



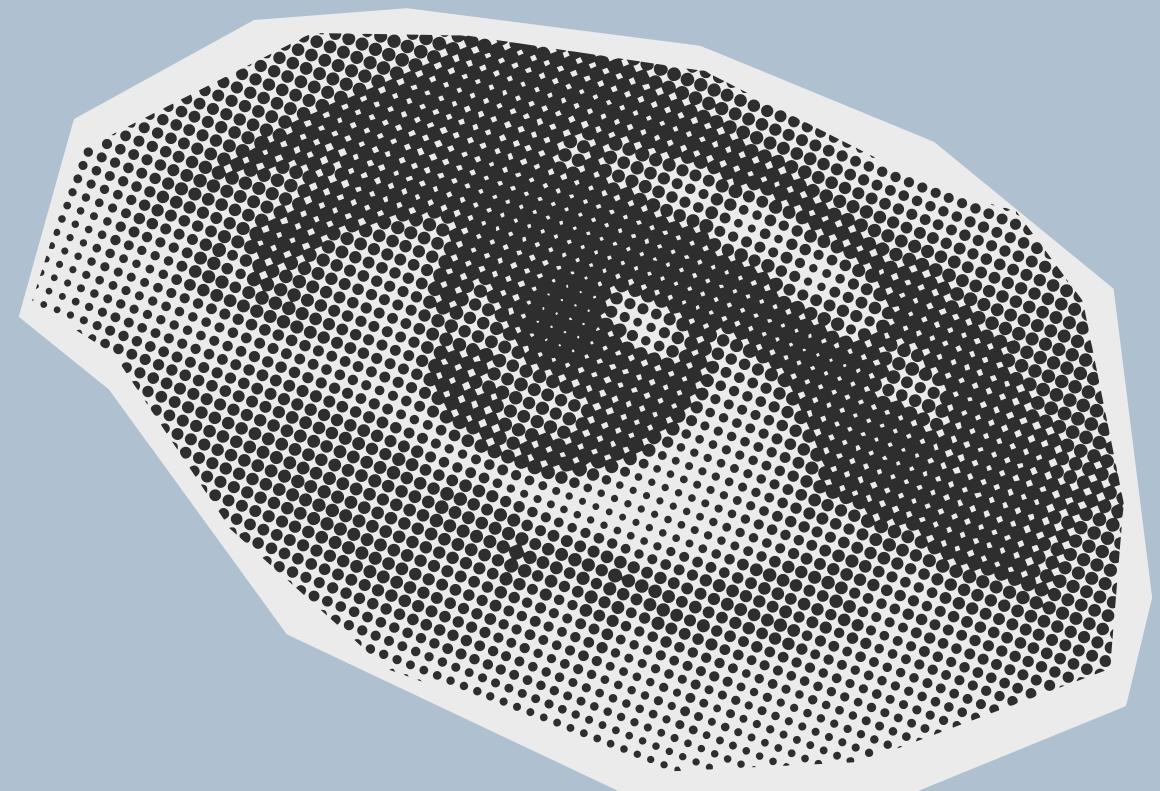
Università Statale di Milano

IRIS RECOGNITION

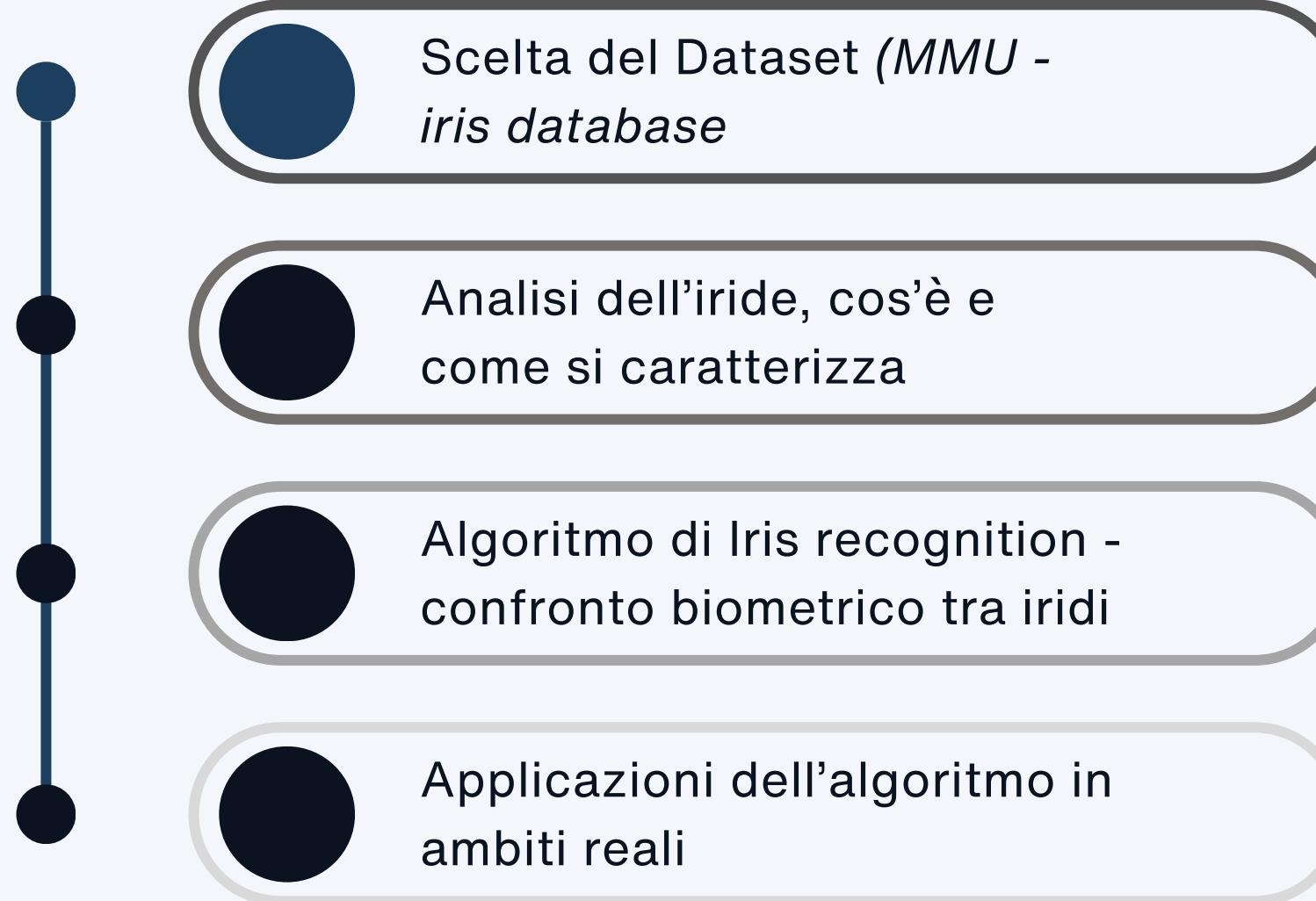
L'IRIDE: struttura, unicità e valore biometrico

Presented by:

Michele Celozzi, Giulia Porro, Rebecca Calore



IL PROGETTO



Il progetto parte dall'**analisi di un Dataset** composto dalle iridi di più di 200 persone (3 per persona);

L'**algoritmo di Iris recognition**, permette di confrontare, tramite una serie di parametri, gli iriscode dei campioni di riferimento e di restituire la distanza che separa i campioni stessi.

L'**obiettivo** è l'utilizzo dell'algoritmo in ambito di riconoscimento biometrico.

PERCHÉ STUDIARE L'IRIDE?



- 01 Regola la quantità di luce che entra nell'occhio → ruolo chiave nella percezione visiva.
- 02 L'occhio funziona come un sensore biologico che trasforma la luce in segnali elettrici.
- 03 È una struttura biologica estremamente complessa.
- 04 Oltre alla sua funzione fisiologica, è uno dei tratti biometrici più affidabili dopo il DNA.

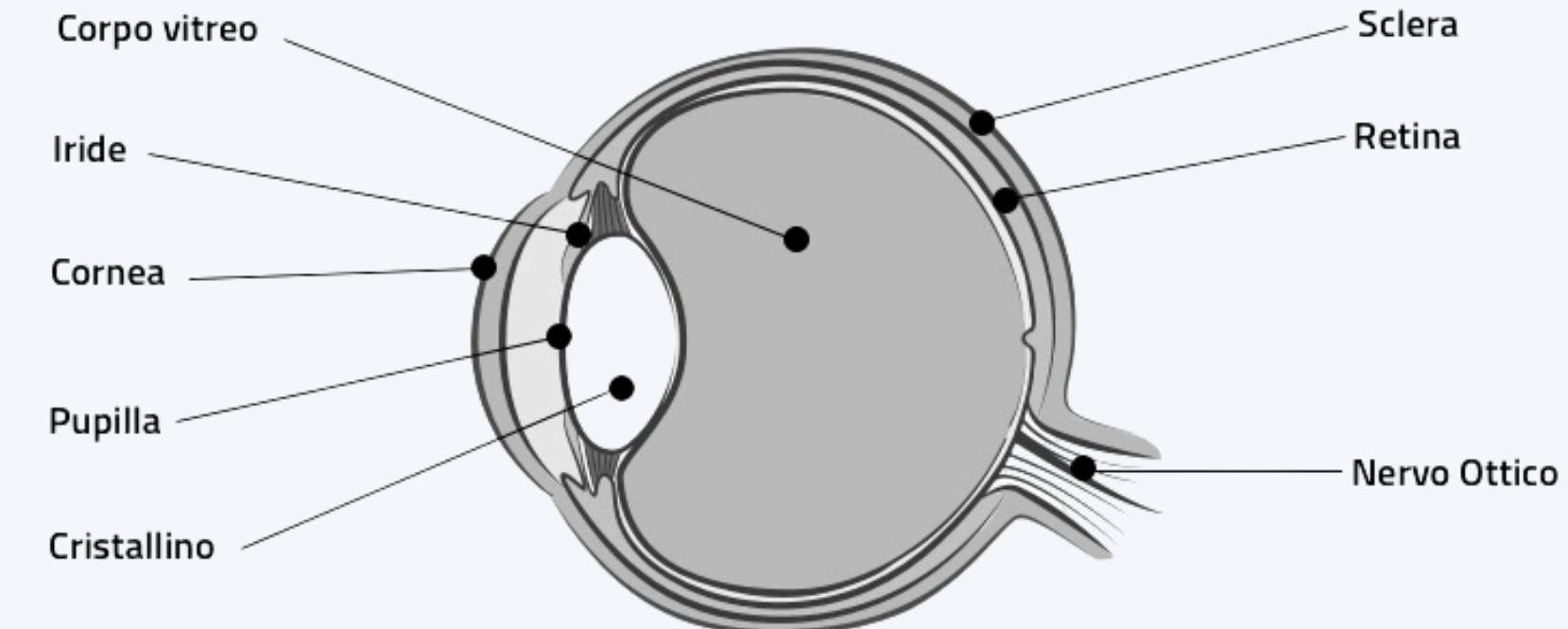


UNICITÀ E FORMAZIONE DELL'IRIDE

Cos'è l'iride e perché è unica

L'iride è una membrana muscolare pigmentata situata tra cornea e cristallino, che controlla la quantità di luce che entra nell'occhio e ne determina il colore.

La sua struttura nasce tra il terzo e il settimo mese di vita fetale, per poi stabilizzarsi definitivamente intorno ai due anni di età.



 Anche i gemelli monozigoti hanno iridi diverse
→ La formazione dell'iride segue processi non
completamente determinati dal DNA.



PERCHÉ L'IRIDE È UN TRATTO BIOMETRICO IDEALE

Nessuna iride è uguale a un'altra: è un tratto biologico irripetibile.

La sua struttura complessa e stabile nel tempo la rende perfetta per il riconoscimento biometrico. L'iride è protetta dalla cornea, non subisce usura e mantiene invariati i suoi pattern per tutta la vita, garantendo un'elevata discriminabilità tra individui e rendendo estremamente difficile qualsiasi tentativo di falsificazione.

-
- 01 Permanenza: non cambia significativamente nel tempo.

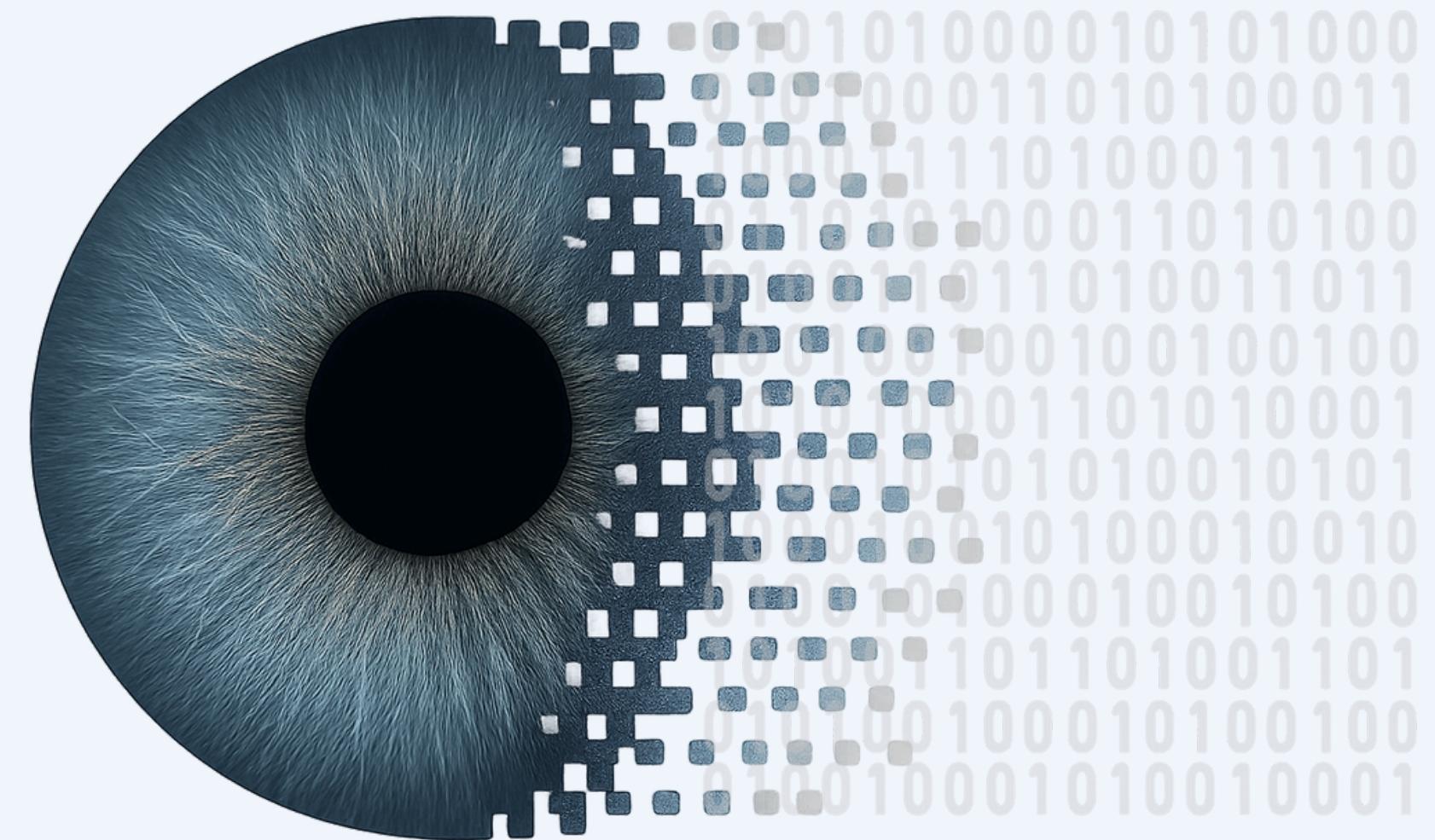
 - 02 Unicità: ogni iride è diversa, anche tra gemelli identici.

 - 03 Sicurezza: sistemi moderni verificano vitalità

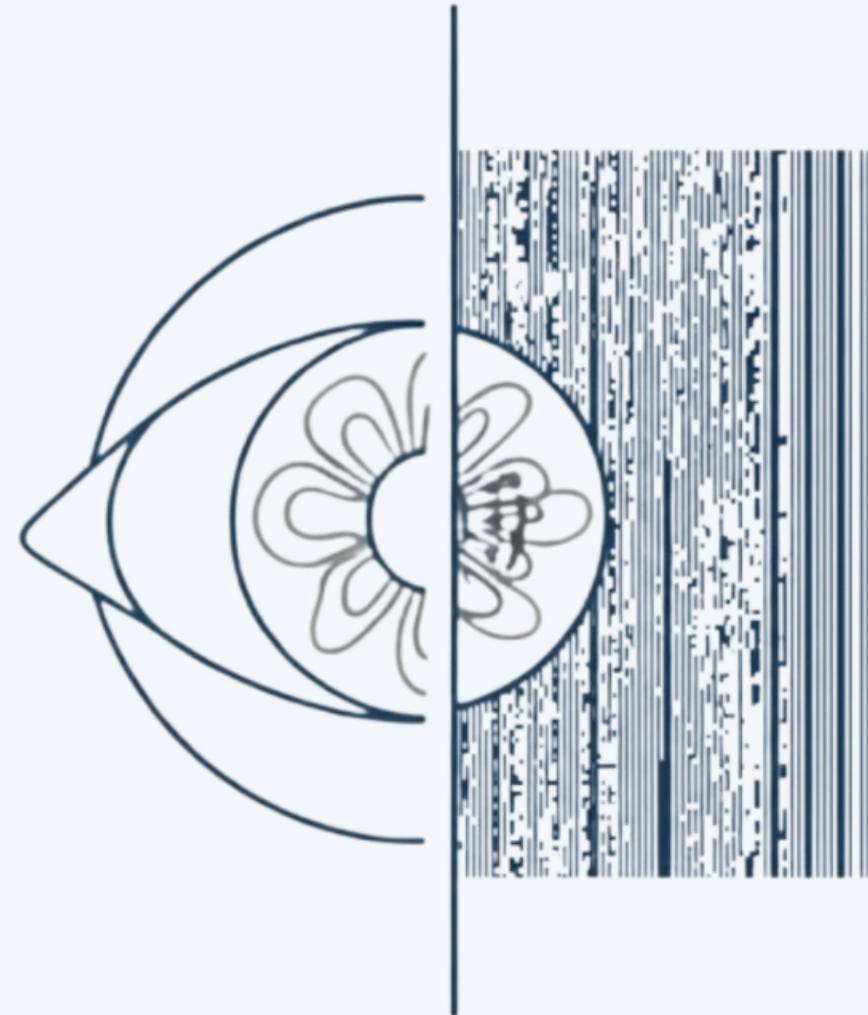
 - 04 Misurabilità: dettagli ben leggibili con luce infrarossa.
-

DALL'IRIDE ALL'IRISCODE

Dal pattern biologico al codice digitale



L'IRISCODE: CHE COS'È, COME FUNZIONA



L'IrisCode è una rappresentazione binaria

Questo codice descrive matematicamente la texture dell'iride, cioè le sue particolarità, e lo fa in modo così accurato e compatto da permettere un confronto estremamente preciso tra due iridi

01 Invariante rispetto alla luminosità, al contrasto e alla scala.

02 Cattura moltissimi livelli di dettaglio

03 Stabile nel tempo

JOHN DAUGMAN

L'IrisCode è il risultato del lavoro di John Daugman, un informatico e matematico americano.

Il contributo di Daugman è duplice:

ha ideato una metodologia per analizzare la texture dell'iride e trasformarla in un codice binario

ha definito una metrica di confronto, la distanza di Hamming, che permette di misurare quanto due IrisCode siano simili.



LUCE VISIBLE E LUCE INFRAROSSA

Il colore dell'occhio cambia con la luce, ma la sua texture no:
la luce Infrarossa rivela ciò che la luce visibile nasconde.

LUCE VISIBLE

- La melanina assorbe la luce visibile.
- Gli strati che compongono l'iride sono visibili.
- L'immagine contiene poche informazioni sulla tessitura.

LUCE INFRAROSSA

- La melanina riflette la maggior parte della luce infrarossa.
- La tessitura è più visibile.
- Più adatta in sistemi biometrici basati sul riconoscimento dell'iride

LE QUATTRO FASI DELL'ALGORITMO



L'intero processo è pensato per ridurre variazioni dovute a luce, distanza o geometria dell'occhio, garantendo un riconoscimento stabile e affidabile.

Ogni immagine attraversa un processo strutturato che permette di ottenere un template confrontabile.



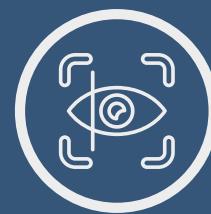
01. Pre-trattamento

03. Normalizzazione

02. Segmentazione

04. Matching

DALL'IMMAGINE DELL'OCCHIO ALL'IDENTIFICAZIONE DELLA PERSONA



Questo approccio permette un confronto robusto, indipendente da illuminazione, inclinazione o distanza dalla camera.



L'obiettivo del progetto è trasformare una semplice immagine dell'occhio in un codice numerico confrontabile. Il sistema non paragona direttamente le fotografie, ma estrae una rappresentazione standardizzata dell'iride chiamata IrisCode.

Confrontando due IrisCode possiamo stabilire se appartengono alla stessa persona:
codici simili → stessa identità
codici diversi → persone diverse

ISOLAMENTO DELL'IRIDE E TRASFORMAZIONE IN FORMATO STANDARD

Dal rilevamento della struttura dell'occhio alla sua conversione in una forma confrontabile

SEGMENTAZIONE

Individuiamo automaticamente la pupilla e il bordo dell'iride usando la trasformata di Hough.

Questo passaggio permette al sistema di isolare con precisione la regione dell'occhio che contiene l'informazione biometrica utile.

L'obiettivo è ottenere due cerchi concentrici, che delimitano perfettamente l'anello irideo.

NORMALIZZAZIONE TRAMITE RUBBER SHEET MODEL

L'anello dell'iride viene "srotolato" matematicamente in una mappa rettangolare 64×256 .

Questa operazione converte l'iride da forma circolare a forma lineare, mantenendo invariata la texture.

Grazie a questa trasformazione, tutte le iridi — nonostante dimensioni diverse, rotazioni, iper-dilatazioni o distanza dalla camera — vengono riportate allo stesso identico formato, pronto per l'estrazione delle caratteristiche.

ISOLAMENTO DELL'IRIDE E TRASFORMAZIONE IN FORMATO STANDARD

Dal rilevamento della struttura dell'occhio alla sua conversione in una forma confrontabile

ESTRAZIONE DELL'IRISCODE

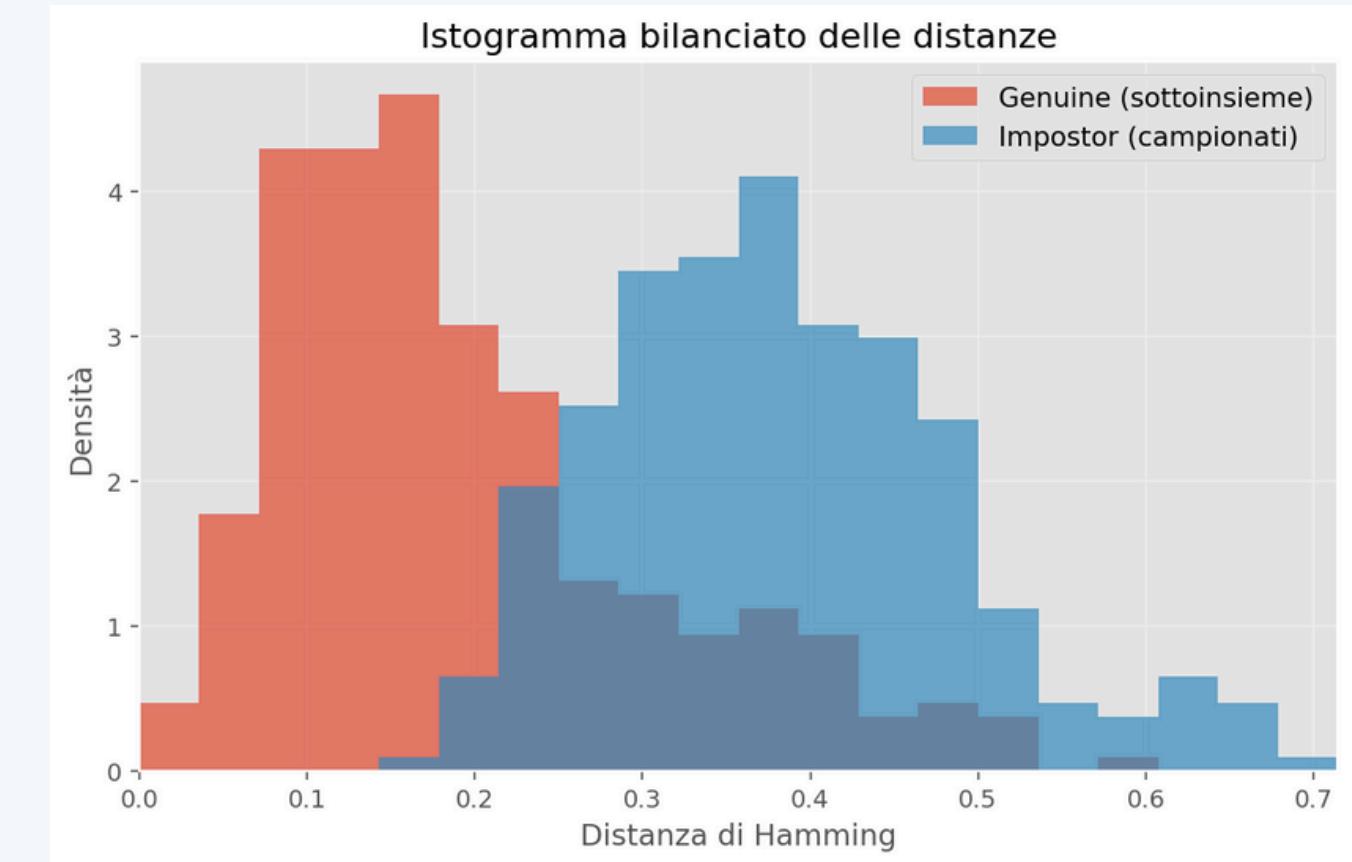
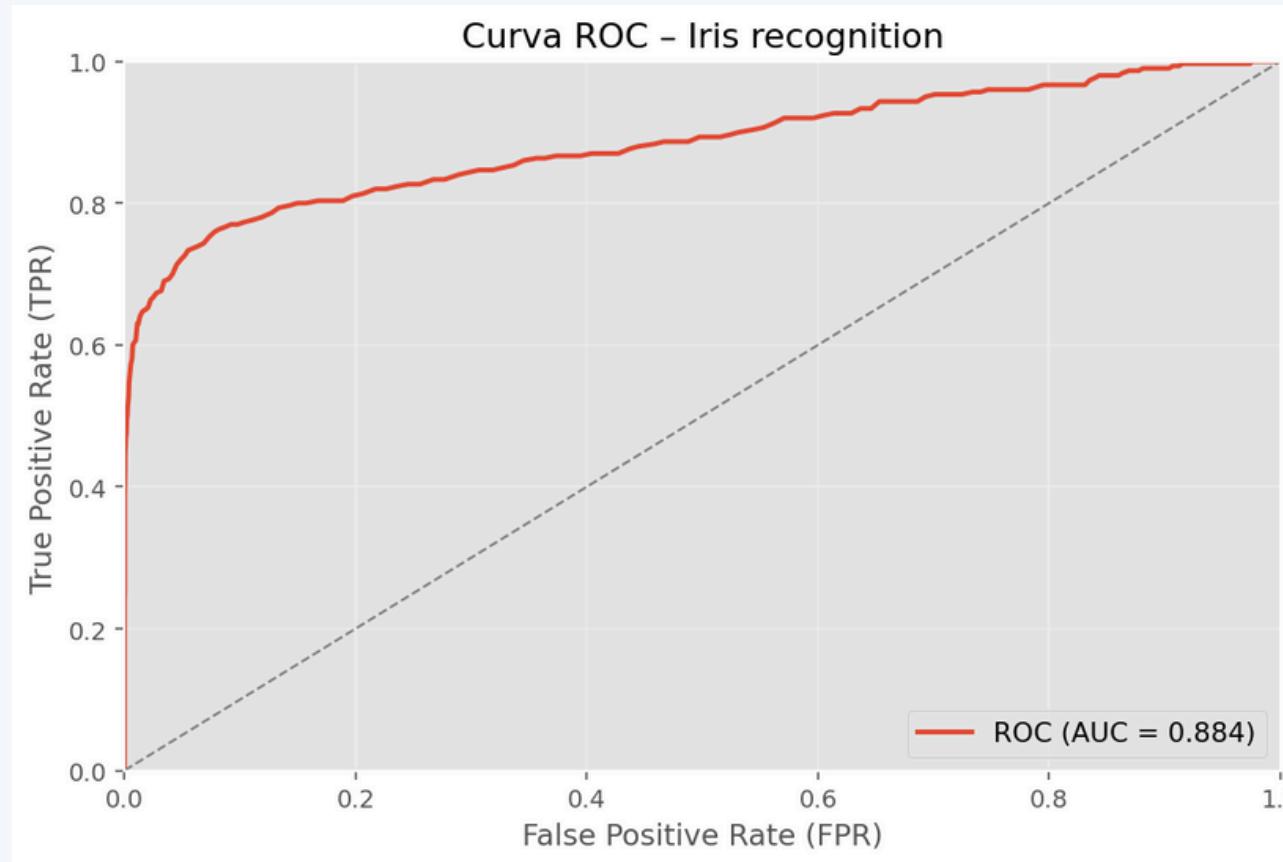
La mappa normalizzata viene elaborata con filtri di tipo Gabor, che evidenziano le variazioni e le strutture caratteristiche della texture dell'iride. A partire dai valori filtrati, ogni punto viene confrontato con la media globale e convertito in un bit, generando così l'IrisCode: un vettore binario compatto e distintivo che rappresenta in modo univoco la struttura dell'iride.

CONFRONTO TRAMITE DISTANZA DI HAMMING

Le due iridi vengono confrontate calcolando la distanza di Hamming, che rappresenta la percentuale di bit diversi tra i rispettivi IrisCode, considerando solo le zone affidabili indicate dalla maschera. Una distanza bassa significa che i due codici coincidono quasi completamente e quindi appartengono alla stessa persona, mentre una distanza alta indica pattern molto diversi e quindi persone differenti. Questa metrica è ideale per i codici binari perché è semplice, veloce da calcolare e robusta al rumore, rendendola particolarmente adatta al riconoscimento dell'iride.

DISTRIBUZIONE DELLE DISTANZE E PRESTAZIONI DEL SISTEMA

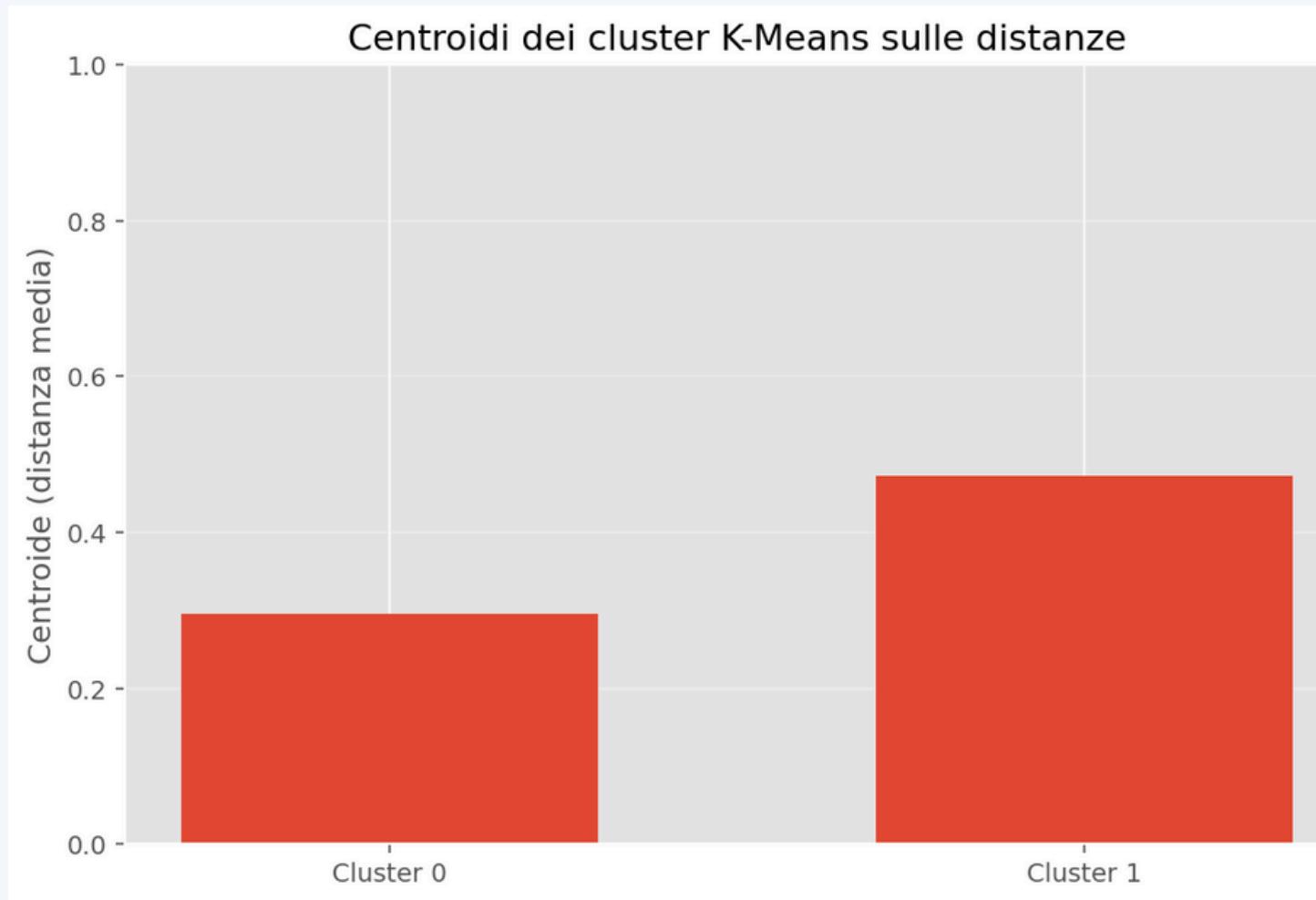
Analisi dei punteggi biometrici tramite distanza di Hamming



Le distanze genuine risultano significativamente più basse di quelle impostor, con una chiara separazione tra le due distribuzioni. La curva ROC conferma la buona qualità del sistema ($AUC = 0.884$), mostrando un'elevata capacità discriminante tra match corretti e non corrispondenze.

ANALISI NON SUPERVISIONATA DELLE DISTANZE CON K-MEANS

Interpretazione dei centroidi dei cluster



Il K-Means, applicato alle distanze di Hamming, individua due gruppi distinti:

- Cluster 0: centroide $\approx 0.30 \rightarrow$ distanze più basse, tipiche dei match plausibili.
- Cluster 1: centroide $\approx 0.47 \rightarrow$ distanze più alte, tipiche dei confronti tra individui diversi.

La separazione naturale dei centroidi mostra che i punteggi biometrici **non sono casuali**, ma formano due regioni ben definite.

AMBIENTI DI UTILIZZO



Sicurezza fisica



Sanità



Autenticazione informatica



Banche e finanza

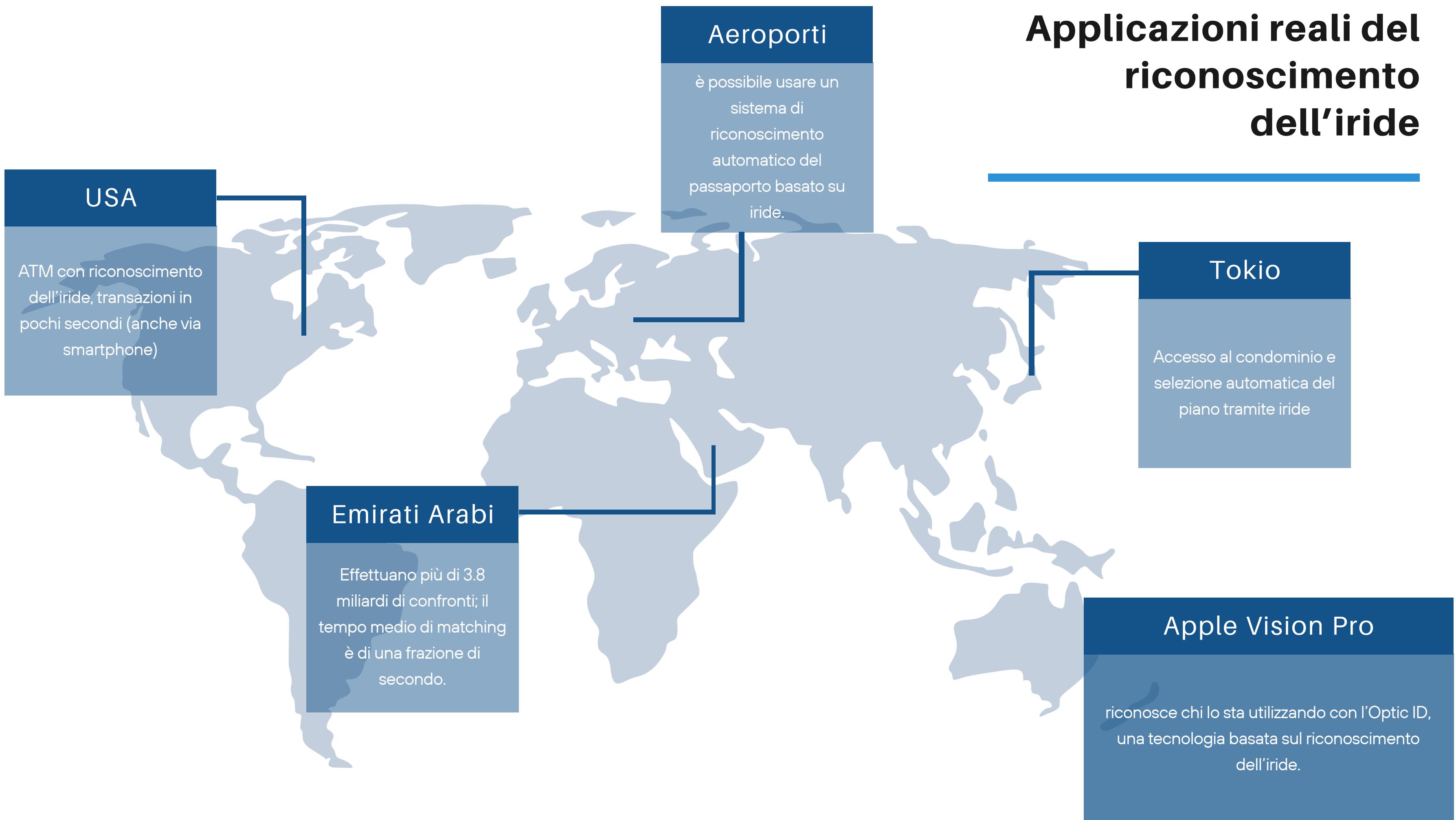


Controlli alle frontiere



Sicurezza domestica

Applicazioni reali del riconoscimento dell'iride



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Presented by:

Michele Celozzi, Giulia Porro, Rebecca Calore