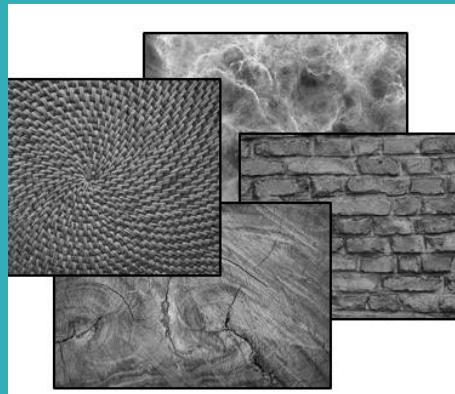


<https://www.amazon.com/go>



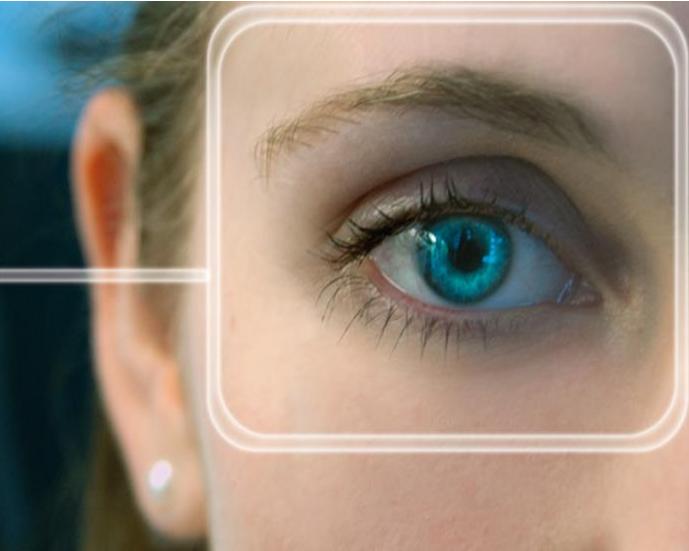
# Tecniche

Feature hand crafted vs. deep learning



Codifica delle immagini + addestramento classificatore

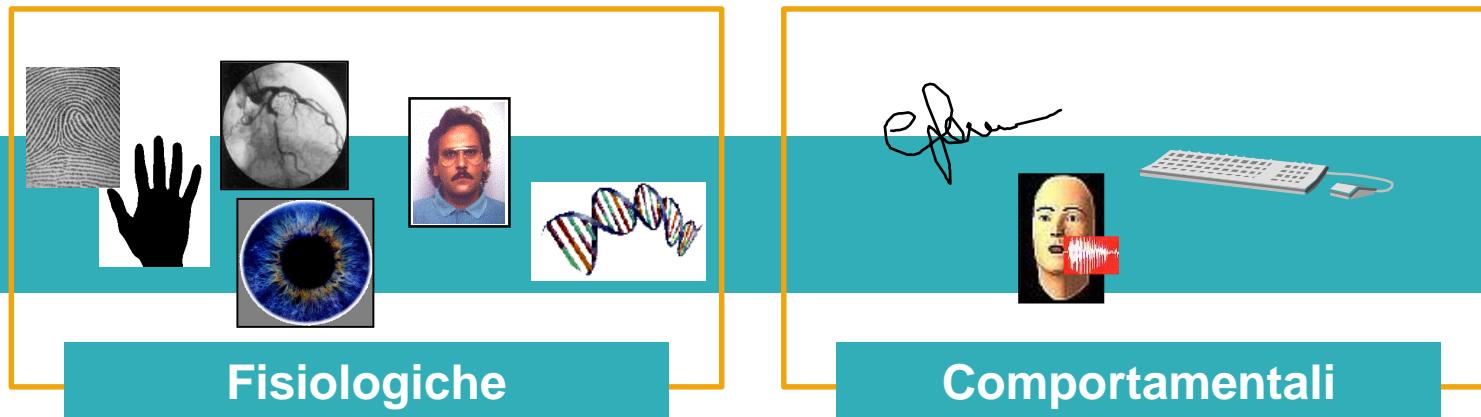
(Deep) Neural  
Network



# Biometria

# Riconoscimento biometrico

Il termine **riconoscimento biometrico** fa riferimento all'uso di caratteristiche *fisiologiche* o *comportamentali* distinte per l'identificazione umana.



Una classificazione esclusiva è impossibile poiché probabilmente la maggior parte delle caratteristiche biometriche sono una combinazione di fattori fisiologici e comportamentali.

# Verifica di identità



Interazioni dirette



Interazioni a distanza



Interazioni  
uomo-macchina

# Riconoscimento di persone

Qualcosa che l'utente  
**POSSIEDE**



Qualcosa che l'utente  
**CONOSCE**



Qualcosa che  
**CONTRADDISTINGUE**  
l'utente



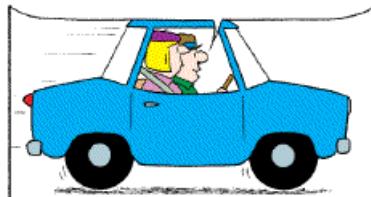
# Codici segreti

**THE BORN LOSER®**

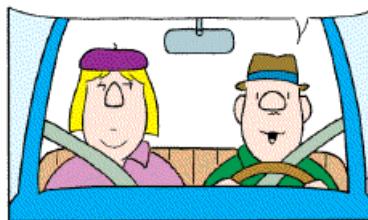


by Art & Chip Sansom

I HAD TO SELECT A SECRET PIN CODE FOR THE NEW ATM CARD!



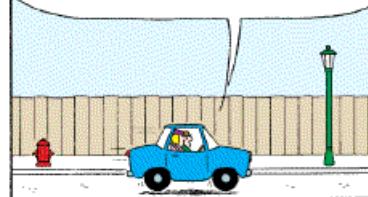
I GOT OUR NEW ATM CARD TODAY!



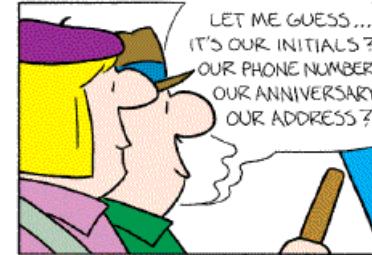
YOU DID? OH, GOODIE!  
I CAN'T WAIT TO USE IT!



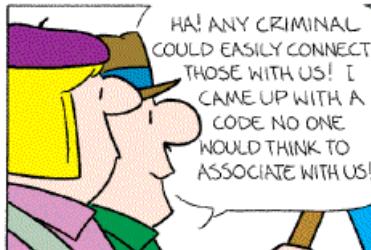
AFTER GIVING IT A LOT OF THOUGHT, I FINALLY SETTLED ON ONE!



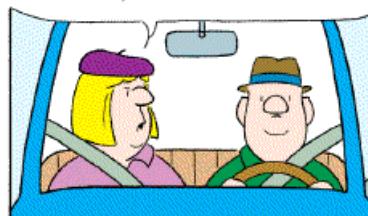
LET ME GUESS...  
IT'S OUR INITIALS?  
OUR PHONE NUMBER?  
OUR ANNIVERSARY?  
OUR ADDRESS?



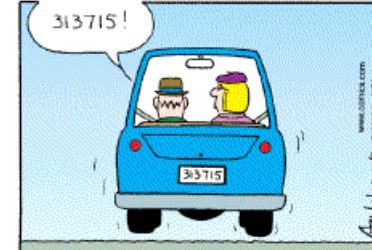
HA! ANY CRIMINAL COULD EASILY CONNECT THOSE WITH US! I CAME UP WITH A CODE NO ONE WOULD THINK TO ASSOCIATE WITH US!



ALL RIGHT, ALREADY! WHAT IS IT?



313715!



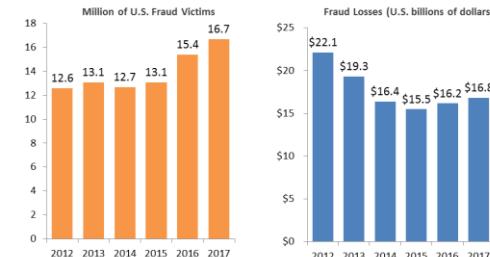
www.cbsnick.com  
© 2002 by NEA, Inc.

# Furti d'identità

- Nel 2017, il 6,64% dei consumatori è diventato vittima di frodi di identità, circa 1 su 15 persone.
- Complessivamente, il 33% degli adulti statunitensi ha subito un furto di identità, che è più del doppio della media globale.
- Una vittima su cinque del furto di identità l'ha sperimentata più di una volta
- Oltre 1 milione di ragazzi negli Stati Uniti è stato vittima di un furto di identità nel 2017, con un costo per le famiglie di oltre 540 milioni di dollari;
- C'è una nuova vittima di furto di identità ogni 2 secondi;
- Il furto di identità è una delle conseguenze più comuni delle violazioni dei dati;
- Il 77,3% delle vittime di un furto di identità ha segnalato come conseguenza un disagio emotivo.

<https://www.identityforce.com/blog/identity-theft-odds-identity-theft-statistics>

Fraud Victims and Losses Continue Three-Year Rise



Source: 2018 Identity Fraud Study, Javelin Strategy & Research

JAVELIN

# You are your authenticator

L'uso di caratteristiche biometriche rappresenta di fatto la forma più antica di riconoscimento



Una grandezza biometrica è descritta come una **caratteristica fisiologica o comportamentale che possa essere misurata e successivamente identificata** al fine di attestare l'identità di una persona (o più in generale di un essere vivente).

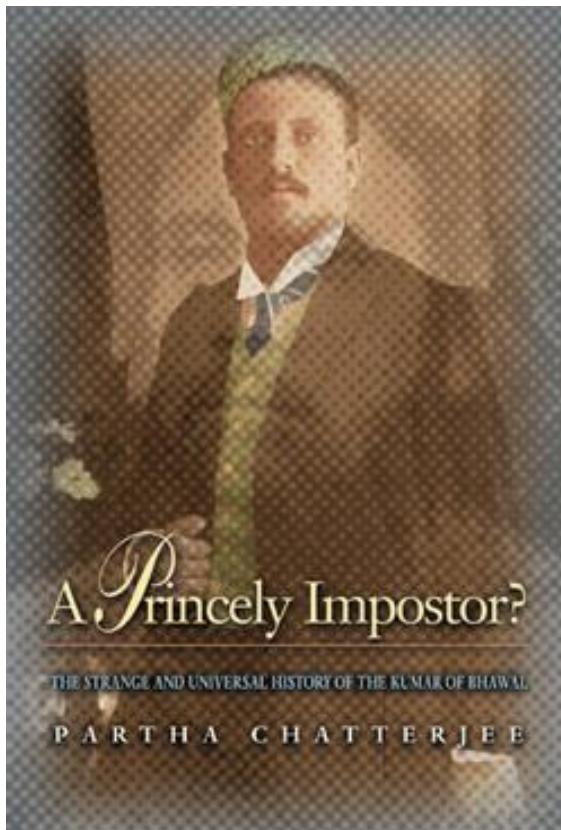
# “Chi sei”...

...invece di “Che cosa possiedi” o “Che cosa conosci”



Il riconoscimento di una persona attraverso il suo corpo,  
collegandolo a un'identità definita esternamente

# Il principe impostore



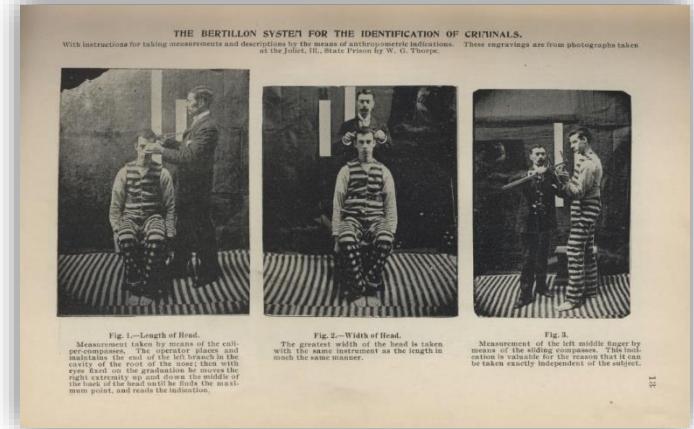
Identification Data	The Prince (Kumar Ramendra Narayan Roy, The second Kumar of Bhawal)	The Monk (Bhawal Sanyasi)
Hair	Brownish	Brownish
Moustache	Wavy	Wavy
Eyes	Brownish	Brownish
Lips	Twist on the right lower lip	Twist on the right lower lip
Ears	A sharp angle at the rim	A sharp angle at the rim
Earlobes	Not adherent to the cheeks and pierced	Not adherent to the cheeks and pierced
Index and middle fingers of the left hand	Less unequal than those of the right hand	Less unequal than those of the right hand
Feet	Scaly, size 6 for shoes	Scaly, size 6 for shoes
Gait	similar	similar
Voice	similar	similar
Expression	similar	similar

# Il sistema di Bertillon

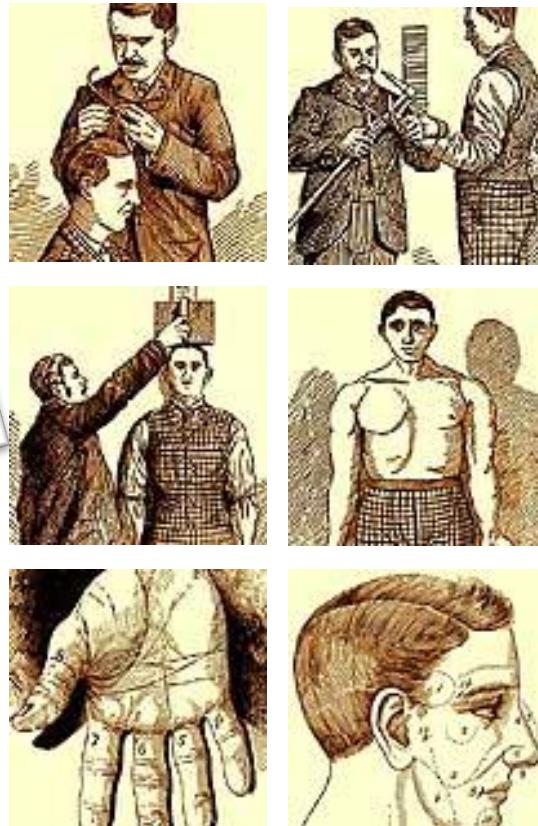
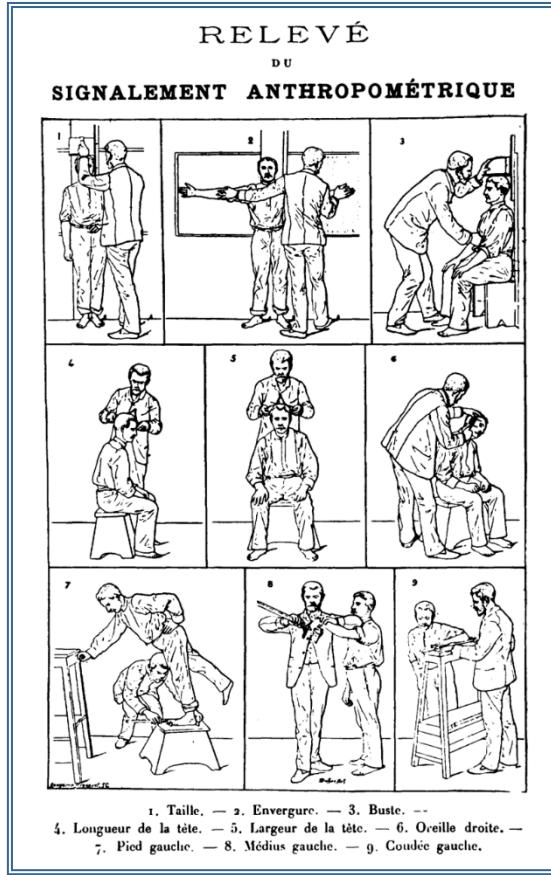
C. L. Brown									
Height	1m 79.6	Head l'gth	19.8	L. Foot	27.1	Circle Ich	Age 22	Born in	
Eng. H'ght	5-10 3/4	Head width	16.3	L. Mid. F.	11.2	Periph Z	Apparent Age		
Outs. A	1m 75.5	Cheek width	14.4	L. Lit. F.	8.7		Nativity	Louisville, Ky.	
Trunk	94.9	R. Ear	6.8	L. Fore A.	46.6*	Pecul	Occupation	Showman	
Remarks Incident to Measurement									
DESCRIPTIVE									
Inclu.	Ruddy	Profile Ridge	Very	Ear		Beard	Shaved		
Forehead	m 1	Profile Base	(Ea)	Root	Shae	Hair	Black		
Width	Perd	DIMENSIONS		Length	Projection	Complexion	m. Dark		
Pecul				sr	sr	Teeth	Upper fresh		
						Chin	over lip		
							Chin m. Brown		
							Build	m. slim	
BUREAU OF IDENTIFICATION									
Department of Police, Tulane Ave. and Saratoga St. New Orleans, La.									
Measured	Feb 1 1913								
By	Jno. J. Morris								

Il Sistema di Bertillon, introdotto nel 1882, proponeva la misurazione di **caratteristiche antropometriche** per schedare i criminali.

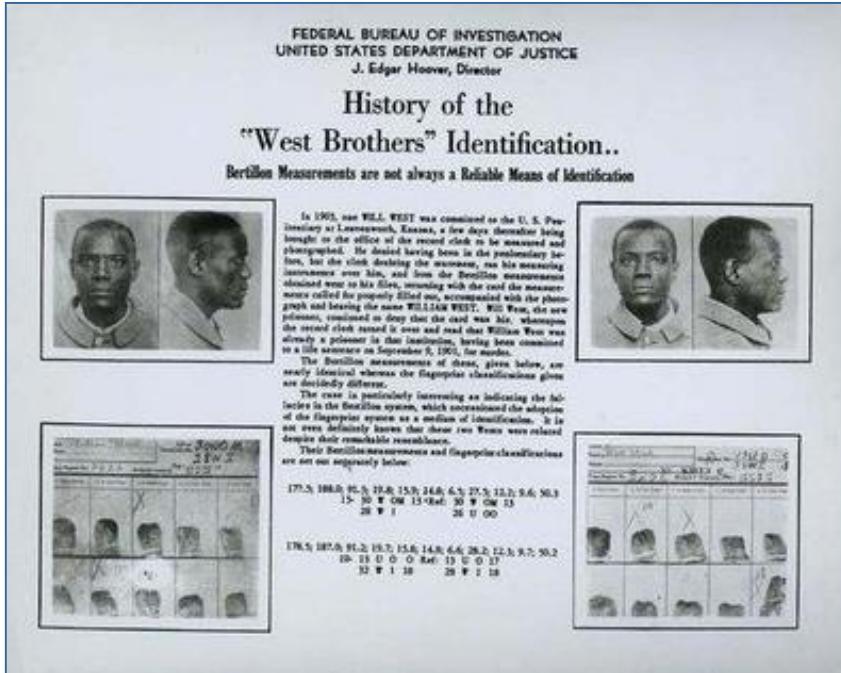
Richiedeva di fotografare il soggetto e di misurare 9-10 caratteristiche, tra le quali l'altezza del soggetto, la lunghezza dei piedi, di un braccio e di un dito indice.



# Il sistema di Bertillon



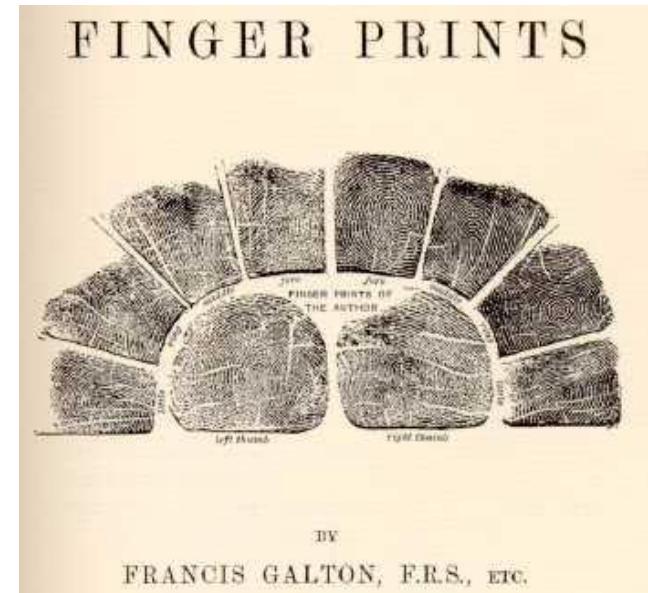
# Il caso dei fratelli West



Will West, condannato per un reato minore nel 1903, all'arrivo nel penitenziario di Leavenworth nel nord-est del Kansas, fu informato che era già in prigione, condannato all'ergastolo per un omicidio di primo grado.

# Meglio le impronte digitali!

- Alla fine del XIX secolo, nel suo lavoro sull'eredità, **Galton** criticava il sistema di Bertillon da un punto di vista statistico.
- Nel 1892 introdusse la nozione di **minutia** e suggerì un primo, molto elementare sistema di classificazione delle impronte digitali.
- Nel 1893, l'ufficio del Ministero degli Interni, Regno Unito, ha riconosciuto che non esistono individui con la stessa impronta digitale.
- Presto molti dei principali **dipartimenti di polizia** hanno iniziato a "registrare" le impronte digitali dei criminali.

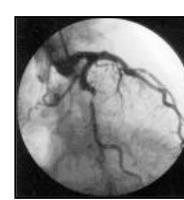
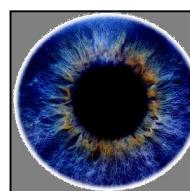


# Caratteristiche biometriche

Fisiologiche e comportamentali

## Fisiologiche

Impronte, iride, geometria della mano, volto, pattern delle vene, retina, DNA, ecc...

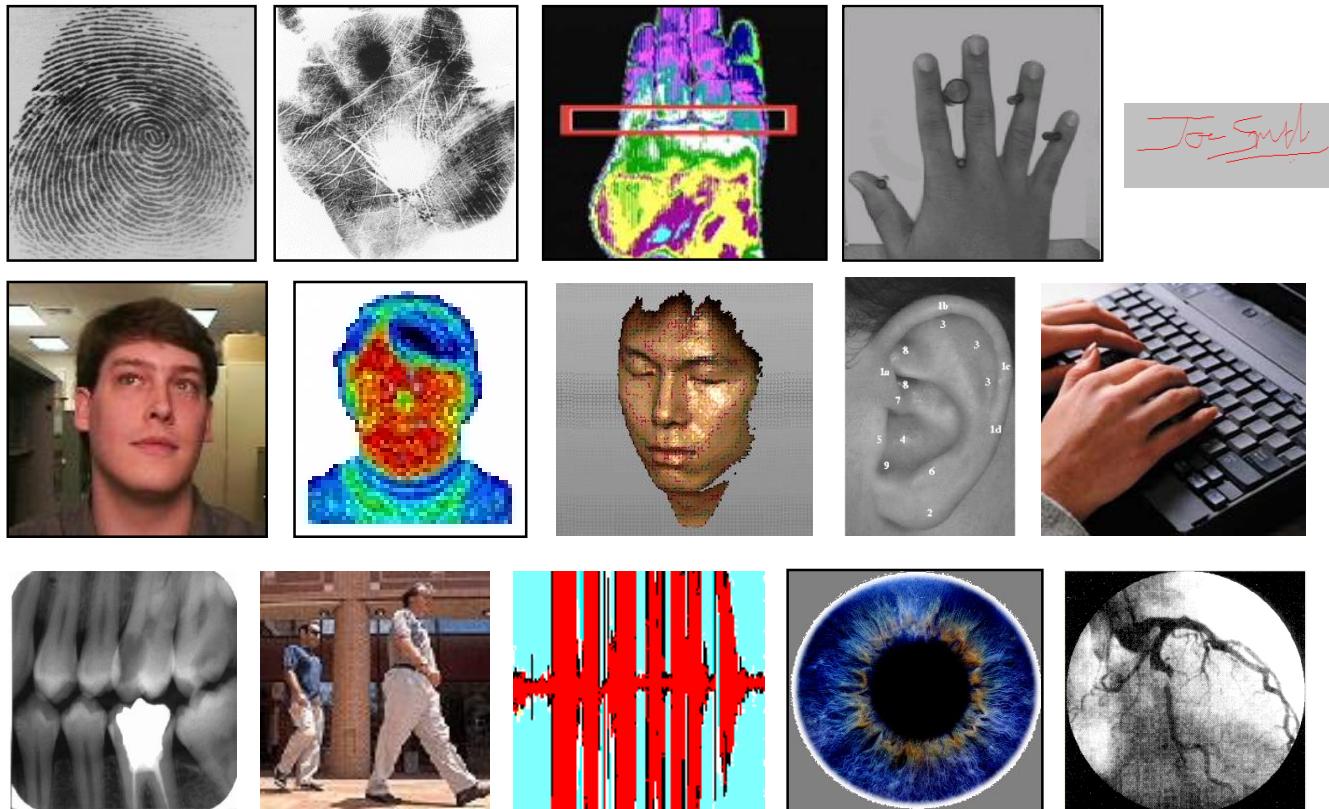


## Comportamentali

Stile di battitura, firma (dinamica), andatura, voce, etc.



# Riconoscimento biometrico



# Tratti biometrici: formazione

Le caratteristiche biometriche si sviluppano:

- attraverso la **genetica**: genotipica
- attraverso **variazioni casuali** nelle prime fasi dello sviluppo di un embrione: fenotipico
- attraverso le **abitudini**: comportamentale

Di norma, tutti e tre i fattori contribuiscono allo sviluppo di una caratteristica biometrica, sebbene a vari livelli.

La tabella valuta l'importanza relativa di ciascun fattore (0 è bassa, 000 è elevata).

Source: <http://www.bromba.com/faq/biofaqe.htm#entstehen>

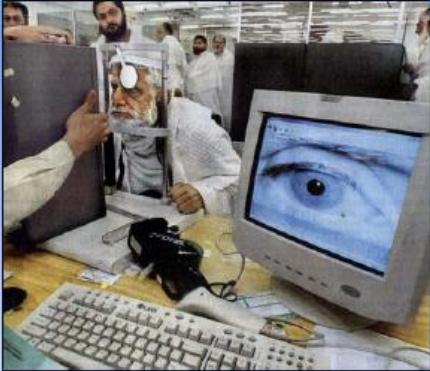
<i>Biometric Trait</i>	<i>genotypic</i>	<i>phenotypic</i>	<i>behavioral</i>
Fingerprint (only minutia)	0	000	0
Signature (dynamic)	00	0	000
<b>Facial geometry</b>	<b>000</b>	0	0
Iris pattern	0	000	0
Retina (Vein structure)	0	000	0
Hand geometry	000	0	0
Finger geometry	000	0	0
Vein structure of the back of hand	0	000	0
Ear form	000	0	0
Voice (Tone)	000	0	00
DNA	000	0	0
Odor	000	0	0
Keyboard Strokes	0	0	000
Comparison: Password			(000)

# Applicazioni

- Access control, resource control, attendance control, environmental surveillance
- Identification at airports or borders
- Computer logins, secure transactions, e-commerce
- Identity card, social services, health services, voting, identification of criminals
- ...



# Applicazioni



Iris: Haj pilgrims in Saudi Arabia



Fingerprint:  
Point of sale



Fingerprint, Face, Iris:  
Australia airport security



Iris: Identifying insurgents



Fingerprint: Mobile phone



Palm Vein: Japan ATM

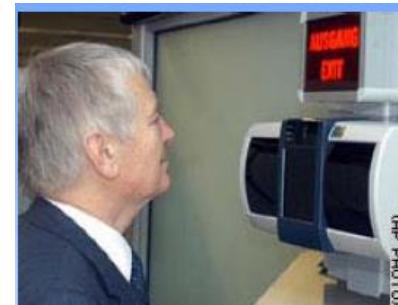
# Applicazioni



Face: Surveillance Applications



Keyless ignition: Audi A8



Iris: Frankfurt Airport  
(AP Photo)



Hand Geometry: Ben Gurion Airport  
Electronic Data Systems



Fingerprint: US-VISIT program  
Stephen J. Boitano, AP



Finger Vein: Accessing ATMs in Japan  
<http://www.usideg21.com/>

# Passaporti biometrici

L'Organizzazione per l'aviazione civile internazionale (ICAO) ha raccomandato l'uso di identificatori biometrici (viso, impronte digitali e iris) per associare documenti di viaggio a persone fisiche.



"ICAO TAG-MRTD/NTWG RESOLUTION N001 - Berlin, 28 June 2002

ICAO TAG-MRTD/NTWG endorses the use of face recognition as the globally interoperable biometric for machine assisted identity confirmation with machine readable travel documents.

ICAO TAG-MRTD/NTWG further recognizes that Member States may elect to use fingerprint and/or iris recognition as additional biometric technologies in support of machine assisted identity confirmation.

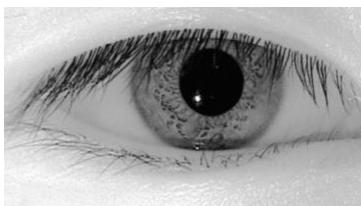
*Endorsement: Unanimous"*

<http://www.icao.int>

The new passports have an embedded contactless (ISO 14443) "smart-card" chip that stores personal information and a biometric template.

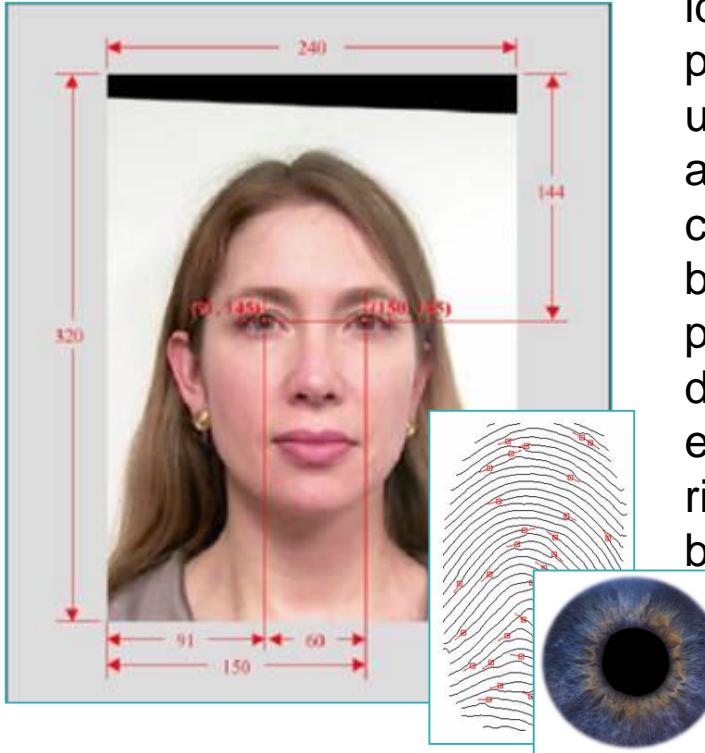
Two problems: **reliability and privacy**

# Applicazioni su larga scala



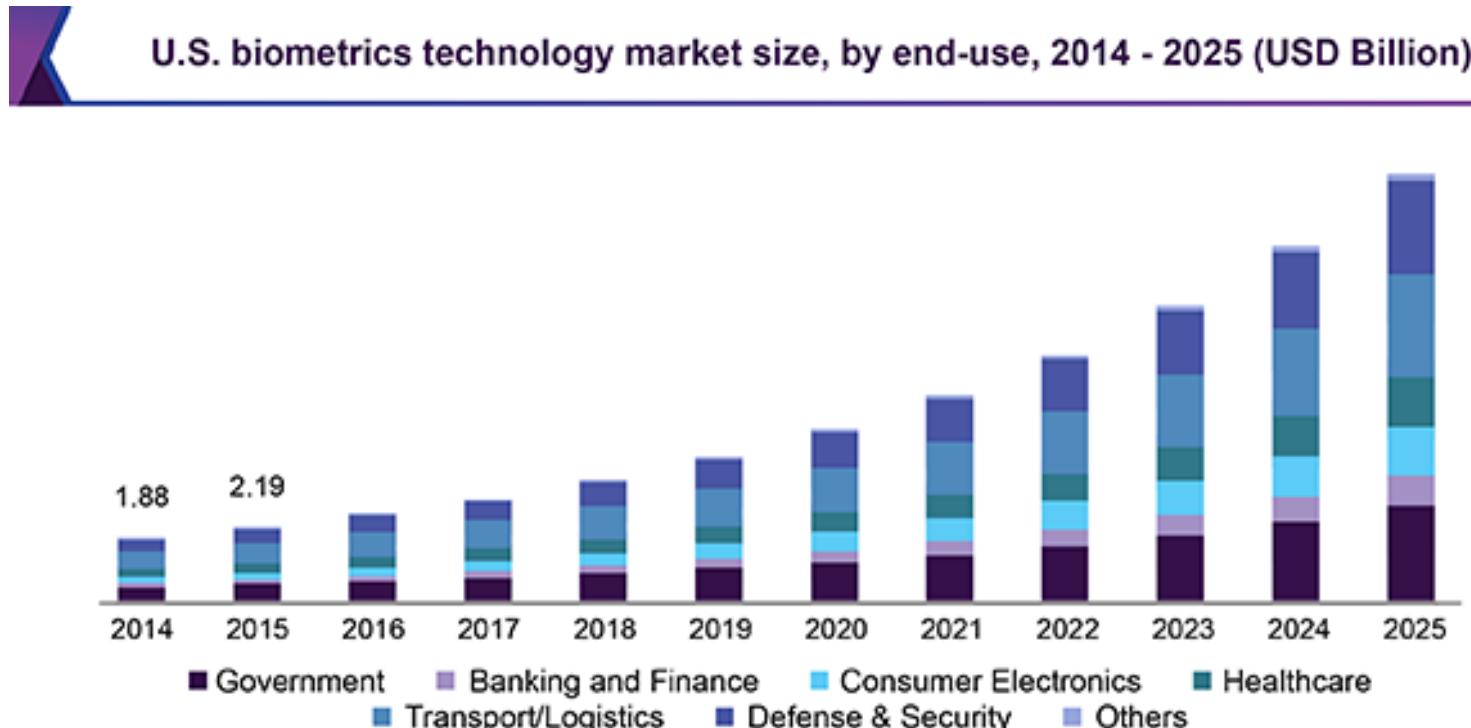
- Il Ministero degli Interni degli Emirati Arabi Uniti richiede test di riconoscimento dell'iride sugli stranieri che entrano negli Emirati Arabi Uniti da 35 porti aerei, terrestri e marittimi.
- Ogni viaggiatore viene confrontato con 1.000.000 di espulsi (cittadini stranieri espulsi per varie violazioni), i cui IrisCode sono stati registrati in un database centrale al momento dell'espulsione.
- Il tempo necessario per una ricerca esaustiva nel database è di circa 1 secondo.
- In media, 12.000 passeggeri in arrivo vengono confrontati con l'intera lista di controllo di 1.000.000 nel database; si tratta di circa 12 miliardi di confronti al giorno.

# Machine Readable Travel Documents



Oggi i documenti di identità (carte d'identità, passaporti) sono dotati di un microchip in cui sono archiviate le caratteristiche biometriche del proprietario del documento e possono essere sfruttate per il riconoscimento biometrico automatico.

# Il mercato della biometria



Source: [www.grandviewresearch.com](http://www.grandviewresearch.com)

# Vantaggi e svantaggi



## Vantaggi

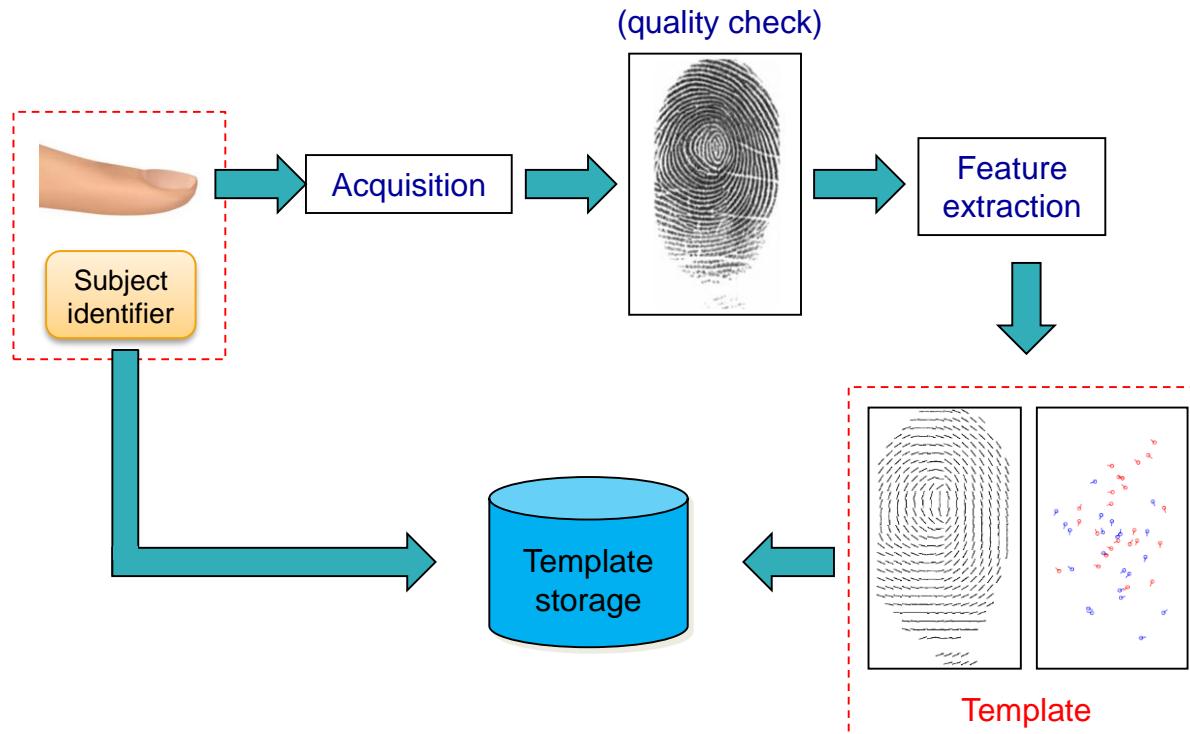
- 👍 Rappresentano un metodo di riconoscimento molto naturale
- 👍 Non possono(!!!) essere rubate o dimenticate
- 👍 Non richiedono l'utilizzo di oggetti esterni o password
- 👍 Le caratteristiche biometriche garantiscono (!!!) la presenza della persona.

## Svantaggi

- 👎 Richiedono un **confronto approssimato** → i sistemi biometrici **commettono errori!**
- 👎 Copertura non totale della popolazione;
- 👎 Cambiano nel tempo (alcune di più, altre meno...)

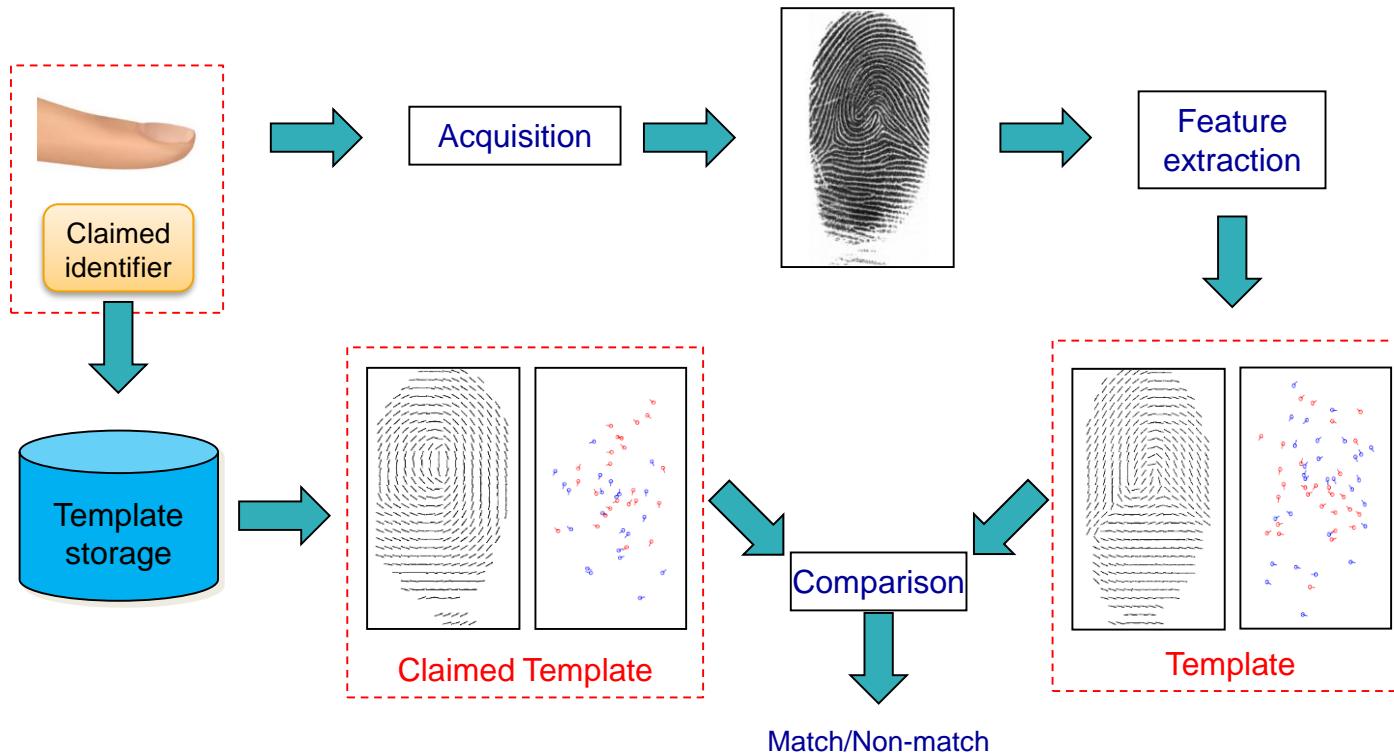
# Architettura di un sistema biometrico

## Enrollment



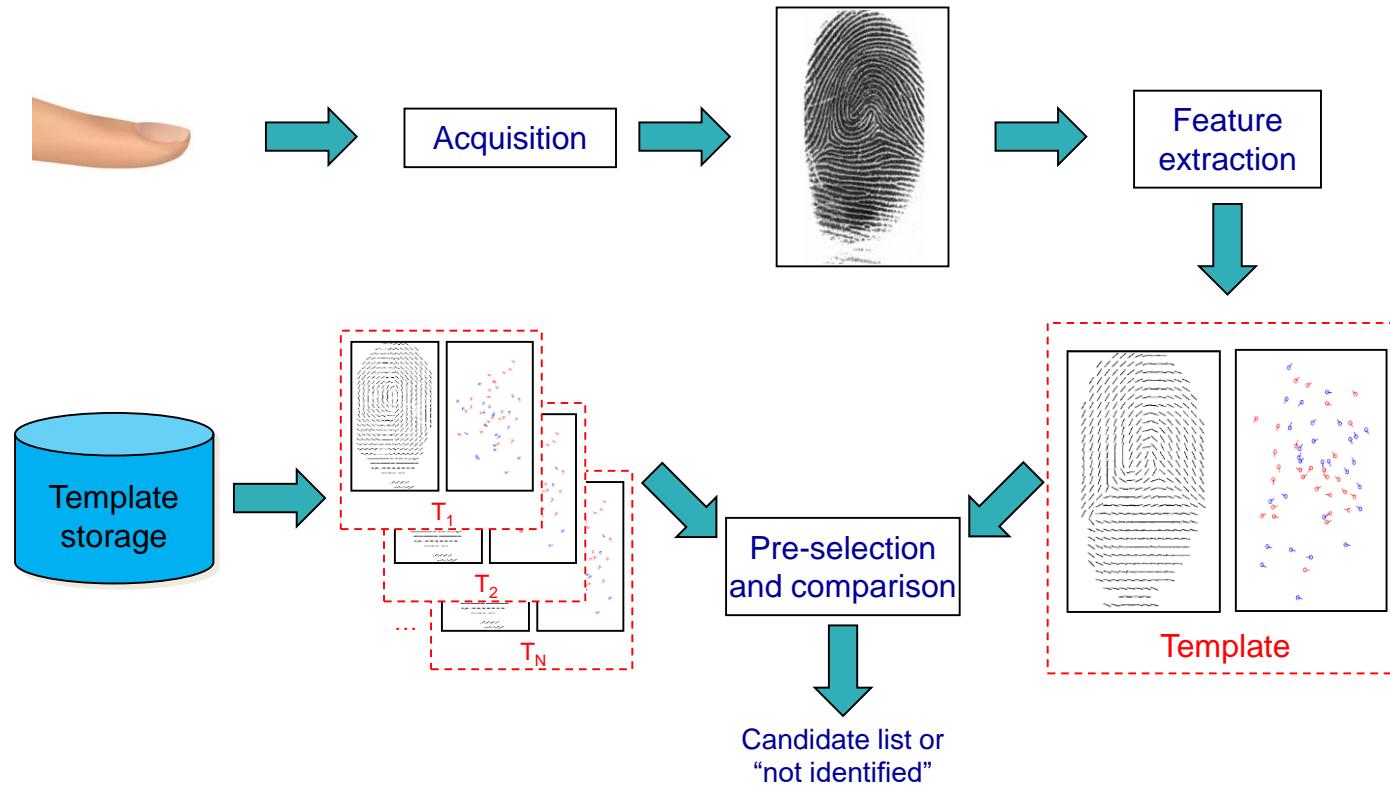
# Architettura di un sistema biometrico

## Verifica di identità



# Architettura di un sistema biometrico

## Identificazione



# Riconoscimento biometrico

Challenges...



Similarità inter-classe



Make up



Chirurgia plastica

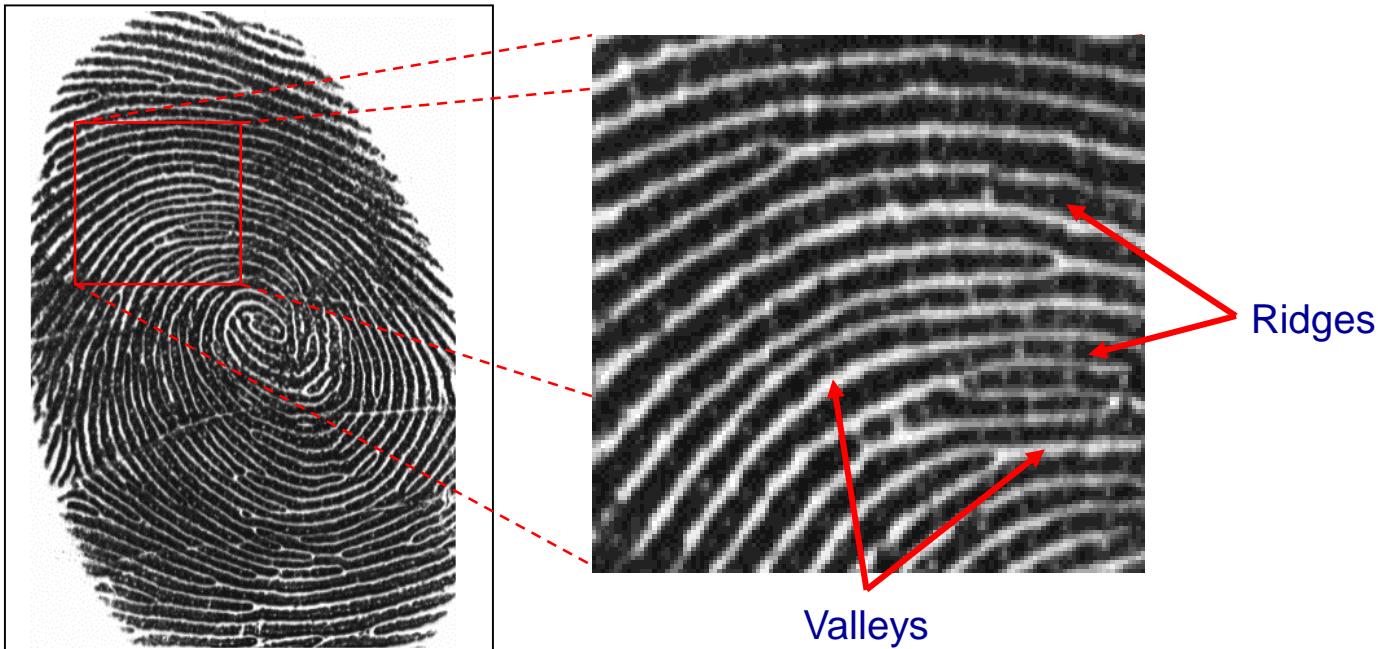


Invecchiamento

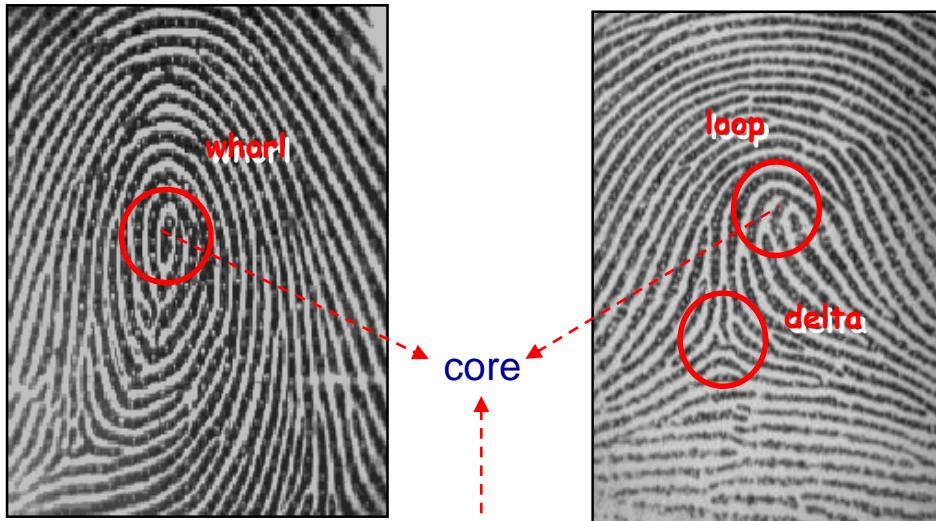


# Impronte digitali

# L'impronta digitale

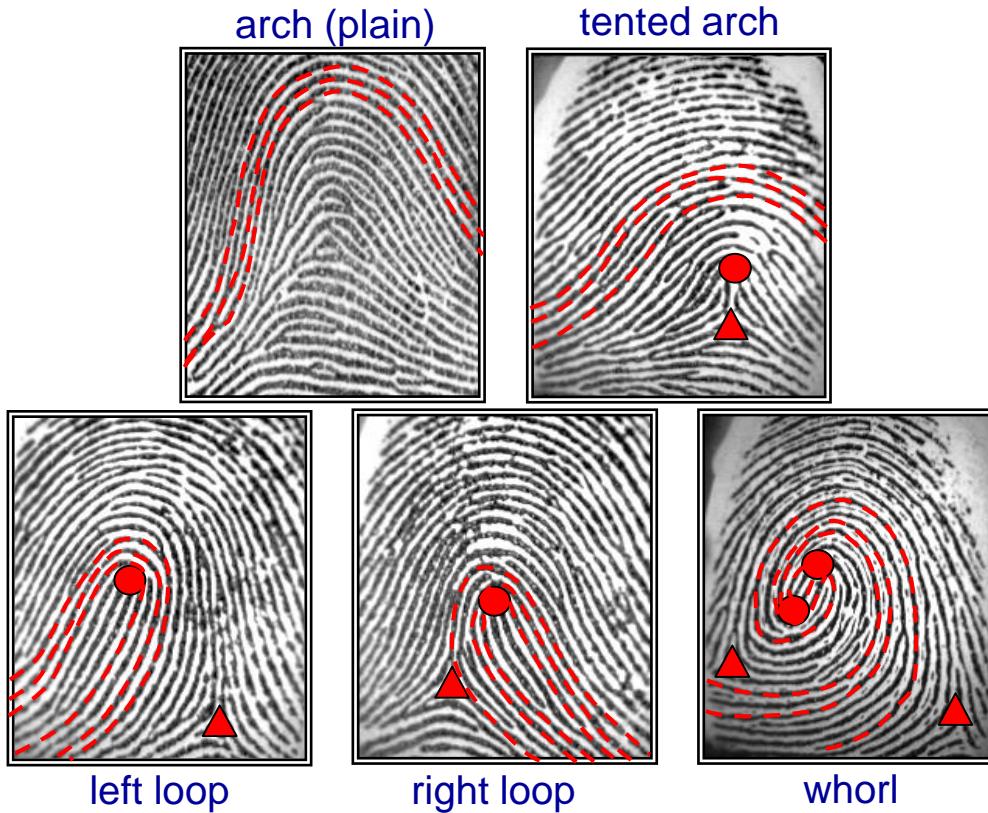


# Macro-singolarità

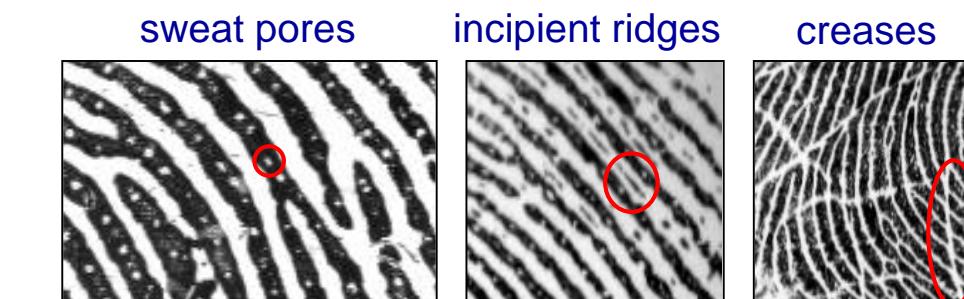
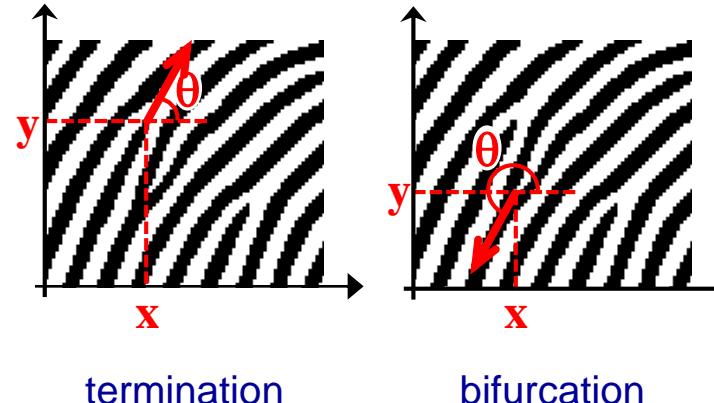
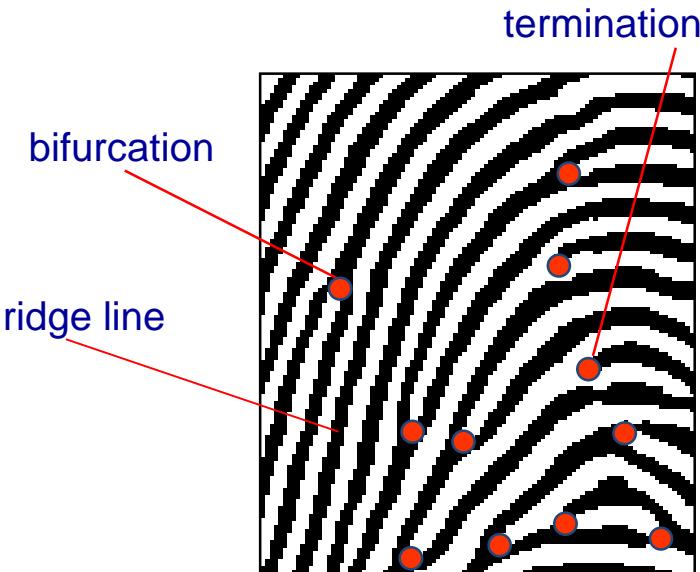


The center of the north most loop/whorl type singularity

# Classi

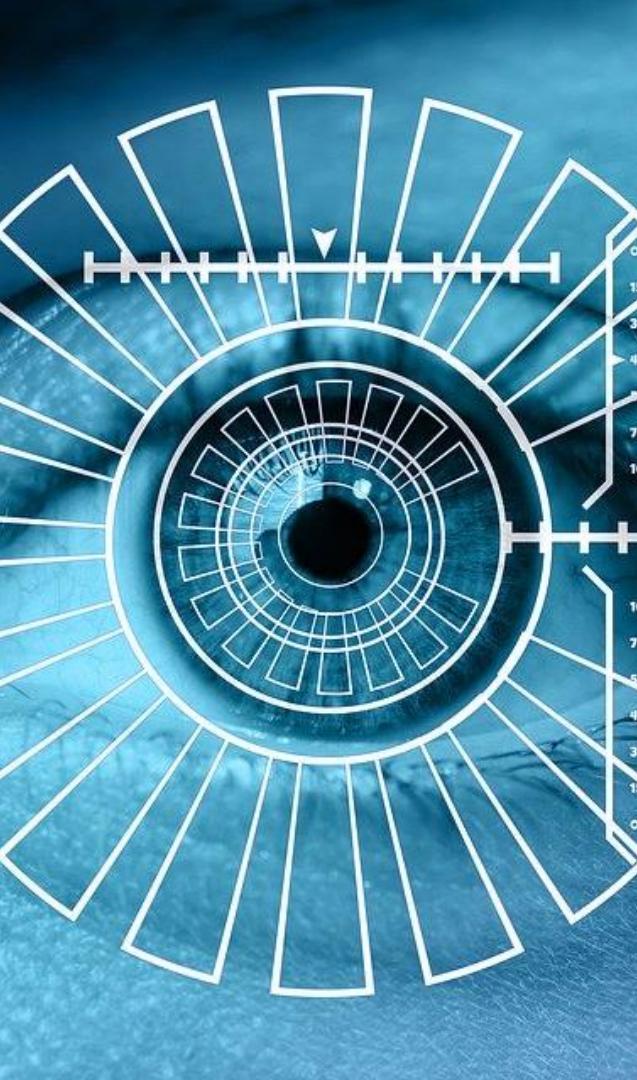


# Minuzie e altre caratteristiche



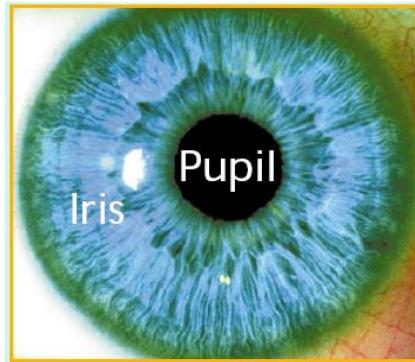
# L'impronta digitale



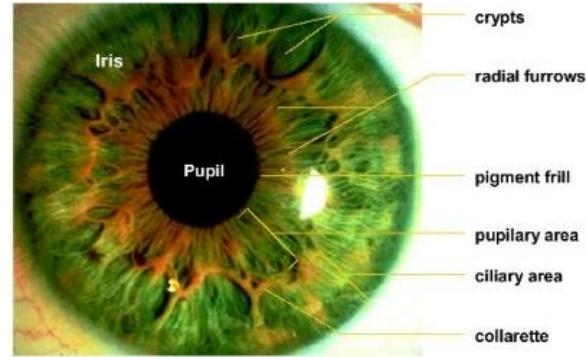


Iride

# L'iride



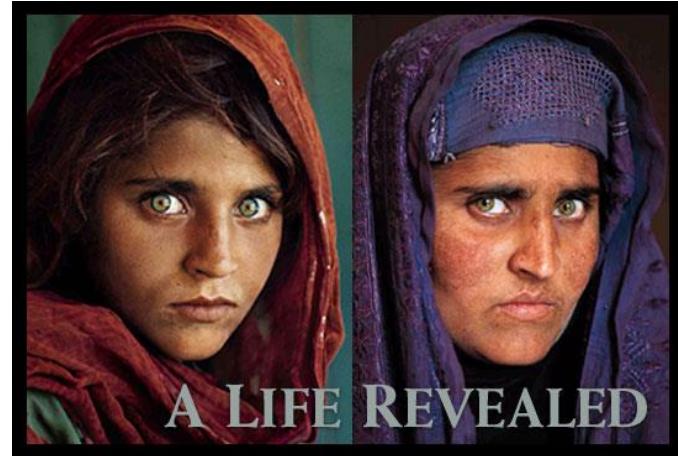
© IEEE Computer 2000



- L'iride è la regione dell'occhio responsabile del controllo e della direzione della luce sulla retina.
- È delimitata dalla pupilla e dalla sclera (bianco dell'occhio) e ha una dimensione ridotta (11 mm).
- La trama dell'iride si stabilizza durante i primi due anni di vita e contiene informazioni distinte utili per l'identificazione.
- Ogni iride è unica; anche le iridi di gemelli identici sono diverse.

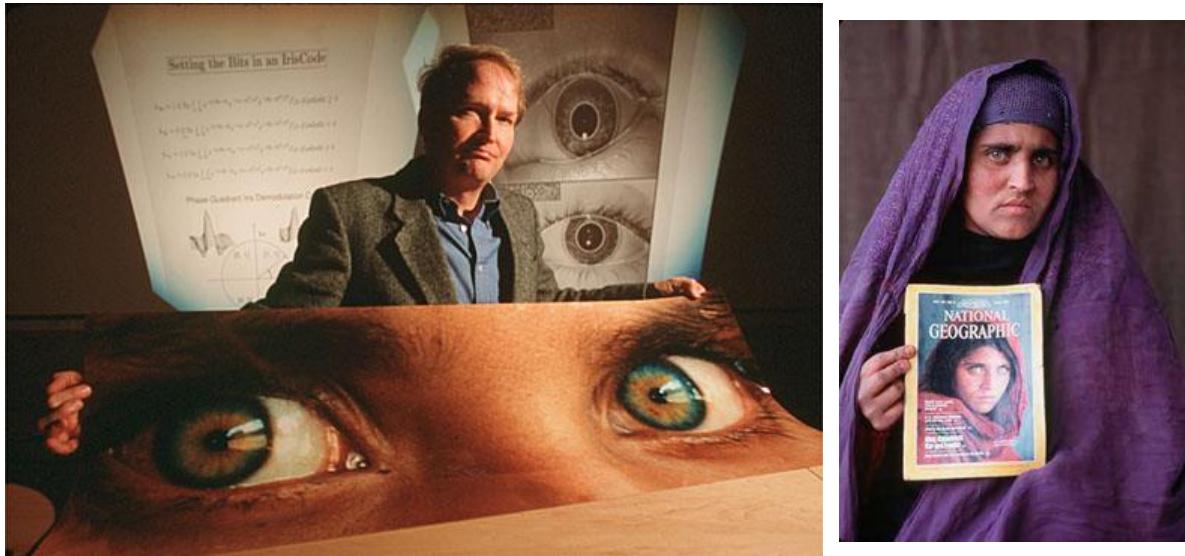
# Sharbat Gula

She is an Afghan woman made famous worldwide by a photograph taken by the American photographer Steve McCurry during the Soviet-Afghan conflict. Sharbat Gula was at the time in a refugee camp in Afghanistan. She was 13 years old and her image appeared on the cover of National Geographic in June 1985.



In 2002, Steve McCurry and a National Geographic team returned to search for the girl in the Nasir Bagh refugee camp in Pakistan, where the photo was originally taken. Through a series of contacts, a woman was identified as Sharbat Gula, but to ensure the certainty of Sharbat's identity, National Geographic made use of the recognition of the iris.

# Sharbat Gula

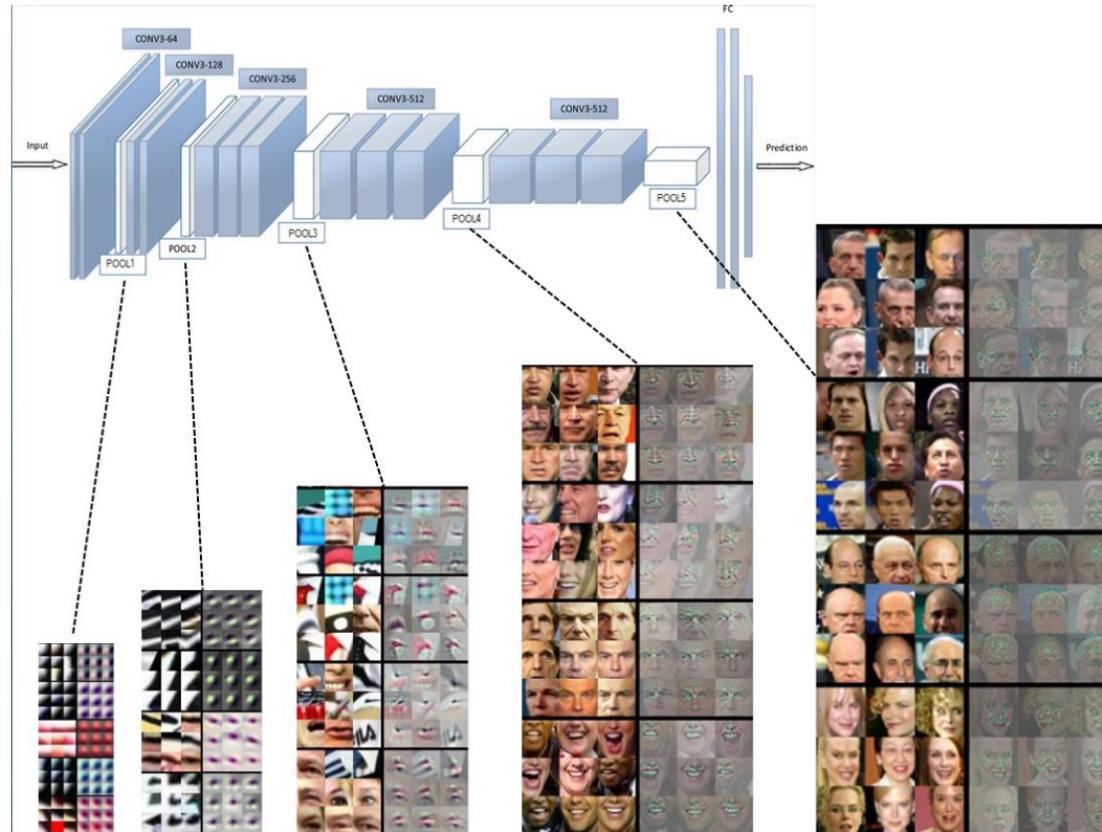


John Daugman, a professor of computer science at the University of Cambridge, used his biometric technique to show that the haunted eyes of the young Afghan refugee and the eyes of the adult Sharbat Gula belong to the same person.

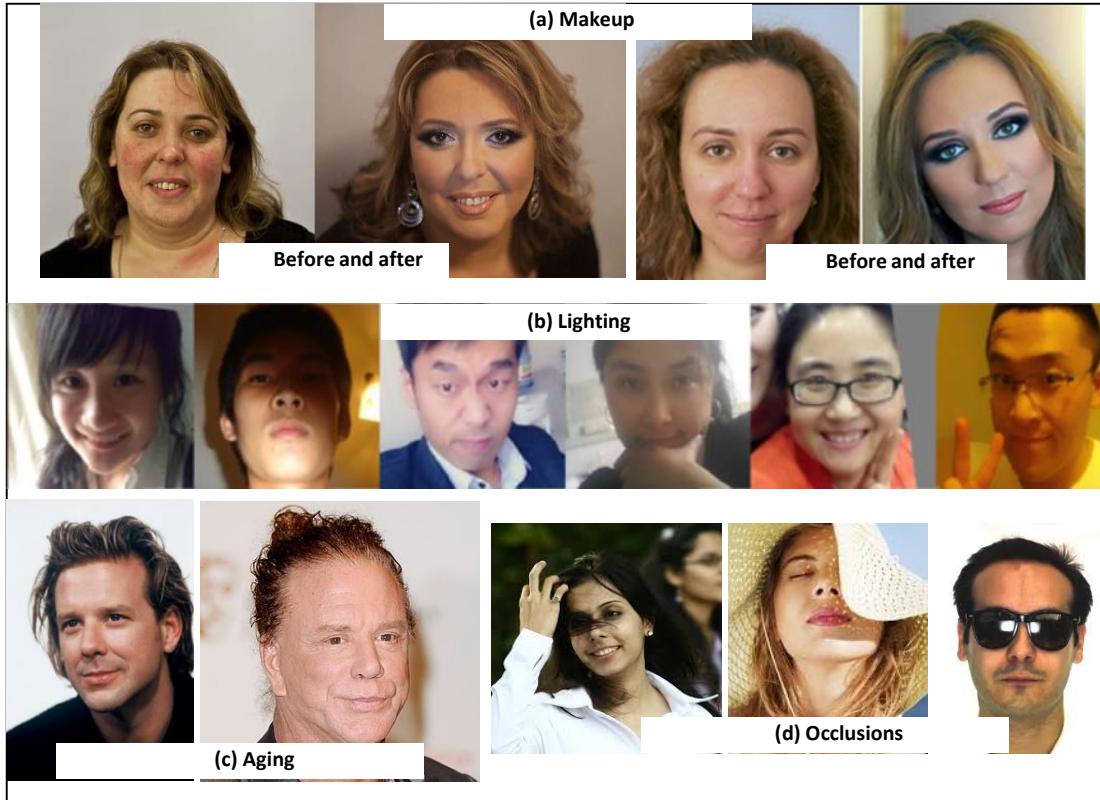


**Volto**

# Deep face recognition



# Principali problematiche



# Bassa resistenza agli attacchi



# The magic passport

M. Ferrara, A. Franco and D. Maltoni



**Abstract** - once upon a time there was a criminal; he was reading his e-mail when a banner caught his attention: low cost flights for the destination of his dreams! He had already started to book the trip when suddenly realized that, being wanted by the police, he could not use his passport without being arrested. What to do? He could not miss that opportunity, so he called a good friend and they started to think for a possible solution. Do you want to know if they succeeded? Read the rest of the paper and find it out...

# L'attacco



## Rilascio del passaporto

Morphed  
image



Accomplice



Regular  
passport  
with  
morphed  
face  
image

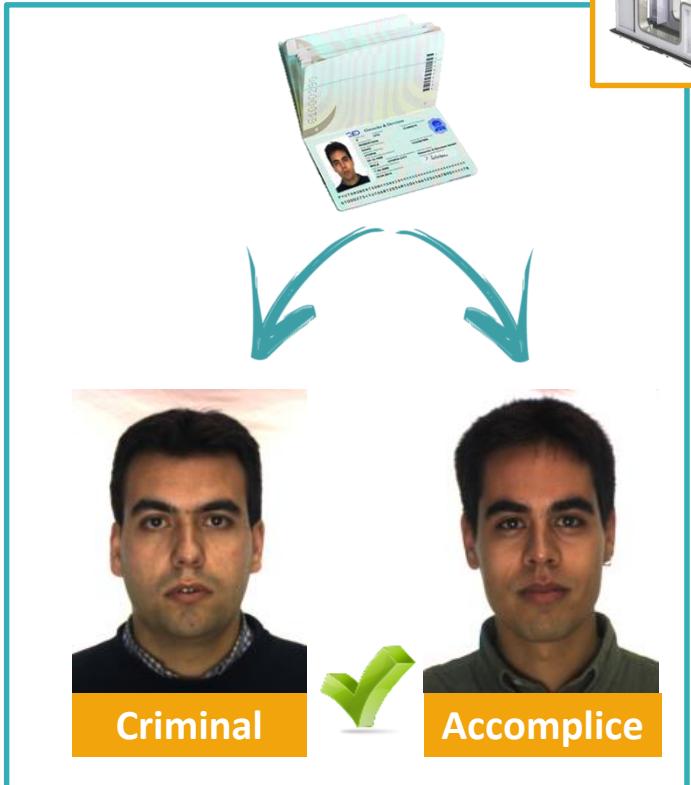
## Verifica al gate



Criminal



Accomplice



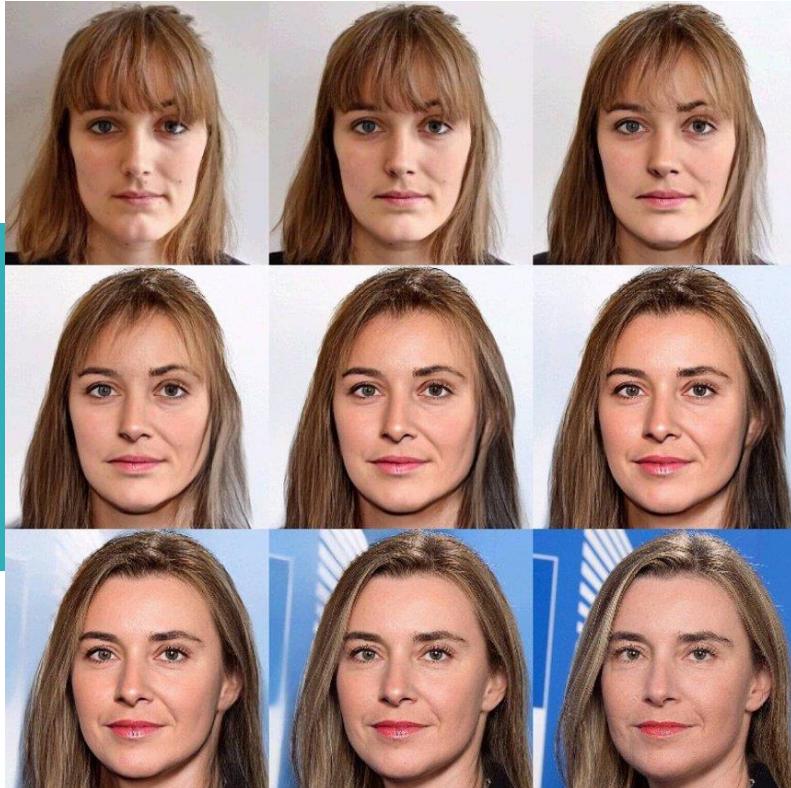


Nell'ottobre 2018, un gruppo di attivisti tedeschi ha utilizzato un'immagine morpheddi **Federica Mogherini** (Alto rappresentante dell'Unione europea per gli affari esteri e la politica di sicurezza) e un membro del loro gruppo per ottenere un autentico passaporto tedesco.

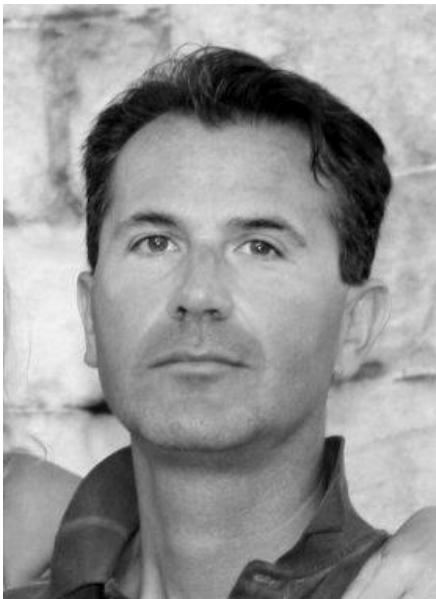
Lo stesso gruppo ha dichiarato che stavano inviando **passaporti "magici"** in Libia, per aiutare gli immigrati ad entrare ai confini dell'Europa.

# Il passaporto magico di Federica Mogherini

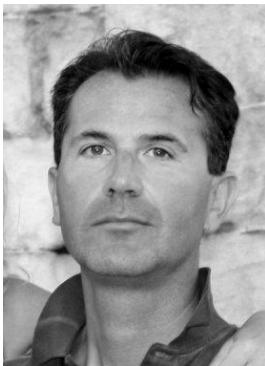
<https://mask.id/en/>



# Morphing: un esempio



# Un esempio: morphing automatico



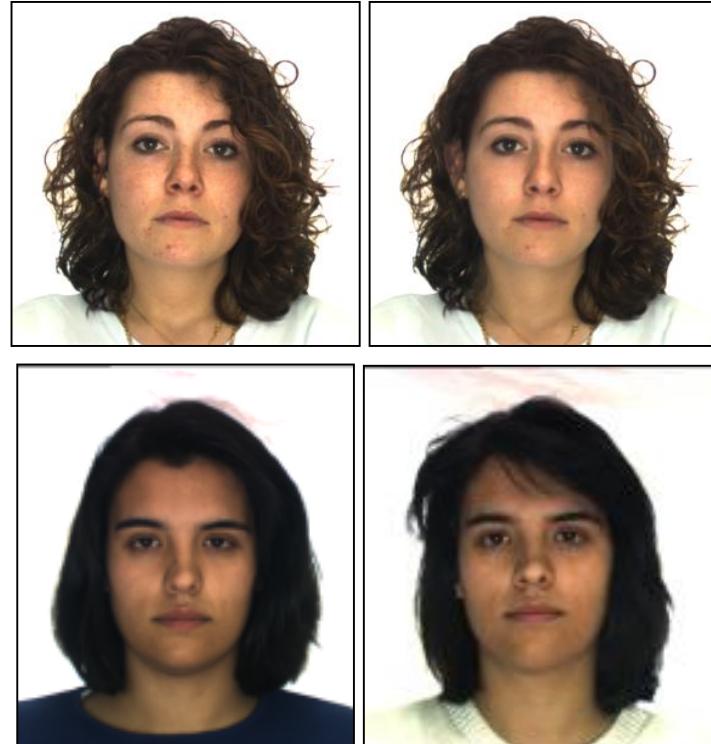
# Gli umani riescono a individuare il morphing?

Esperimenti condotti con due gruppi di volontari:

- esperti che lavorano nel settore (44 guardie di frontiera).
- non esperti: 543 persone.

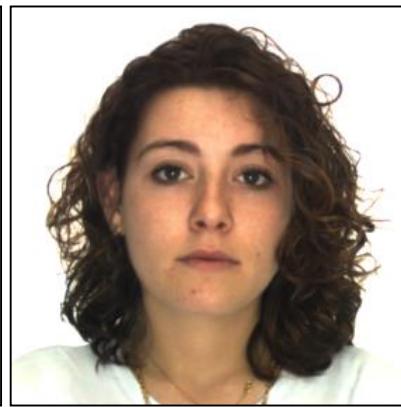
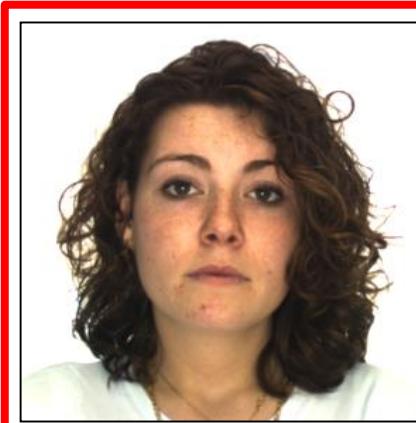
Il questionario includeva alcune coppie di immagini dello stesso soggetto in due diverse acquisizioni, altre contenevano un'immagine di un soggetto e un'immagine trasformata.

	Morphed images accepted as genuine	Genuine images rejected
Experts	74.92%	8.33%
Non-experts	57.44%	12.25%



# Live test

Real or morphed?



# Live test

Real or morphed?



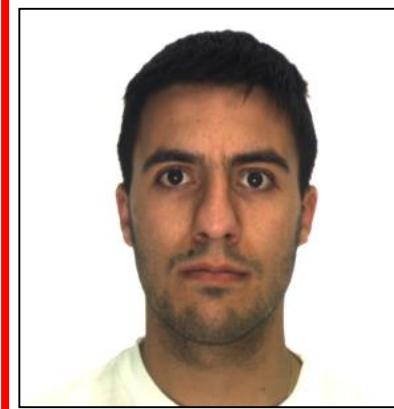
# Live test

Real or morphed?

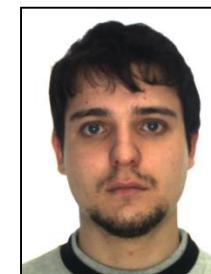
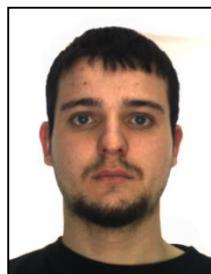
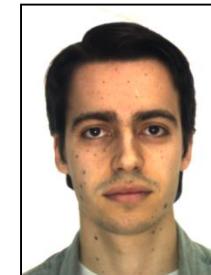


# Live test

Real or morphed?



# Software commerciali di riconoscimento



ID1

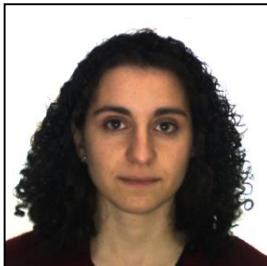
MORPH

ID2

TEST1

TEST2

# Software commerciali di riconoscimento



ID1

MORPH

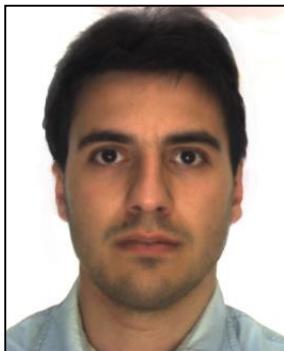
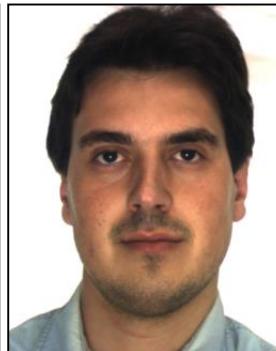
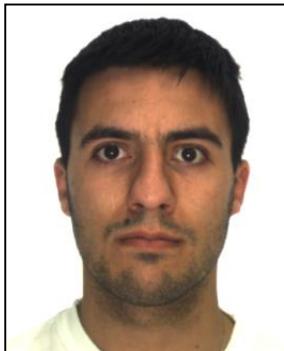
ID2

TEST1

TEST2



# Software commerciali di riconoscimento



# Software commerciali di riconoscimento

Test with commercial face recognition software, top-performing at NIST evaluations

Morphing (document image)



Criminal (at the gate)

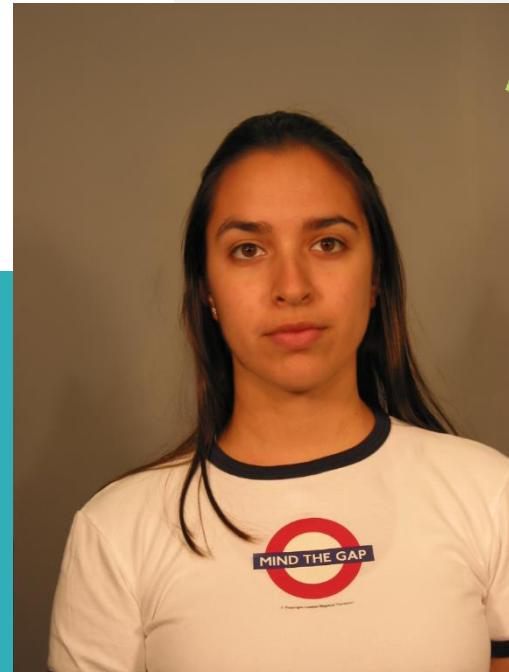


Some examples of failures

# Software commerciali di riconoscimento

Test with commercial face recognition software, top-performing at NIST evaluations

Morphing (document image)



Criminal (at the gate)



Some examples of failures



- La visione artificiale, il pattern recognition stanno acquistando un ruolo sempre più rilevante nella nostra società;
- In molteplici ambiti si presenta la necessità di supportare l'essere umano con tecniche automatiche di analisi di dati e immagini;
- Sono pochi i professionisti in grado di utilizzare consapevolmente le tecnologie esistenti o di progettare soluzioni innovative.



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI CESENA

# Annalisa Franco

Department of Computer Science and Engineering  
University of Bologna  
*annalisa.franco@unibo.it*