



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Accelerometro del cellulare per riconoscere gesti convenzionali usati come passphrase

Facoltà di Ingegneria dell'Informazione, Informatica e Statistica
Corso di laurea in Informatica

Simone Boesso
Matricola 1800408

Boesso Simone

Relatore
Maria De Marsico

Maria De Marsico

A.A. 2019-2020

Ringraziamenti

Ringrazio la mia relatrice la professoressa De Marsico Maria per la disponibilità e la pazienza mostrata nel tirocinio.

Ringrazio la mia famiglia che mi ha permesso di intraprendere questo percorso universitario.

Ringrazio Carlo per il supporto che mi ha dimostrato.

Ringrazio infine gli amici che mi sono stati vicini nonostante le difficoltà del periodo in cui viviamo.

Indice

Capitolo 1

1. Introduzione 3

1.1 Biometrie 3

1.1.1 Metriche 4

1.2 Sensori smartphone 4

1.2.1 Accelerometro 5

Capitolo 2

2 MemGes 6

2.1 Tecnologia 6

2.2 Database 6

2.3 Funzionamento 7

Capitolo 3

3 Introduzione al Sistema biometrico 9

3.1 Introduzione 9

3.2 Esperimenti di identificazione 9

3.3 Esperimenti di verifica 11

Capitolo 4

4 Algoritmi 13

4.1 Algoritmo basato su una particolare fuzzy function 14

4.2 Dtw 17

Capitolo 5

5 Dataset 18

Capitolo 6

6 Sys_Bio 19

6.1 Test 19

6.1.1 Matching template 20

6.2 Esperimenti di identificazione 20

6.3 Esperimenti di verifica 20

6.4 Implementazione 22

Capitolo 7

7 Risultati 23

7.1 Identificazione 23

7.1.1 Dtw 23

7.1.2 Algoritmo basato su una particolare fuzzy function 28

7.2 Verifica 30

7.2.1 Dtw 30

7.2.2 Algoritmo basato su una particolare fuzzy function 40

7.1 Osservazioni 44

Capitolo 8

8 Conclusioni 46

8.1 Obbiettivi raggiunti 46

8.2 Sviluppi futuri 46

Bibliografia 47

1. Introduzione

L'utilizzo di biometrie per risolvere il problema dell'autenticazione si sta sempre più diffondendo.

Le tecniche utilizzate si basano su una caratteristica fisica o comportamentale che un utente possiede almeno per un periodo di tempo.

In particolare, il loro utilizzo potrebbe rendere l'autenticazione molto più semplice soprattutto quando vengono applicate a dispositivi mobili come gli smartphone.

Infatti i nostri smartphone possiedono una molteplicità di sensori che possono essere utilizzati per l'autenticazione biometrica.

Tirocinio

Il tirocinio è diviso in due parti: la prima parte verte sulla creazione di un'applicazione MemGes per telefono che permette l'acquisizione dei gesti da parte degli utenti.

La seconda parte si focalizza sulla creazione di test che vanno a dimostrare la validità di due algoritmi che possono essere utilizzati per l'autenticazione di utenti.

Gli algoritmi che andiamo a testare sono: il Dtw tradizionale e un algoritmo basato su una particolare fuzzy function.

Nella parte finale andremo a mostrare i risultati ottenuti, evidenziando le osservazioni che si possono dedurre.

1.1 Biometrie

Le biometrie sono delle caratteristiche che possiamo utilizzare per identificare gli individui. Si basano sull'assunzione che alcuni tratti estraibili sono degli identificatori perfetti e che quindi permettono l'identificazione.

Le biometrie possono dividersi in tre tipi:

- **biological biometrics**
- **morphological biometrics**
- **behavioral biometrics**

Biological biometrics sono le biometrie che utilizzano tratti genetici e molecolari. Quindi per esempio le biometrie che utilizzano il dna.

Morphological biometrics si basano sulla struttura del corpo, quindi tratti fisici come gli occhi, l'impronta o la forma della faccia.

Infine **behavioral biometrics** usano pattern di comportamento unici per ogni persona. Per esempio come una persona cammina, parla o clicca sulla tastiera.

L'utilizzo delle biometrie ha **due principali vantaggi**. Le biometrie appartengono all'utente quindi sono **sempre disponibili** ogni qualvolta l'utente ne abbia bisogno. Soprattutto sono **più difficili da rubare** rispetto alle normali password.

1.1.1 Metriche

Le biometrie possono essere utilizzate in due modalità: identificazione e verifica.

La **verifica** si ha quando il soggetto dichiara la sua identità. Si effettua un confronto tra probe e template corrispondente presente nell'archivio. L'**identificazione** si ha quando il probe viene confrontato con tutti i template presenti nel database del sistema e viene poi associato a quello con le caratteristiche più simili.

In queste due modalità sono necessarie delle metriche per misurare la performance della tecnica utilizzata:

Verifica

- **False Accept Rate (FAR)**: la curva che misura la percentuale di tentativi ingannevoli che sono stati considerati come ammissibili;
- **False Reject Rate (FRR)**: la curva che riporta la percentuale di tentativi genuini che sono stati rifiutati;
- **Receiver operating characteristics (ROC)**: la curva che rappresenta la capacità di distinguere tentativi genuini da tentativi ingannevoli;
- **Equal error rate (EER)**: la percentuale che si ottiene quando il valore di FAR è uguale al valore di FRR;

Identificazione

- **Cumulative match characteristic (CMC)**: la curva che riporta per ogni rango k (posizione nella lista ordinata dei candidati) la percentuale di probe riconosciuti entro quel rango

1.2 Sensori Smartphone

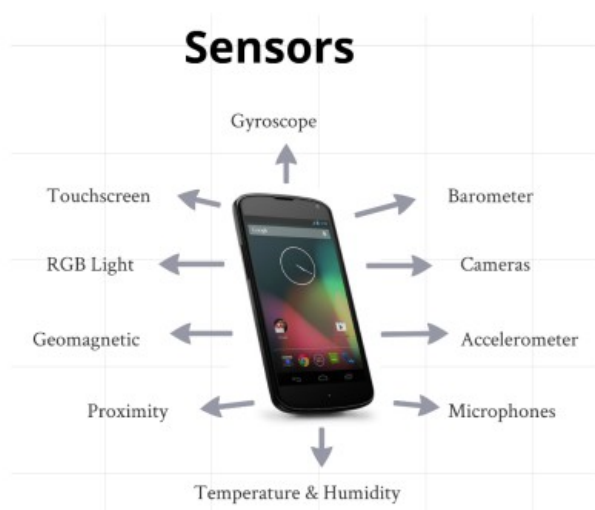


Figura 1. Sensori Smartphone Immagine tratta da "A Roadmap to Continuous Biometric Authentication on Mobile Devices Marlies Rybníček, Christoph Lang-Muhr, Daniel Haslinger Institute of IT Security Research St. Pölten University of Applied Sciences St. Pölten, Austria"

L'utilizzo di tecniche di autenticazione basate su biometrie è particolarmente facilitato per quanto riguarda gli smartphone moderni. Infatti in questi dispositivi abbiamo a disposizione una serie di sensori che si possono utilizzare per estrarre i dati che ci servono come mostrato in **Figura 1**.

1.2.1 Accelerometro

Tra i sensori più diffusi presenti oggi negli smartphone abbiamo l'accelerometro(**Figura 2**).

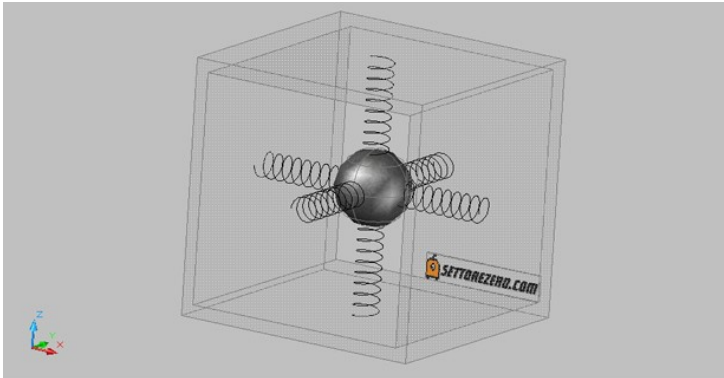


Figura 2. Accelerometro Immagine tratta da <https://www.settozero.com/wordpress/cosa-sono-come-funzionano-e-a-cosa-servono-gli-accelerometri/>

L'accelerometro è uno dei più comuni sensori che possiamo trovare nei nostri smartphone, questo sensore permette di calcolare l'accelerazione di un movimento sui tre assi. Possiamo pensare all'accelerometro come ad una sfera circondata da molle. Quando il cubo si muove si provoca uno spostamento della sfera e quindi una compressione delle molle. La misurazione di questa compressione permette di calcolare l'accelerazione lungo l'asse.

2 MemGes

La prima parte del tirocinio verte sulla costruzione di un'applicazione per smartphone che permette la registrazione dei gesti da parte degli utenti.

2.1 Tecnologia

L'applicazione per il telefono è stata sviluppata utilizzando **Android Studio** con **Java**. Per il suo sviluppo si utilizza la libreria **openCSV** che permette una gestione semplificata dei file che utilizziamo per memorizzare i gesti. Inoltre l'applicazione si basa sul metodo **onSensorChanged()** per gestire gli eventi che riceviamo dall'accelerometro.

Android Studio fornisce diverse funzionalità che facilitano l'implementazione dell'applicazione. In particolare il suo **emulatore**, che permette di lanciare l'applicazione direttamente da desktop.

2.2 Database

Il database raccolto è costituito da un insieme di file csv. Avremo un file per ogni gesto acquisito. Il file di registrazione gesto è caratterizzato da un nome così definito:

id_sessione_figura_ripetizione

Id è un intero compreso da 0 al numero totale di utenti-1.

Sessione è un intero compreso da 1 a 3

Figura è un dominio di due stringhe ("cerchio/rettangolo")

Ripetizione è un dominio composto dagli interi compresi da 0 a 2

Ogni utente parteciperà a 3 sessioni, in ognuna di esse ripeterà per 3 volte il gesto in cui si esegue una figura cerchio e per 3 volte il gesto in cui si esegue una figura rettangolo. Quindi ogni qualvolta si inserirà una nuova ripetizione di un gesto, l'applicazione andrà a creare il file corrispondente andando ad inserire nei campi sopracitati i valori corrispondenti alla sessione, alla ripetizione e alla figura corrente.

Struttura file Gesto

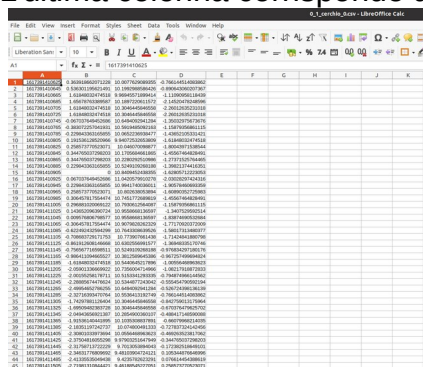
Ogni file è composto da 4 colonne (**Figura 3**):

La prima colonna corrisponde ad una chiave che permetta l'identificazione dei tre valori (timestamp);

La seconda colonna corrisponde al valore dell'accelerometro sull'asse X;

La terza colonna corrisponde al valore sull'asse Y;

L'ultima colonna corrisponde al valore sull'asse Z.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
2	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
3	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
4	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
5	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
6	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
7	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
8	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
9	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
10	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
11	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
12	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
13	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
14	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
15	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
16	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
17	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
18	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
19	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
20	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
21	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
22	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
23	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
24	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
25	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
26	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
27	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
28	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
29	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
30	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
31	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
32	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
33	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
34	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
35	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
36	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
37	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
38	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
39	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
40	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
41	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
42	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
43	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
44	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
45	1511111111	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000

Figura 3. File Gesto

File database.csv

L'applicazione utilizzerà inoltre un file database.csv in cui verranno memorizzati tre record per ogni utente che verranno aggiornati ad ogni nuova sessione.

Id sessione istante

Id è l'id associato ad ogni utente al momento della prima sessione;

Sessione è il numero di sessioni compiute;

Istante è il timestamp dell'ultima sessione effettuata.

In particolare il timestamp verrà utilizzato per effettuare un controllo nel momento dell'acquisizione di una nuova sessione.

Ogni sessione dovrà essere distanziata di almeno 24 ore.

2.3 Funzionamento

L'utente accede all'applicazione (**Figura 4**).

Al momento della prima sessione, riceverà un **id** che lo identifica.

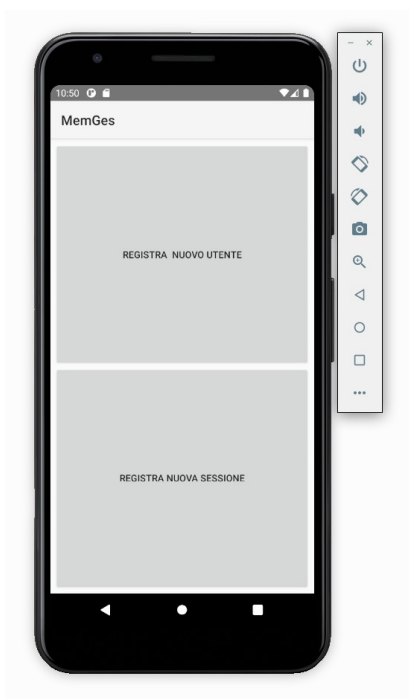


Figura 4. L'interfaccia con cui l'utente interagisce al momento in cui accede all'applicazione.

Utilizzerà il **pulsante fisico** che serve ad incrementare il volume per iniziare la registrazione, mentre il pulsante fisico che serve a diminuire il volume verrà utilizzato per terminare la registrazione.

Una volta terminata la sessione, quindi quando l'utente ha inserito 3 volte un gesto cerchio e 3 volte un gesto rettangolo allora avverrà l'aggiornamento del file database.csv.

Registrazione nuova sessione

Qualora un utente sia già registrato allora utilizzerà il suo id per inserire una nuova sessione. **(Figura 5)**

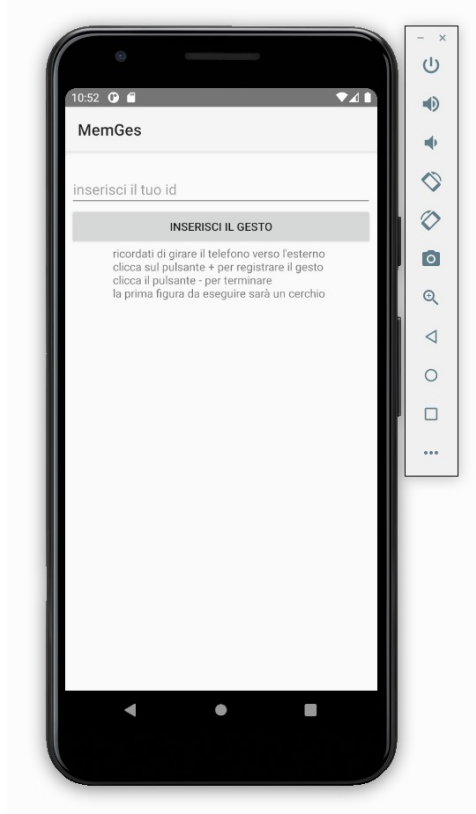


Figura 5. L'interfaccia con cui l'utente interagisce quando deve inserire il suo id.

Limite Registrazione Gesto

Il gesto non potrà avere una durata maggiore di 6 secondi, qualora la sua durata superi questo tempo limite, l'applicazione provvederà a troncare il gesto, rendendolo della dimensione voluta.

L'applicazione registrerà quindi gesti con una durata massima di 6 secondi.

Le motivazioni di questa scelta sono due:

- Un gesto semplice verrà completato generalmente con un tempo inferiore a 6 secondi;
- la tecnica di autenticazione basata su una particolare fuzzy function è utilizzata attraverso un metodo che viene applicato su vettori che hanno una lunghezza di 300 valori. L'applicazione svilupperà memorizzerà tre valori dai tre assi ogni 20 millisecondi, costruendo in 6 secondi i vettori della dimensione voluta. Qualora l'utente termini il gesto precedentemente ai 6 secondi allora attraverso un'operazione spiegata successivamente riusciremo ad estendere i vettori a 300 valori.

3 Introduzione al Sistema biometrico

3.1 Introduzione

Un sistema biometrico è caratterizzato da due fasi:

- **Enrollement**
- **Riconoscimento**

Enrollement

La fase di enrollement ha lo scopo di ottenere i template degli utenti.

Ovvero creare un dataset contenente tutti i template che serviranno a confrontare i vari probe negli esperimenti.

Un template è un insieme di dati che serve a identificare un utente.

Riconoscimento

La fase invece di riconoscimento consiste nella verifica dell'identità o nella identificazione di un utente usando una certa applicazione.

Fase di test e fase operativa:

Dobbiamo distinguere due fasi:

- **Fase di test:** si utilizza un insieme di prova per misurare le prestazioni che si possono ottenere. In questa fase si effettuano un numero sufficientemente grande di operazioni per poi valutare statisticamente le performance.
- **Fase operativa:** fase che avviene successivamente alla fase di test e in cui si effettua una sola operazione e non si ha la ground truth.

Tipologie di esperimenti

Si effettuano 2 tipi di esperimenti:

- in verifica
- in identificazione

3.2 Esperimenti di identificazione

Gli esperimenti di identificazione possono essere svolti in diversi contesti:

- **Closed set**
- **Open set**

In entrambe le tipologie si andranno a fare molti confronti con tutti i template della gallery e si restituirà un array ordinato di valori di distanza dal probe.

In contesto closed set l'esperimento che viene effettuato utilizza un partizionamento in cui ogni file probe che utilizzeremo avrà almeno un template dello stesso utente in gallery (**Figura 6**).

In un contesto open set il partizionamento non fornisce questa caratteristica. Inoltre si basa su un threshold che determina quali match possono considerarsi corretti.

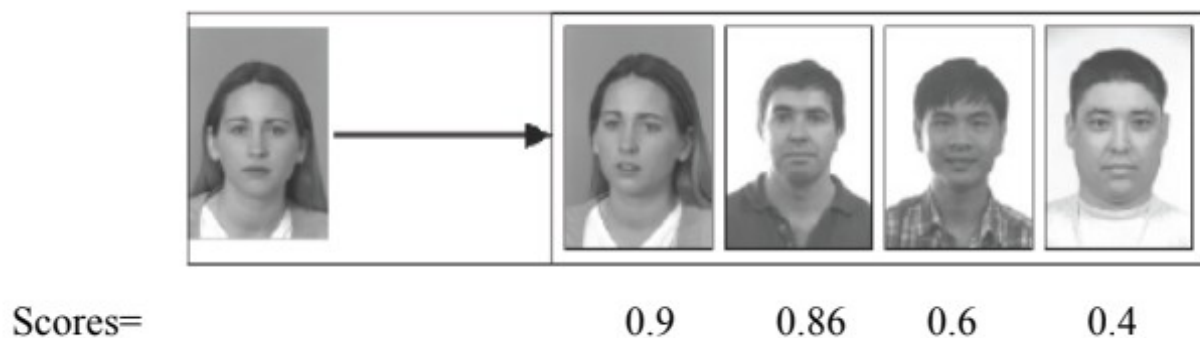


Figura 6. Esempio di scores generati da un'operazione di identificazione in contesto closed set.

Identificazione closed-set e curva CMC.

In questo studio andremo a misurare le prestazioni in un contesto closed-set e utilizzeremo come metrica di valutazione delle prestazioni la curva CMC(**Figura 7**). Questa curva misura la percentuale di riconoscimenti corretti nelle prime k posizioni(ranghi).

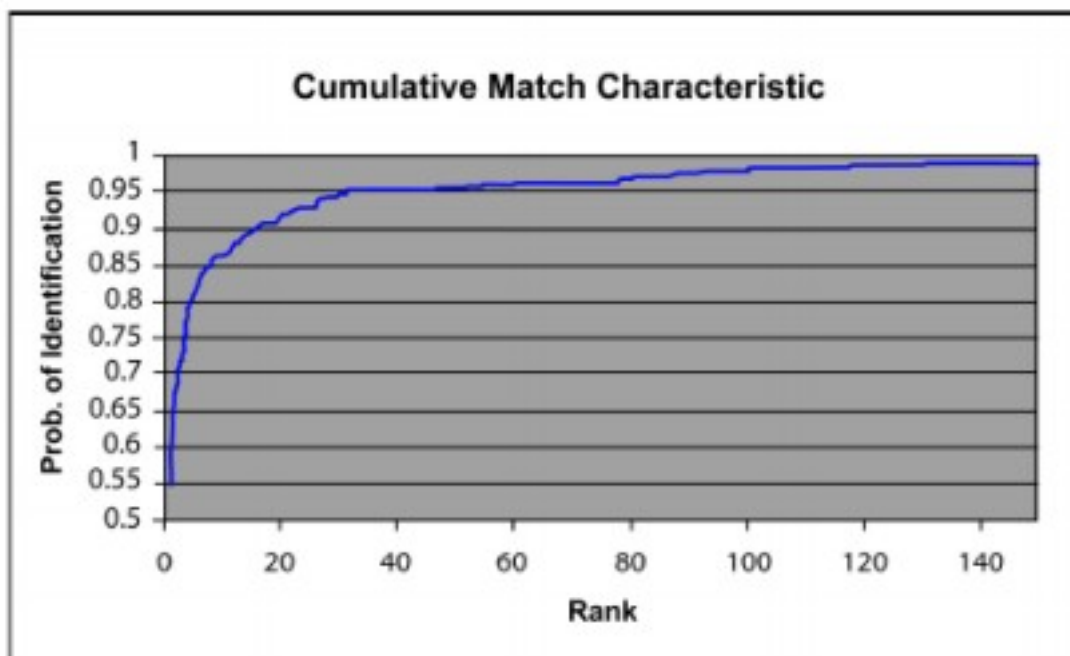


Figura 7. CMC

3.3 Esperimenti di verifica

Gli esperimenti di verifica invece si basano su un **threshold**, una soglia di somiglianza che deve essere soddisfatta affinché il tentativo di autenticazione possa considerarsi come ammissibile.

In questo caso quindi il sistema prenderà un file probe e una identità dichiarata e lo confronterà soltanto con uno o più template appartenenti all'identità dichiarata nella gallery.

Se il confronto genera un valore che soddisfa il threshold allora il sistema lo considera ammissibile.

Il threshold quindi è un valore che influenzerà il comportamento del sistema ad ogni tentativo di autenticazione.

Verifica e curve FAR,FRR,ROC e valore AUC

Le metriche che verranno utilizzate in questo studio per misurare le prestazioni in verifica sono:

- **EER**
- **ROC**

EER

L'EER è il punto di intersezione tra la curva FAR e la curva FRR (**Figura 8**)

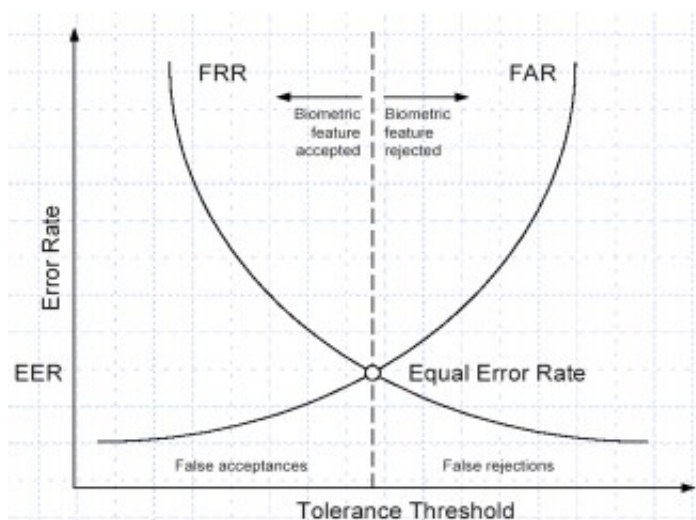


Figura 8. EER

La curva FAR misura la percentuale di tentativi ingannevoli che sono stati considerati ammissibili dal sistema al variare del threshold.

Sia **FA** il numero di tentativi ingannevoli considerati come ammissibili.

Sia **TI** il numero di tentativi ingannevoli che sono stati effettuati.

Ogni punto della curva FAR è calcolato con la seguente espressione:

$$\text{FAR} = \text{FA} / \text{TI}$$

La curva FFR descrive la percentuale di tentativi genuini che sono stati considerati non ammissibili al variare del threshold.

Sia **FR** il numero di tentativi genuini non ammessi

Sia **TG** il numero di tentativi genuini che sono stati effettuati

Ogni punto della curva FFR è calcolato con la seguente espressione:

$$\text{FRR} = \text{FR} / \text{TG}$$

ROC

La ROC è una metrica che fornisce la misura della capacità del sistema di distinguere tra falsi positivi e veri positivi (**Figura 9**).

Infatti la ROC è tracciata andando a trovare il GAR(1-FRR) e il FAR al variare del threshold.

La sua **area al di sotto della curva** mostrerà la capacità del sistema per ogni threshold (**AUC**).

La curva ROC ha due punti fissi ovvero (0,0) e (1,1), e possiamo definire due curve all'interno di essa che permettono la visualizzazione di due condizioni.

La curva che taglia il grafico a 45 gradi rappresenta il caso del classificatore casuale.

Mentre la curva che sale al punto (0,1) e arriva a (1,1) rappresenta il classificatore perfetto.

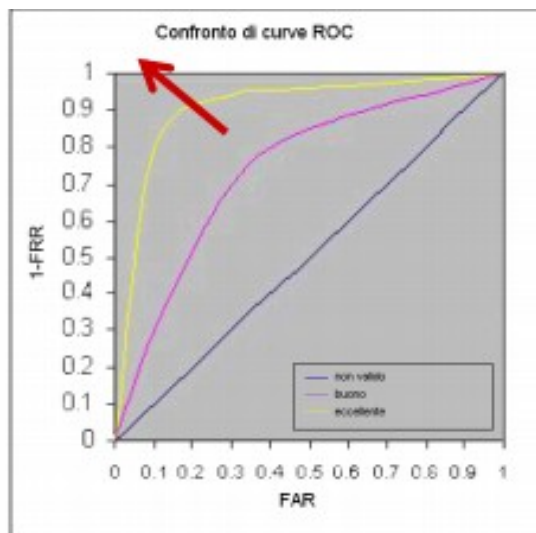


Figura 9. ROC

4 Algoritmi

Il grado di somiglianza tra un probe e un template verrà calcolato utilizzando degli appositi algoritmi.

Lo studio si focalizzerà su due algoritmi:

- **Dtw**
- **Algoritmo basato su una particolare fuzzy function**

Questi due algoritmi verranno applicati ai segnali ottenuti lungo i 3 assi nella fase di acquisizione (**Figura 10, Figura 11, Figura 12**)

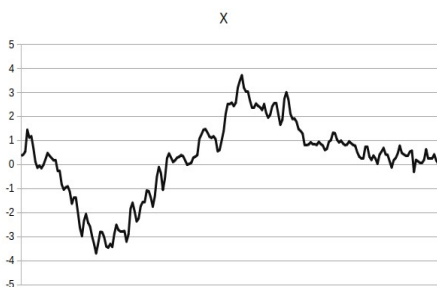


Figura 10. Accelerazioni
estratte da un sample sull'asse X



Figura 11. Accelerazioni
estratte da un sample sull'asse Y

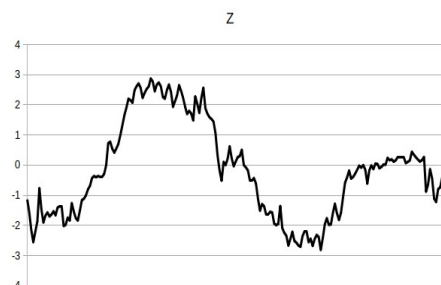


Figura 12. Accelerazioni
estratte da un sample sull'asse Z

4.1 ALGORITMO BASATO SU UNA PARTICOLARE FUZZY FUNCTION

Questo algoritmo è stato trovato nell'articolo "Authentication in mobile devices through hand gesture recognition" J. Guerra-Casanova · C. Sánchez-Ávila · G. Bailador · A. de Santos Sierra.

In questo articolo si mostra come l'utilizzo di questo metodo sia performante in termini di EER.

Questo algoritmo è composto da 3 fasi:

1. Global sequence alignment algorithm;
2. Optional interpolation of aligned signals;
3. Quantification of differences of the aligned signals.

Global sequence alignment algorithm

Nella prima fase, si crea una matrice mxm dove m è la lunghezza dei vettori.

Assumiamo infatti che i vettori abbiano la stessa dimensione perché attraverso un inserimento di 0 li estenderemo fino a farli diventare di 300 valori qualora già non lo siano.

Si inizierà M[1,1]=0 e M[1,t]=t*h e M[t,1]=t*h con t da 2 a m.

Tutte le altre celle rimanenti verranno riempite utilizzando l'equazione 1.

$$M_{i,j} = \max \begin{cases} M_{i,j-1} + h \\ M_{i-1,j-1} + \delta \\ M_{i-1,j} + h \end{cases} \quad (1)$$

Il movimento diagonale corrisponderà all'associazione tra due punti selezionati in modo crescente sui rispettivi segnali, e questo movimento dipenderà dal parametro fuzzy.

Il parametro fuzzy si ottiene dall'equazione 2

$$\delta = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

dove $\mu = a_{i-1}$ e $x = b_{j-1}$ quindi μ e x sono i valori precedenti in base ai quali $M(i, j)$ viene calcolato.

Questo valore quindi sarà compreso da 0 a 1.

Nell'articolo si mostra come il parametro fuzzy deve essere maggiore di 2h per permettere l'associazione tra due valori in posizione i e j, e inoltre che h deve essere minore di 0,5 per far funzionare l'algoritmo.

Quando il movimento diagonale non può essere effettuato allora si procederà ad inserire un gap tra due valori successivi di una sequenza. Ovvero andremo ad associare uno zero ad uno dei 2 valori (corrispondenti a i e j) che non si possono associare fra loro perché sono molto diversi.

Backtracking

Una volta completata la matrice si utilizzerà un algoritmo di backtracking per ottenere i due vettori con il miglior allineamento.

Siano $A=\{a_1, a_2, a_3 \dots a_{m-1}, a_m\}$ e $B=\{b_1, b_2, b_3 \dots b_{m-1}, b_m\}$ i due vettori, avremo che i è l'indice usato per identificare gli elementi di A e j è l'indice usato per identificare gli elementi di B . Settando come default l'associazione tra coppie di valori in posizione m e in posizione 1, il backtracking partirà dalla posizione $M[m-1, m-1]$ ovvero $i=m-1$ e $j=m-1$.

Se il movimento sarà sulla diagonale allora i valori che si trovano alle posizioni i e j delle due sequenze andranno accoppiati, ovvero non inseriremo un gap nei due vettori finali.

Se il predecessore è ottenuto da un movimento verticale allora si inserirà uno 0 in posizione $j+1$ e infine se ottenuto da un movimento orizzontale allora si inserirà uno 0 in posizione $i+1$.

Definizione costanti

Le costanti che utilizziamo verranno scelte di default utilizzando i valori presi dal paper. Avremo $h = 0.45$ e $\sigma = 0.85$ quando utilizzeremo interpolation e invece $\sigma = 0.55$ e $h = 0.05$ in caso che non la utilizziamo.

Optional interpolation of aligned signals.

$$a'_k = \frac{a'_{k-1} + a'_{j+1}}{2}, \quad \forall k = i, \dots, j \quad (3)$$

Dopo aver ottenuto i 2 vettori possiamo scegliere se effettuare una fase di interpolation, ovvero se vogliamo sostituire ogni zero in posizione k con la media degli estremi diversi da 0 che lo racchiudono come espresso nell'equazione 3.

Nell'articolo si consiglia di effettuare un'operazione di interpolation quando il ritmo di correzione è alto ovvero quando stiamo inserendo molti gap.

Quantification of differences of the aligned signals.

Infine nella terza fase si va a calcolare la distanza euclidea tra ogni coppia di punti allineati utilizzando equazione 4.

$$\delta_{A,B} = \sqrt{\sum_{i=0}^{L'} (a'_i - b'_i)^2} \quad (4)$$

Questo valore esprimerà la distanza tra due gesti confrontati su un asse.

Per calcolare la distanza tra due gesti su tutte e tre le assi utilizzeremo eq. 5.

$$\delta_{j,k} = \frac{\delta_{j,k}^x + \delta_{j,k}^y + \delta_{j,k}^z}{3} \quad (5)$$

In caso di verifica, nell'articolo il gesto che viene utilizzato come probe viene confrontato con un template nella gallery generato a partire da tre ripetizioni del gesto così da ottenere un μ_T generato dall eq. 6.

$$\mu_T = \frac{\delta_{1,2} + \delta_{1,3} + \delta_{2,3}}{3} \quad (6)$$

Una volta trovato questo parametro, ogni volta che avremo una verifica di una identità accederemo al template in gallery e al parametro μ_T e verificheremo la disequazione 7.

$$\delta_V / \mu_T < \theta \quad (7)$$

il valore δ_V è calcolato dalla media tra $\delta_{V,1}$, $\delta_{V,2}$, $\delta_{V,3}$. Ognuno di questi valori è calcolato da eq. 5 confrontando il gesto che ha mostrato l'utente in fase di verifica come probe e ciascuno dei gesti utilizzati nel template come gallery.

Theta rappresenta il threshold, e quindi è il limite superiore che il sistema utilizza per determinare se un tentativo è ammissibile.

Il rapporto δ_V / μ_T confronta la distanza media ottenuta confrontando il probe con ogni gesto che compone il template e la distanza media tra i gesti che compongono il template, quindi theta stabilisce la differenza massima che possono avere δ_V e μ_T per poter considerare un tentativo ammissibile.

Nel paper theta viene trovata andando a individuare quale threshold genera l'EER migliore nei dataset utilizzati per la ricerca.

Se la disequazione 7 è verificata allora il sistema considera il tentativo ammissibile.

4.2 Dtw

Il Dtw è un algoritmo che misura il grado di somiglianza tra due sequenze e permette di ottenere il miglior allineamento.

Le sue applicazioni sono molteplici in particolare è fortemente utilizzato quando le sequenze hanno una dimensione non fissa e diversa.

Il Dtw otterrà il miglior allineamento andando ad ottimizzare il costo dei possibili assegnamenti.

Il costo è calcolato dalla somma delle distanze assolute.

Questo algoritmo segue alcune regole che restringono gli assegnamenti che si possono fare:

- Ogni elemento di una sequenza deve essere assegnato ad almeno un elemento dell'altra sequenza;
- I primi due elementi delle due sequenze devono essere associati tra loro;
- Gli ultimi due elementi devono essere assegnati fra loro;
- Gli assegnamenti devono essere crescenti ovvero dato un elemento i_2 che è il successivo di un elemento i_1 nella stessa sequenza, sia j_1 l'elemento associato ad i_1 allora i_2 deve essere associato o a j_1 o un suo successore nella sequenza.

L'algoritmo è il seguente(**Figura 13**):

```
int DTWDistance(s: array [1..n], t: array [1..m]) {
    DTW := array [0..n, 0..m]

    for i := 0 to n
        for j := 0 to m
            DTW[i, j] := infinity
    DTW[0, 0] := 0

    for i := 1 to n
        for j := 1 to m
            cost := d(s[i], t[j])
            DTW[i, j] := cost + minimum(DTW[i-1, j], // insertion
                                       DTW[i, j-1],   // deletion
                                       DTW[i-1, j-1]) // match

    return DTW[n, m]
}
```

Figura 13. Algoritmo Dtw immagine tratta da https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_time_warping

5 Dataset

Gli utenti che hanno fornito i propri dati hanno un'età compresa dai 19 ai 79 anni. Le sessioni di acquisizione sono state 3, distanziate di almeno 24 ore l'una dall'altra.

Nel momento dell'acquisizione vengono date le seguenti indicazioni:

- Eseguire il gesto con lo schermo verso l'esterno;
- Eseguire il gesto cercando di effettuarlo in maniera simile ai precedenti.

Gli utenti che hanno partecipato sono: 21

Quindi considerando che ogni utente ha eseguito 3 ripetizioni del gesto con figura cerchio e 3 ripetizioni del gesto con figura rettangolo in ogni sessione, abbiamo ottenuto in totale 378 acquisizioni.

Avendo richiesto gesti con figure molto simili abbiamo potuto testare come il sistema si comporta in caso in cui un probe potesse avere una figura diversa rispetto al template in gallery.

L'epidemia di COVID non ha permesso di trovare un maggior numero di utenti che fossero disposti a partecipare alla raccolta di sample.

6 Sys_Bio

La seconda parte del tirocinio verte sul testare i due algoritmi e confrontare le loro prestazioni sul riconoscimento dei gesti.

In particolare Sys_Bio è stato implementato in **Java** e utilizza librerie come **openCsv** e **jfreeChart** per gestire i file e creare i grafici.

6.1 Test

Sys_Bio effettua due tipologie di test:

- in verifica;
- in identificazione.

Confronta due algoritmi: il Dtw tradizionale con un algoritmo basato su una particolare fuzzy function.

Ogni tipologia di test, verrà divisa in due sotto-esperimenti (sono chiamati 1.A e 2.A). In entrambi i sotto-esperimenti, il template della gallery per ogni utente sarà sempre costituito da tre ripetizioni di un gesto, acquisite nella prima sessione, in cui si è ripetuta la stessa figura.

Utilizzeremo come *probe* tutti i gesti acquisiti nella seconda e terza sessione per ogni utente.

La differenza tra 1.A e 2.A consiste nella figura che verrà ripetuta nel template della gallery.

Si divide l'insieme degli utenti in due metà.

In **1.A** la **prima metà degli utenti** utilizzerà come template della gallery tre ripetizioni del gesto in cui viene ripetuta la **figura cerchio** e l'**altra metà degli utenti** utilizzerà come template della gallery tre ripetizioni del gesto in cui viene ripetuta la **figura rettangolo**.

In **2.A** la **prima metà degli utenti** utilizzerà come template della gallery tre ripetizioni del gesto in cui viene ripetuta la **figura rettangolo** e l'**altra metà degli utenti** utilizzerà come template della gallery tre ripetizioni del gesto in cui viene ripetuta la **figura cerchio**.

In verifica consideriamo come **Genuine Accept** quando il sistema verifica un'identità correttamente nonostante magari il *probe* e il template siano eseguiti dallo stesso utente ma abbiano due figure diverse.

Inoltre, in identificazione in un contesto closed set andremo a trovare il rango corrispondente alla posizione dell'identità corretta, anche in questo caso trascurando che le figure eseguite potrebbero essere diverse.

Per quanto riguarda l'accuratezza del riconoscimento del gesto andremo a calcolare il **gesture recognition rate** quindi la percentuale con cui il sistema riconosce al rango 1 il gesto corretto.

Mentre in verifica calcoliamo la seguente statistica:

sia **GESTO_CORRETTO_G** il numero di volte che il sistema ammette un *probe* e il *probe* ammesso ha lo stesso gesto del template e inoltre ci troviamo in un tentativo genuino di identificazione (GA), sia **GESTO_CORRETTO_I** il numero di volte che il sistema ammetta un *probe* che ha lo stesso gesto del template ma si tratta di un tentativo ingannevole.

%Gesture=(**GESTO_CORRETTO_G** + **GESTO_CORRETTO_I**) / (GA + FA)

6.1.1 Matching template

Dtw

Il valore di distanza tra probe e template è calcolato prendendo singolarmente ogni gesto che compone il template.

Si andranno quindi a calcolare 3 valori di distanza.

Si andrà a prendere come valore di distanza tra probe e template il valore minimo tra questi 3 valori.

Andremo a mostrare i risultati ottenuti sia per **asse singolo** che per **assi combinati**.

In assi combinati mostreremo sia quando il valore è calcolato dalla media ovvero $(\text{asseX} + \text{asseY} + \text{asseZ})/3$ che utilizzando una **media pesata** ovvero $\text{asseX}/4 + \text{asseY}/4 + \text{asseZ}/2$.

I pesi sono stati stabiliti con il fine di ottenere un valore di distanza influenzato maggiormente dall'asse Z ovvero l'asse che sembrava ottenere i risultati migliori per un sottoinsieme di utenti (8 utenti).

Algoritmo basato su una particolare fuzzy function.

In questo caso si ottiene un valore dal rapporto espresso nella disequazione 7

$$\delta_V / \mu_T < \theta \quad (7)$$

6.3 Esperimenti di identificazione

Per ogni sotto-esperimento otterremo una curva CMC.

Una curva CMC è calcolata andando a trovare per ogni rango k il rapporto tra il numero di identità riconosciute correttamente da 1 al rango k e il numero di tentativi nell'intero sotto-esperimento.

Con k compreso da 1 al numero di template nella gallery.

Andremo poi a mostrare le posizioni CMS(1) CMS(5) CMS(10) della curva CMC che si ottiene come media punto a punto delle 2 CMC.

Inoltre mostreremo il recognition rate del gesto ovvero la percentuale con cui il sistema trova al rango 1 il gesto corretto.

6.4 Esperimenti di verifica

Per ogni sotto-esperimento otterremo una curva ROC, una curva FAR e una curva FRR. Inoltre calcoleremo l' EER e il valore dell'AUC.

In particolare avremo che il numero di tentativi corretti è: $TG = TP$

Mentre il numero di tentativi ingannevoli $TI = TP * (\text{numero di utenti} - 1)$.

Perchè ogni probe dichiara una volta l'identità genuina e tutte le altre volte (numero di utenti -1 volte) un'identità falsa tra quelle possibili.

Calcoleremo poi un'ulteriore statistica che abbiamo introdotto precedentemente %Gesture che andremo a mostrare al variare del threshold.

Costruzione curve

Si è incrementato di 0,05 il threshold da 0 fino ad ottenere $1-FRR=1$ e $FAR=1$.

Ovvero andremo ad eseguire un dato sotto-esperimento iterando su tutti questi valori di threshold,ottenendo ad ogni iterazione 4 statistiche:

- $GAR=GA/TG$
- $FAR=FA/TI$
- $FRR=FR/TG$
- $GR=GR/TI$

Si ottengono così i punti che permettono di disegnare ROC, FAR e FRR ma anche di calcolare EER.

Per il calcolo del EER andremo a trovare per quale threshold il valore del FAR è uguale al valore del FRR.

Si utilizzerà un'approssimazione per trovarlo ovvero prenderemo il valore di FAR che è maggiore rispetto a FRR a un dato threshold e faremo la media fra questo valore di FAR e il suo precedente nella curva. Il valore così ottenuto è l'EER.

Per quanto riguarda il calcolo del valore di AUC, si è utilizzata la "trapezoid rule"(**Figura 14**).

Ovvero utilizzeremo le distanze tra due valori consecutivi del FAR(ascisse) come altezza del trapezio e i loro corrispettivi valori del $1-FRR$ (ordinate)come le basi del trapezio,ottenendo così l'area di un porzione di curva.

Sommando tutte le aree otterremo l'area di tutta la curva.

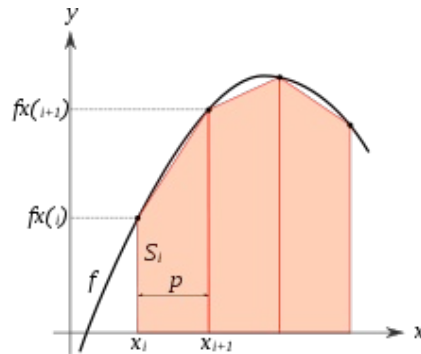
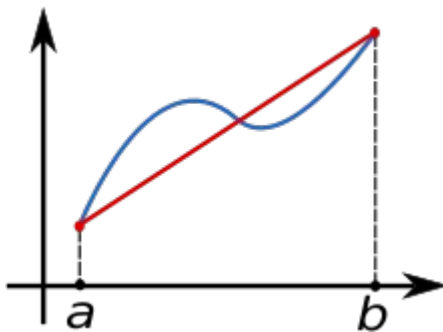


Figura 14. Trapezoid rule
Immagini tratte da wikipedia

6.5 Implementazione

Il sistema per ogni sotto-esperimento crea un file csv in cui si avranno come valori di ogni cella il valore di confronto tra un probe e un template della gallery(Figura 15). Ovvero avremo in ogni riga tutti I valori ottenuti dal confronto tra un probe e I template nella gallery.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		19_1 rettangolo	11_1 rettangolo	4_1 cerchio	20_1 rettangolo	16_1 rettangolo	7_1 cerchio	14_1 rettangolo	1_1 cerchio	18_1 rettangolo	6_1 cerchio	9_1 cerchio	12_1 rettangolo	13_1 rettangolo
2	8_3 cerchio_1.csv	1.2306242832733	1.80468923180831	1.3069328800406	1.71371041567168	1.98657461938983	0.846896893706038	1.137913223996924	3.3467533797595	1.01159645393022	1.30375871726286	1.08400569213306	2.21194641546046	1.28156472662
3	7_3 cerchio_2.csv	1.92505070251234	3.119707070471602	2.21052673686442	2.66525942328282	1.98230031320186	0.760832651808208	1.69446731159635	5.62290391959587	1.80027926848601	1.974277841495	1.7918014004947	3.18740125914309	2.00300772453
4	16_3 rettangolo_0.csv	1.75288798408754	1.94515739653977	2.0563404146606	1.86642049898029	0.904370241352656	0.821559430547136	1.41246226525007	4.88978378481372	1.18115743246939	1.7967236210645	1.45260139118635	3.38662952053576	1.50838773421
5	7_2 cerchio_2.csv	2.06586880165263	3.00848158903032	2.3723877674095	2.60590147483744	1.68700760284983	0.776120134252659	1.66519697796692	6.10279125950646	1.70978428435786	2.06781980075566	2.21153954014038	3.6400519051651	1.90649289697
6	15_2 rettangolo_2.csv	1.40381969496895	1.72377426610178	1.84553442894473	1.48369560559257	1.91260018729634	0.91018775605347	1.08538856837285	3.59934172156537	1.42020351201776	1.5310081083063	1.52957536576679	2.19349794872827	1.24294245506
7	7_2 rettangolo_0.csv	2.1732259621825	2.82381584236771	2.4237229206831	2.44155612755319	1.80883835003657	1.0200854437663	1.83062725724982	6.1348634678725	1.45240141447062	2.2752942534314	2.16786273657068	3.37605230525499	1.8933511681
8	11_2 rettangolo_0.csv	1.45166279748638	1.05247949517691	1.36873694718892	1.44064306033787	2.14783625299222	0.92852437894539	1.02592773704673	2.14536369096804	1.08343048802184	1.58162106929398	1.21544396419845	1.48978741211597	1.08285628070
9	3_2 rettangolo_2.csv	1.36889434572505	2.2080371429871	1.24831402392429	1.89523322733479	1.84128186457532	0.90943826522141	0.749047506110502	2.73925151010783	1.3313337930352	1.32819077006938	1.44730132481868	2.2484743669183	1.27383619424
10	5_2 cerchio_2.csv	1.20628149934392	2.42494779667433	1.5312938256811	2.18022491387812	2.58110732613747	1.2853914577379	1.41121202950313	3.59349368733591	2.07385014402491	1.6759853042516	1.80463190706252	2.07797219275954	1.46829166689
11	4_2 cerchio_0.csv	1.39745041383487	1.60210741880847	1.29660588164151	1.97697122080438	1.93709950177745	1.17459921652165	1.05878624638801	2.8039719848061	1.13058807297622	1.46007844385584	0.800267195551593	2.29667868073478	1.37463228235
12	4_2 rettangolo_2.csv	1.85741818498744	3.14064334719509	1.20431350693989	2.96505962681296	2.22396632597289	1.25734636755065	1.34891722072458	3.1220463280092	1.14015518541088	1.75652597069854	1.81414284765729	2.08816152451985	1.46087904493
13	11_3 rettangolo_0.csv	1.33819860345112	1.18843658199658	1.59742929433299	1.41294068472877	2.18308947552973	1.0024877906588	0.99274314720628	3.26745691644143	1.19183105019963	1.78084287245455	1.34874778933207	1.73282325013195	1.1482053612
14	5_3 rettangolo_2.csv	1.15291369545408	2.35851230472487	1.6656618781712	1.73803634782873	2.42664526213272	0.875637355929073	1.32215900430617	3.72282170947961	1.87062276877279	1.49263896547738	1.7954284601069	1.95338712236807	1.39117576648
15	14_2 cerchio_0.csv	1.2566435783895	1.8284230461041	2.12636792684274	1.71329680776058	2.0275146476833	0.906595056480828	1.0095466690789	2.62113769252198	1.34841644829614	0.971879279343448	0.91503362123457	1.85785617537167	1.33756249990
16	10_3 rettangolo_2.csv	1.90268601016322	2.75139458562371	2.08944256653255	2.46986536946882	2.33209222411673	1.18734088906377	1.389288777128	4.33685171142	1.65000296661248	2.1220414853416	2.29167751938916	3.2446508231705	1.59625498946
17	15_3 cerchio_1.csv	1.18240475242857	1.82581220988585	0.874548381240988	1.47886125339566	1.85654569496395	0.839518561142004	0.8395185612226163	2.01993198887918	1.25196614202192	0.98111898018334	1.09450117117545	1.97988831337026	1.25496320414
18	9_2 cerchio_0.csv	1.4867667039578	1.731870785818	1.13982301111747	1.7735312164908	2.28265179962805	1.09028891767751	1.08124153702206	2.74071733941172	1.05416424886125	1.20647338491597	0.73276428215309	2.19852228846395	1.47879141587
19	7_3 rettangolo_2.csv	1.89334178560524	2.1797848690908	2.25035238299189	2.74610521292088	1.62118163820689	1.08707288954615	1.56130311421194	5.76747143425341	1.5652397330442	2.10300187217837	1.9507383100572	3.58378241970002	1.81019078803
20	9_2 cerchio_2.csv	1.35188831677125	1.83008735379575	1.31913078000415	1.85496905056683	1.4880383509312	1.14160351821049	1.21196261514396	3.39660887277599	1.1525519366683	1.29423135427528	1.10014746014584	1.8001373920439	1.70459150169
21	0_3 rettangolo_1.csv	1.28812830866719	1.9103440018652	1.65495898936304	1.73274456677862	2.14082091442504	0.96407404828319	1.10034517999235	3.49142820436742	1.90122848543009	1.60951519714973	1.74468524899056	1.8897278640613	1.16347538689
22	13_3 rettangolo_2.csv	1.0685546741373	1.5912716830657	1.63895727171025	1.33633400394231	2.65951936060943	1.23621673777761	1.23085988080674	3.10484931753511	2.29123235929012	1.45894259678228	1.99910427215258	2.72094926852242	1.02926617441
23	12_2 cerchio_0.csv	1.62647833122318	1.71106309899096	1.78150458460749	1.92494829129963	2.34500598928607	1.13091280719283	1.58475456400644	2.90748132414399	1.77515443220254	1.50142046787264	1.58121137702781	2.30640415923352	1.25613638477
24	1_3 cerchio_0.csv	1.38648101553545	2.2102981183239	1.08698601712918	1.98363934498171	1.84324304897476	2.5473604216355	0.94130766640832	1.0383986674917	1.90037314233666	1.19240486310786	1.94240520331864	1.62189745212762	1.20830793180
25	6_2 cerchio_2.csv	1.40896729136026	1.95453303823119	1.88147000393967	1.67973869211511	2.73315752332091	1.30179113264888	1.11301103318549	5.04073544921522	1.91293265791379	1.59214626041736	1.79098724921614	3.01922072092149	1.69593466543
26	15_3 cerchio_0.csv	1.427516225066	1.8356259849871	0.986191420410926	1.63414523654673	1.38933838715116	0.82443013846484	0.91302071304765	2.71130329663599	1.173476986309	1.2913523462331	1.2786756262019	2.36840621683912	1.2738682654
27	6_3 rettangolo_1.csv	1.26321811817622	1.97891455791623	1.6636715578312	1.69283241789574	2.41142231371402	1.08615911749817	1.24864443122145	3.6059352782385	1.8141266665471	1.55517386595269	2.0201622994289	1.84305238893114	1.506562841
28	6_3 rettangolo_2.csv	1.28997050774874	2.01667108969492	1.44852778608331	1.57610738757617	2.2526381806175	0.96334261337406	1.0142404289587	3.38467696273685	1.53309839133894	1.14242419257099	1.4115582817445	1.46439395456719	1.33566969487
29	9_2 cerchio_1.csv	1.28042186203036	1.90789543752137	1.37097500394937	1.8341896616621	1.43883522010787	0.93636819390697	1.08632028162644	2.94879585169469	1.27674586048825	1.43011019647738	0.889318646685973	2.06854631700494	1.54779557477
30	10_3 rettangolo_0.csv	2.09711032988769	2.58619523142223	2.08261221501707	2.3030969470791	3.27069070849668	1.5534631425588	1.62281427161632	4.0650134628914	2.31013959036546	2.5228640642105	2.33119678710013	3.72993727952124	1.51853267231
31	14_3 rettangolo_1.csv	1.5312422514182	2.0149998149998	1.51544888160923	1.82675637549328	1.75704379139032	0.945050428181599	0.949613139680236	3.85158173701503	0.897948905634535	1.63788811432608	1.3004967540295	2.4602366068316	1.38735779727
32	20_3 cerchio_2.csv	1.67638967838017	1.92349117523293	1.98734261862253	1.74255977711127	1.42028477402791	0.74767065174659	1.35032895868682	4.17295082784688	1.1922009970605	1.64555165349101	1.62407452146647	2.6383215476979	1.37256769724
33	19_2 rettangolo_2.csv	1.0777984139852	2.1872027745198	1.75518948498959	1.7341678075793	1.5394393895305	0.89118256439857	1.3835454447561	4.0067119598813	1.54218076891545	1.7813523330333	1.5701366895792	2.58889233074916	1.5278989183
34	17_2 cerchio_1.csv	1.45127094379194	1.93871190348797	1.16412361532355	1.92084023542627	1.51691085959566	0.94013483886274	0.980643888824448	2.7358555482725	1.05129773489983	1.34558562639363	0.971844099096328	2.2784920288689	1.4242555536
35	11_2 cerchio_1.csv	1.23052298630006	1.50212334171872	1.37705743813515	1.55617847902759	1.81454267712388	0.83839457873651	0.9879373661555	2.1601566240522	1.40853011239545	1.40442048614804	1.0938978632945	1.9434967464413	1.36313226793
36	4_2 cerchio_1.csv	1.36505239809836	2.7394386161076	0.849897703077963	2.11893577102296	2.40137296119428	1.00930625451664	0.95162137943675	5.6203701544603	1.48281377321149	1.38894542224357	1.73761987818253	2.9359712962964	1.48923468749
37	14_2 cerchio_1.csv	1.73004259657873	2.38610790909654	1.77879417034637	2.373719813010152	1.45620946387175	0.781546846882306	1.27869016469651	5.44251043929843	1.1933783824381	1.59171448594382	1.36699491430305	2.77015722489056	1.79748087764
38	18_3 cerchio_1.csv	1.98481101096615	2.51877596113064	2.16745100297056	2.6053657668926	1.51116522656559	0.96319291997798	1.58995670841514	7.79742432451706	1.3103613182629	2.28007844647696	1.78308672871098	3.41463106615013	1.77595647709
39	6_2 rettangolo_1.csv	2.28345622939487	4.26981183790169	2.81117071811333	3.68668328624845	3.06347030996734	1.67443739312743	2.48396468645269	1.6466483106343	2.81784367194645	3.04191385964965	3.0037030601899	4.4551851116538	2.57978063131
40	17_3 rettangolo_2.csv	1.89631496547988	2.61882113782051	2.2747848475597	2.47534128332691	1.42513366518425	0.950280525182373	1.36099852757584	4.7937429810782	1.2107858996276	2.20027911435247	1.72557688827556	3.26064700133473	1.85948705268
41	11_2 cerchio_0.csv	1.6594719425488	1.4660122445374	1.74207473524999	1.83890896730969	1.5212512615544	1.0829921699196	1.11945386748316	3.0894470520045	1.28888334295009	1.43789561754141	1.11365553372434	2.7752320192148	1.38587284568
42	14_2 rettangolo_1.csv	1.39486424510606	1.99853017372374	1.54726242261954	1.69027934152255	1.46746457109518	0.923720229371231	0.9290793163195	3.61581538407086	0.782786098053543	1.6547738761471	2.28327761267466	2.5519047305828	1.41078768101
43	10_3 cerchio_0.csv													

7 Risultati

7.1 Risultati identificazione:

7.1.1 Dtw

Asse X(Figura 16):

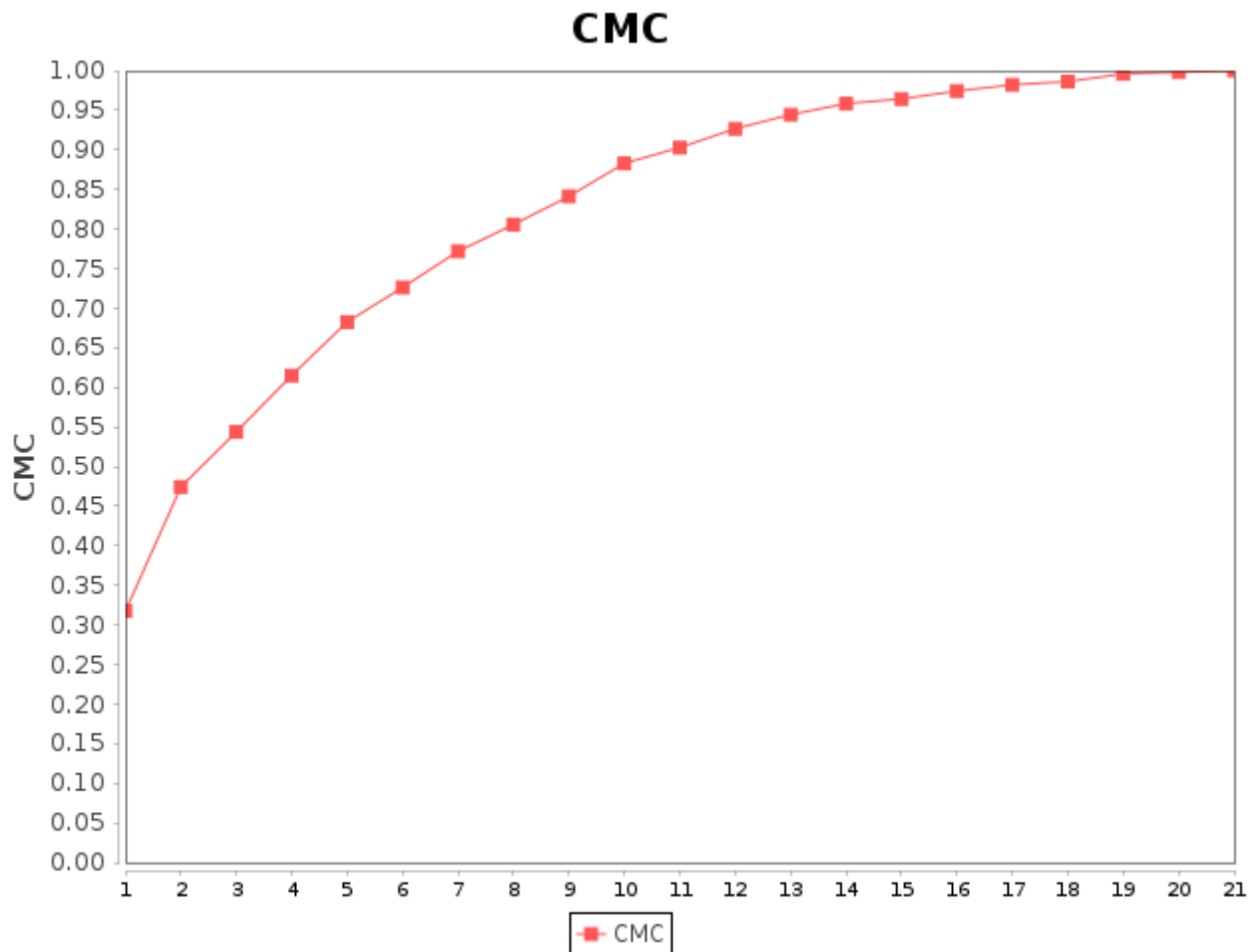


Figura 16. CMC Asse X

$Cms(1)=0.32$

$Cms(5)=0.68$

$Cms(10)=0.88$

Gesture recognition rate medio=0.75

Asse Y(Figura 17):

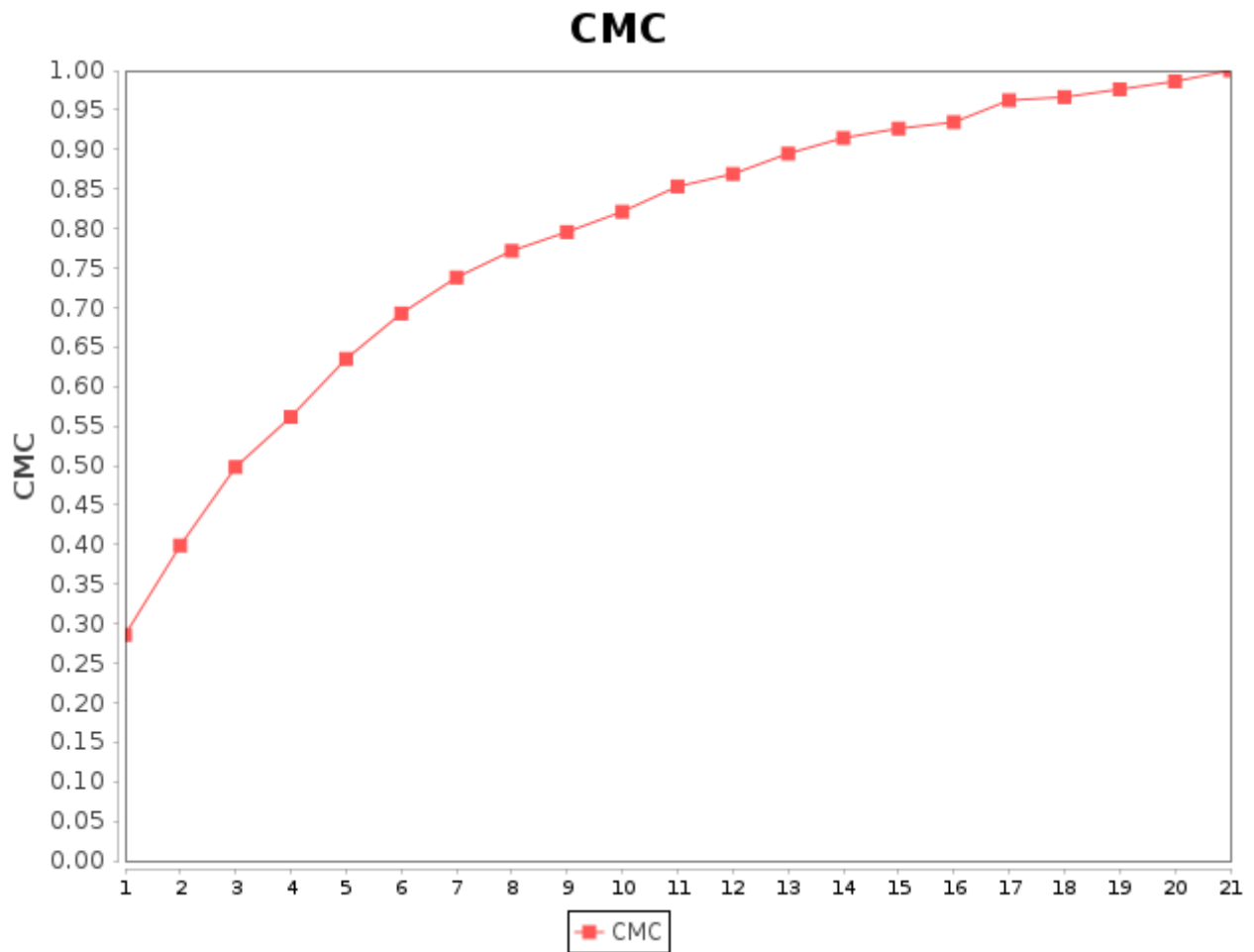


Figura 17. CMC Asse Y

Cms(1)= 0.29

Cms(5)=0.64

Cms(10)=0.82

Gesture recognition rate medio=0.89

ASSE Z(Figura 18):

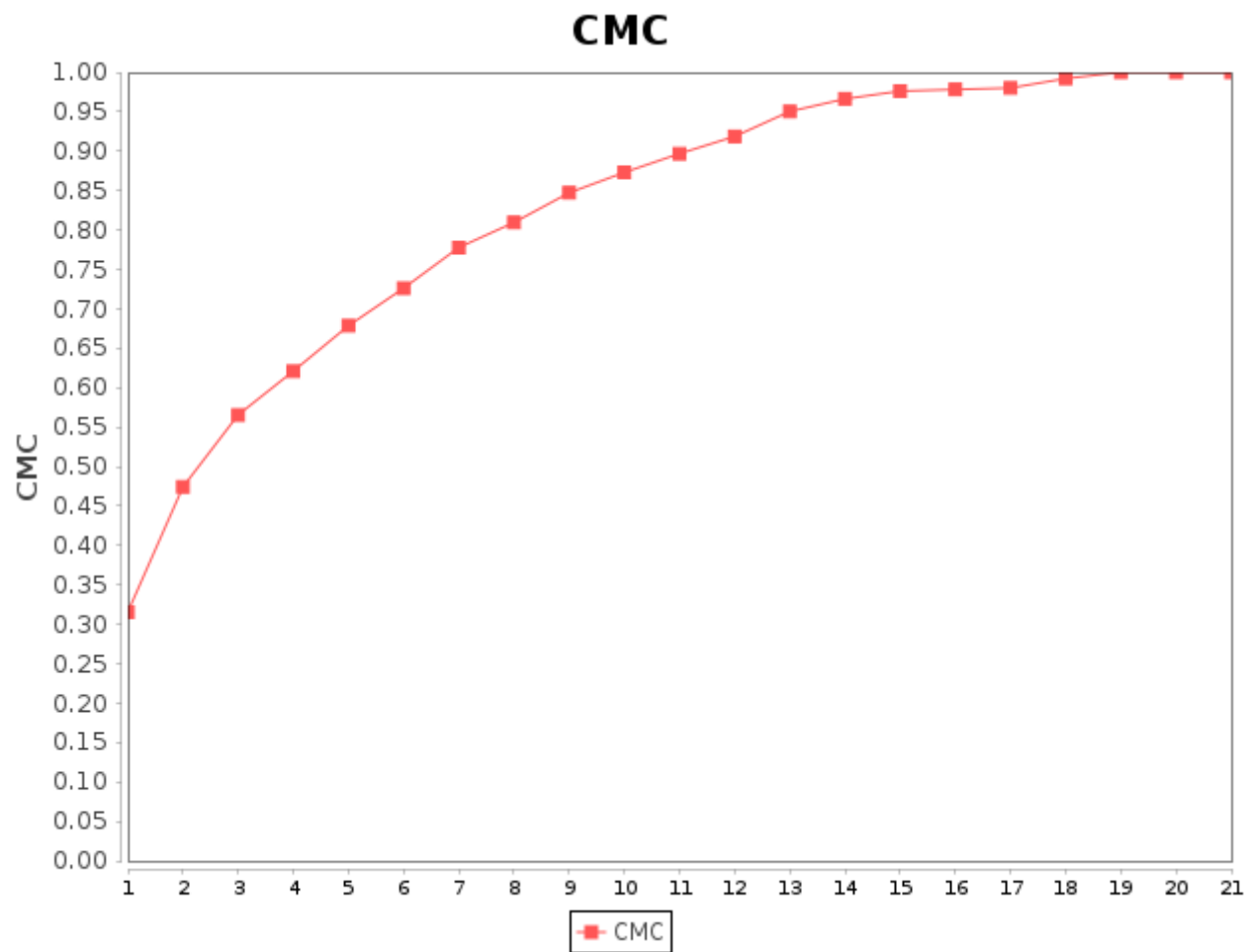


Figura 18. CMC Asse Z

Cms(1)=0.32

Cms(5)=0.68

Cms(10)=0.87

Gesture recognition rate medio=0.68

Assi Combinati:

Media non pesata (**Figura 19**):

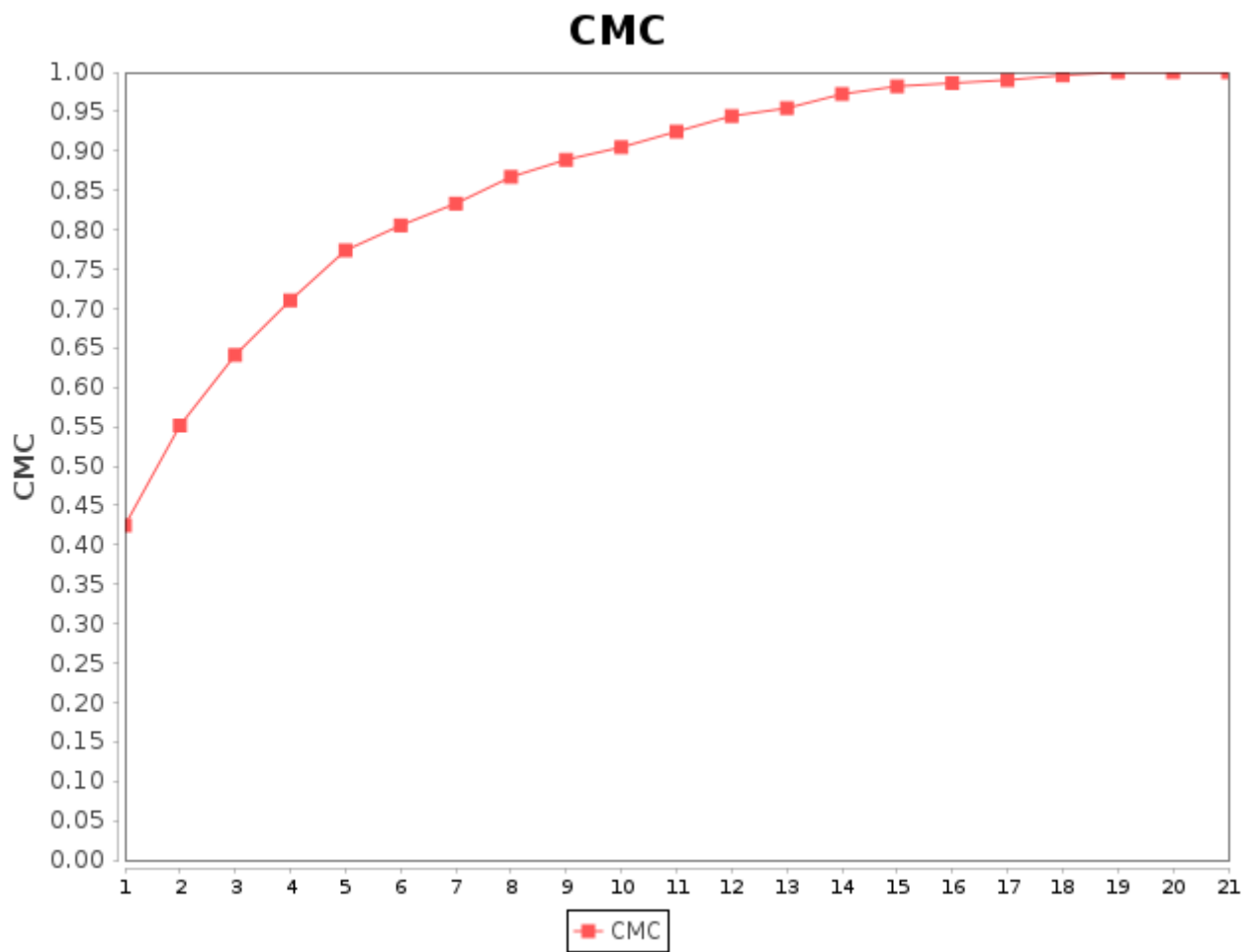


Figura 19. CMC Assi combinati, media non pesata.

Cms(1)=0.43

Cms(5)=0.77

Cms(10)=0.91

Gesture recognition rate medio=0.80

Media pesata(Figura 20):

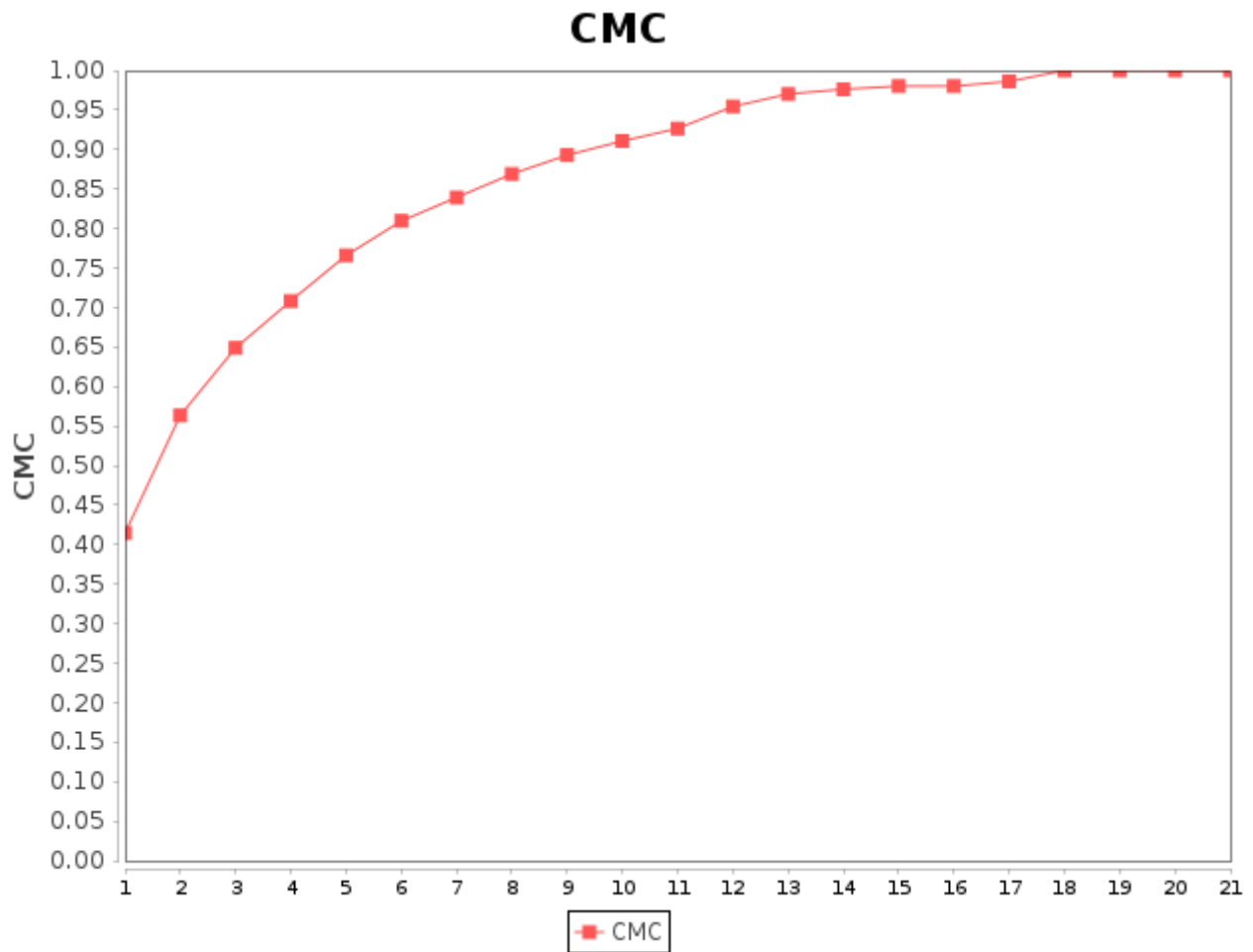


Figura 20. CMC Assi combinati, media pesata.

Cms(1)=0.42
Cms(5)=0.77
Cms(10)=0.91

Gesture recognition rate medio=0.77

7.1.2 Algoritmo basato su una particolare fuzzy function:

Without interpolation(**Figura 21**)

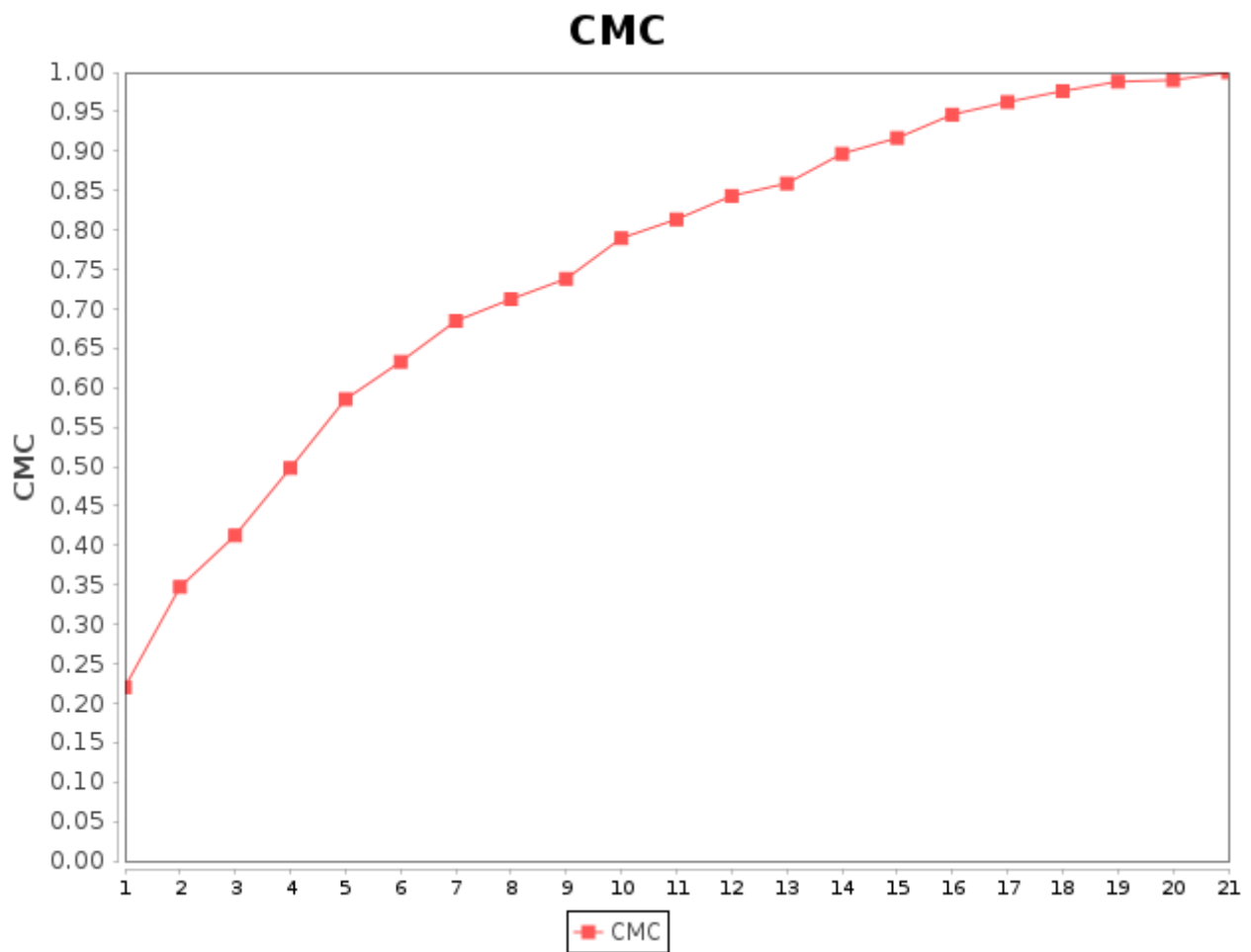


Figura 21. CMC Without interpolation

Cms(1)=0.22
Cms(5)=0.59
Cms(10)=0.79

Gesture recognition rate medio=0.73

With interpolation(**Figura 22**)

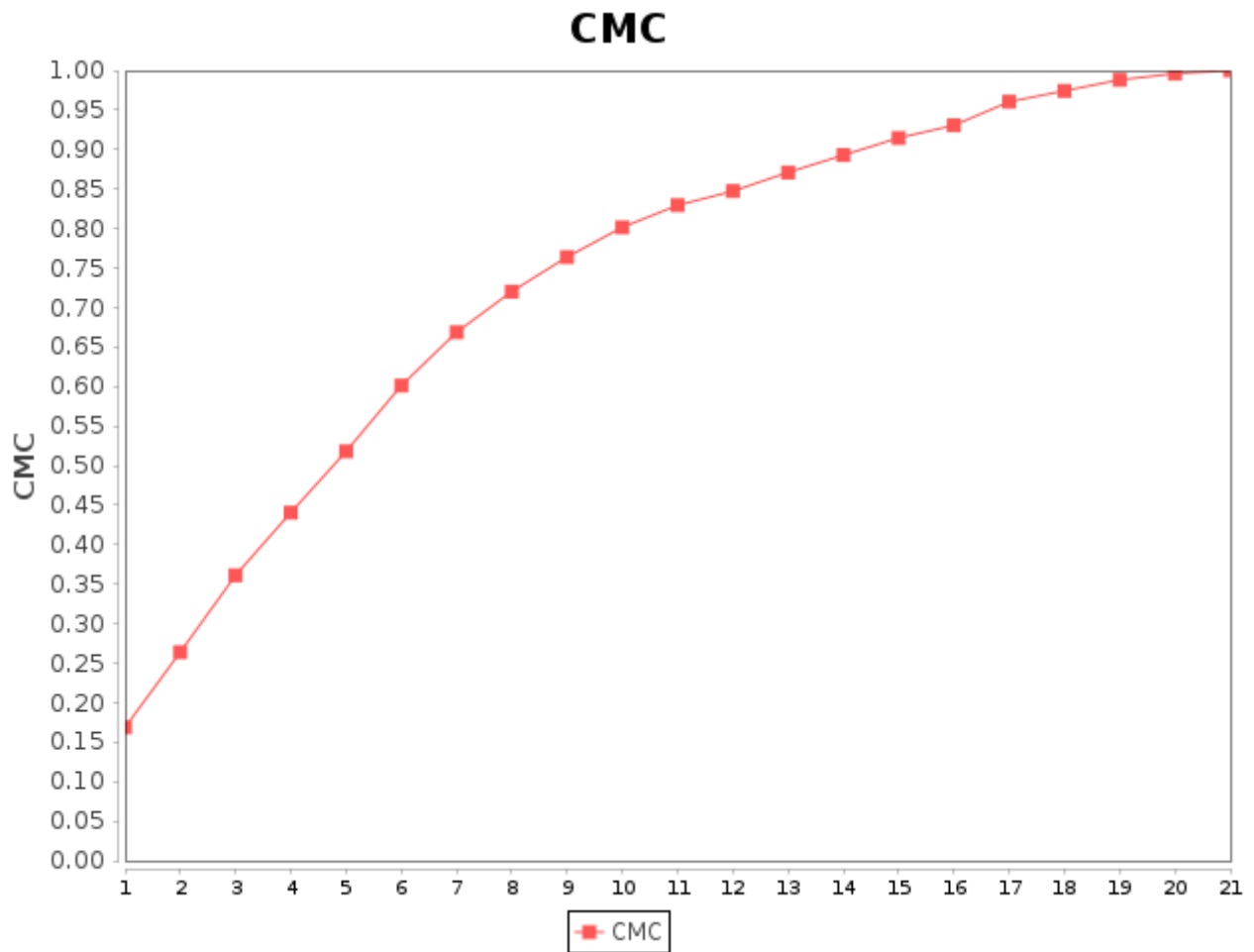


Figura 22. CMC With interpolation

Cms(1)=0.17
Cms(5)=0.52
Cms(10)=0.80

Gesture recognition rate medio=0.64

7.2 Risultati di verifica

7.2.1 Dtw:

Asse X :

1.A (Figure 23,24,25)

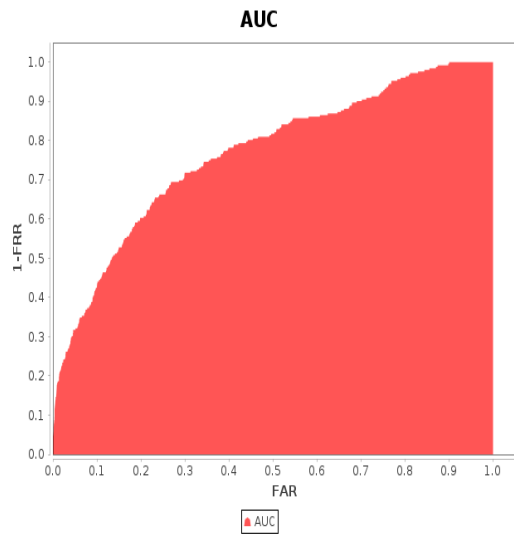


Figura 23. Auc asse X, 1.A
Auc 0.77

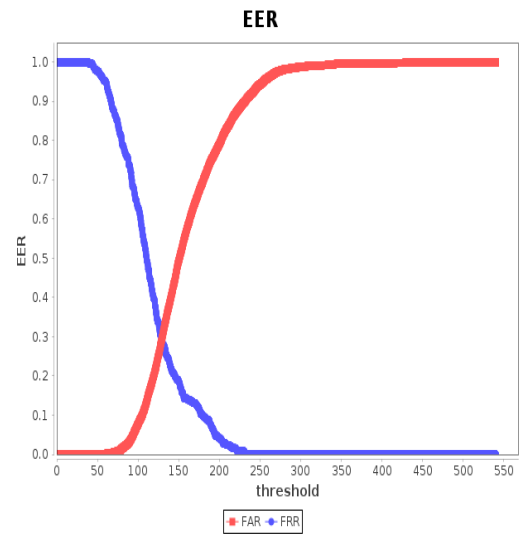


Figura 24. EER asse X, 1.A
EER 0.30

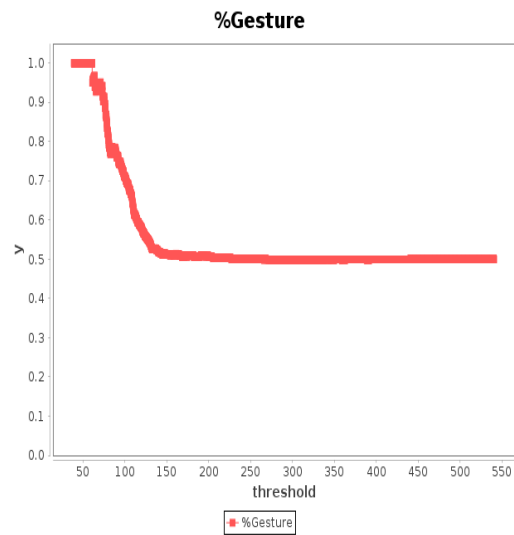


Figura 25. %Gesture asse X, 1.A

2.A (Figure 26,27,28)

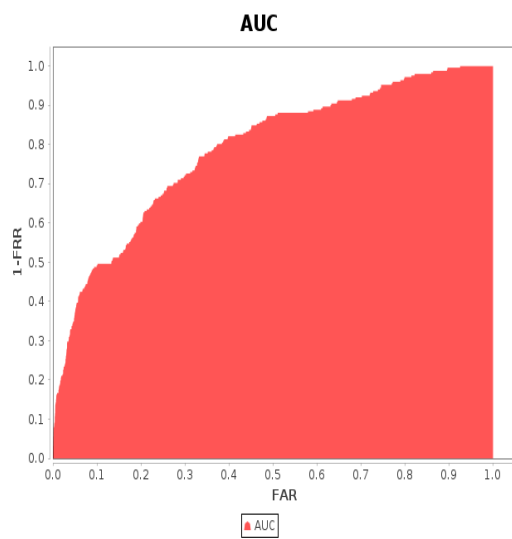


Figura 26. Auc asse X, 2.A
Auc 0.79

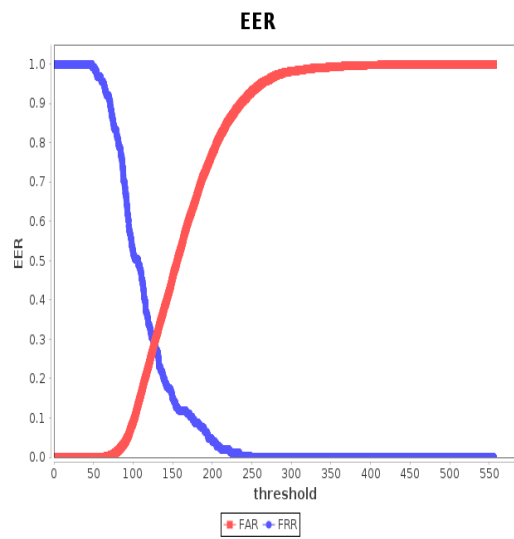


Figura 27. EER asse X, 2.A
EER 0.29

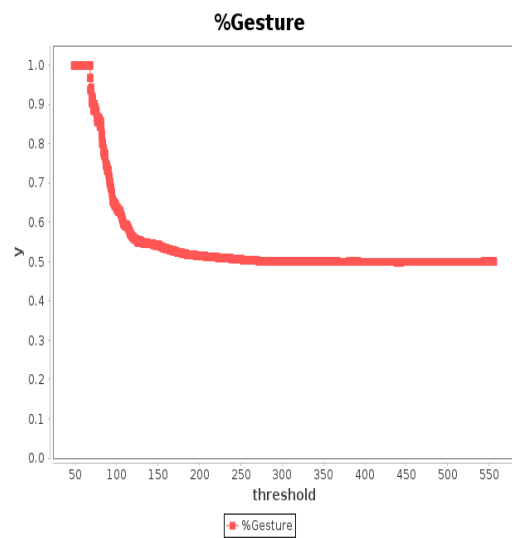


Figura 28. %Gesture asse X, 2.A

Auc medio 0.78
EER medio 0.30

Asse Y (Figure 29,30,31):

1.A

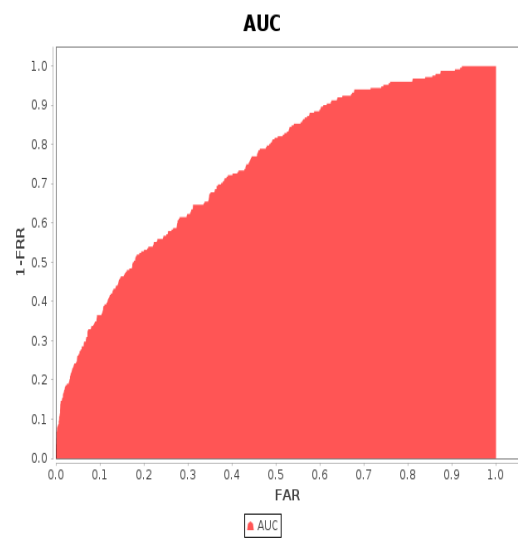


Figura 29. Auc asse Y, 1.A
Auc 0.74

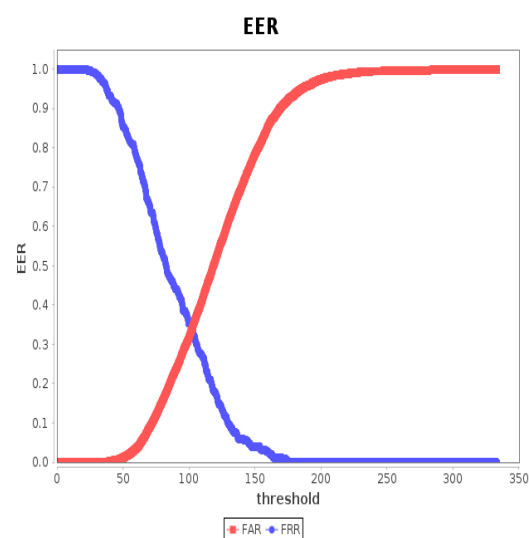


Figura 30. EER asse Y, 1.A
EER 0.35

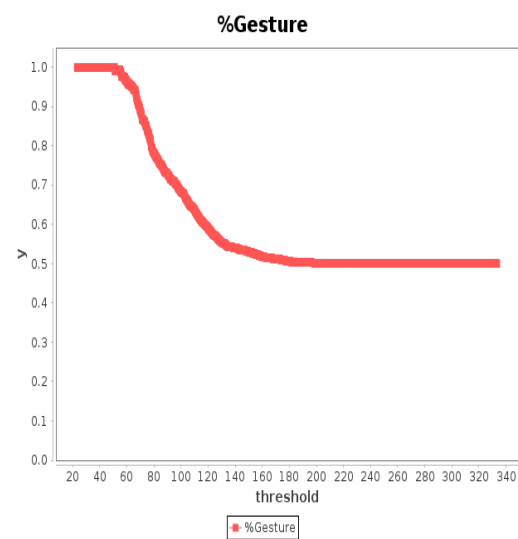


Figura 31. %Gesture asse Y, 1.A

2.A (Figure 32,33,34)

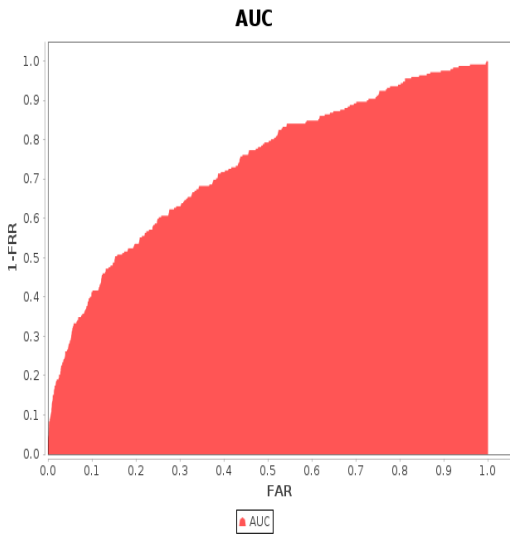


Figura 32. Auc asse Y, 2.A
Auc 0.74

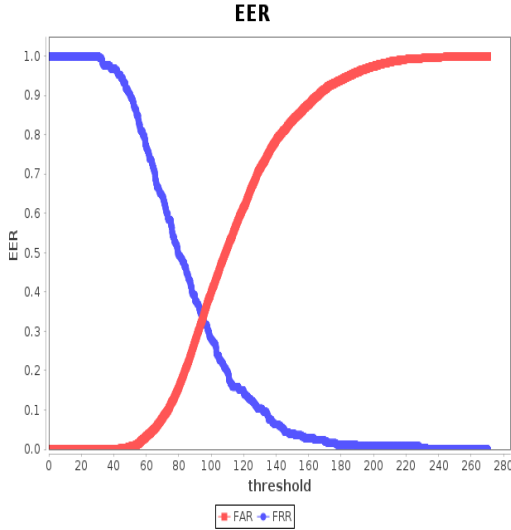


Figura 33. EER asse Y, 2.A
EER 0.33

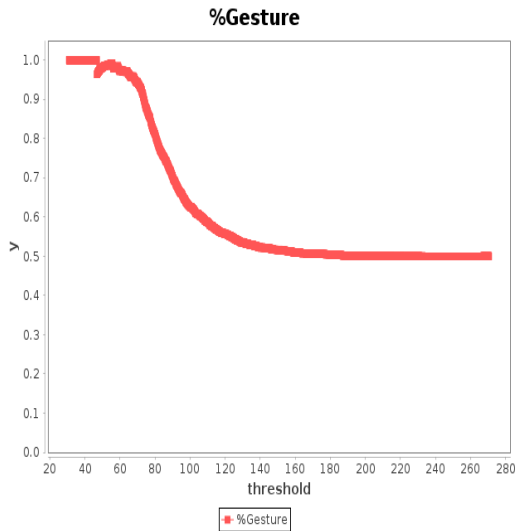


Figura 34. %Gesture asse Y, 2.A

Auc medio 0.74
EER medio 0.34

Asse Z :

1.A (Figure 35,36,37)

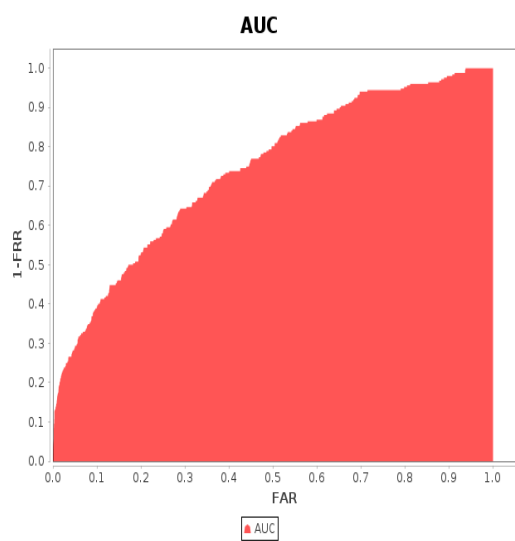


Figura 35. Auc asse Z, 1.A
Auc 0.74

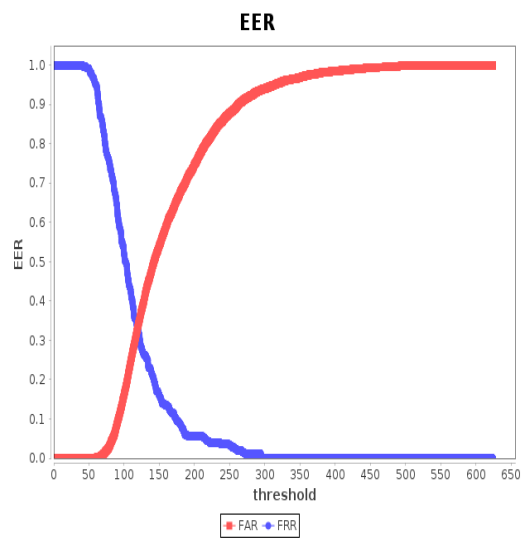


Figura 36. EER asse Z, 1.A
EER 0.33

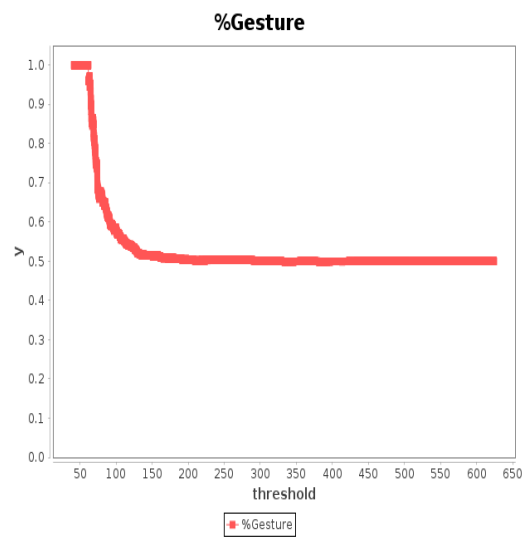


Figura 37. %Gesture asse Z, 1.A

2.A (Figure 38,39,40)

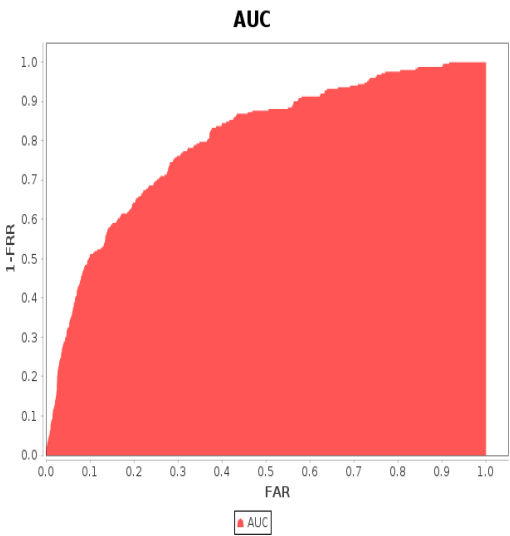


Figura 38. Auc asse Z, 2.A
Auc 0.80

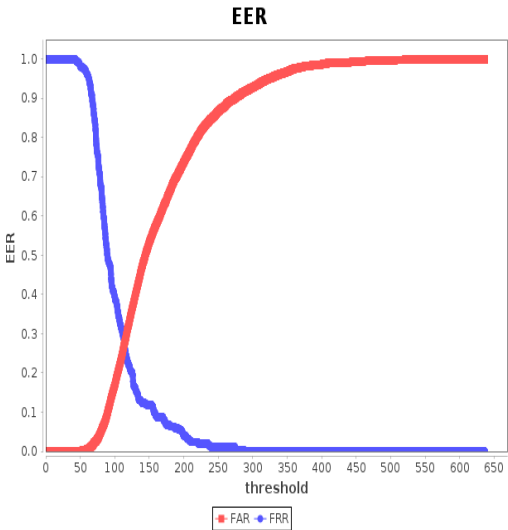


Figura 39. EER asse Z, 2.A
EER 0.28

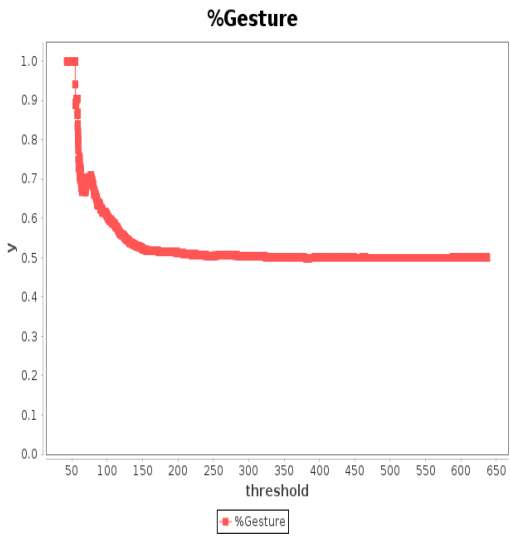


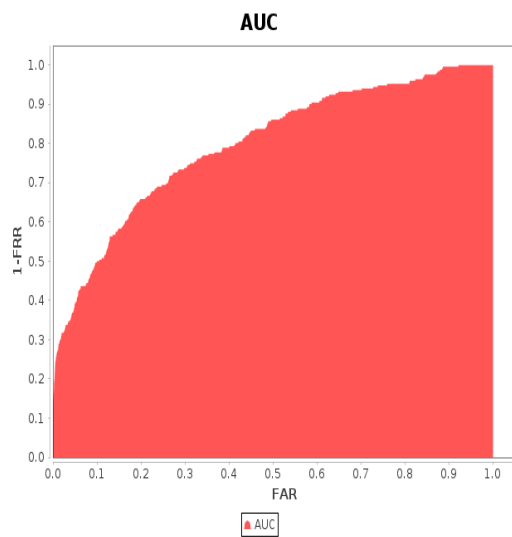
Figura 40. %Gesture asse Z, 2.A

Auc medio 0.77
EER medio 0.31

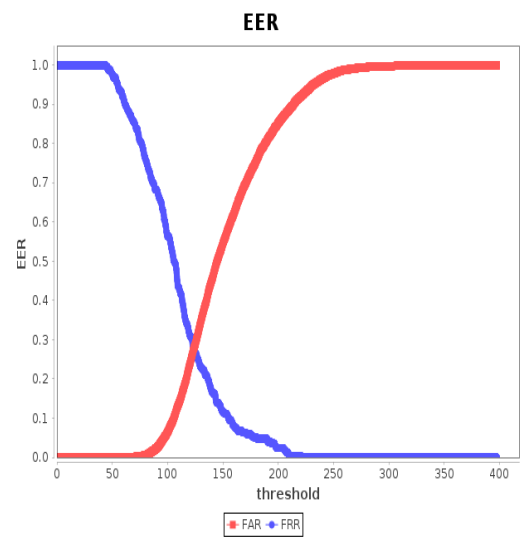
Assi combinati:

media non pesata

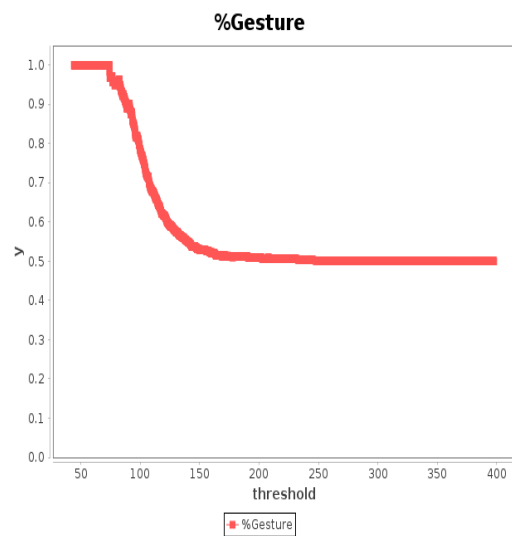
1.A (Figure 41,42,43)



**Figura 41. Auc assi combinati,
media non pesata, 1.A
Auc 0.80**

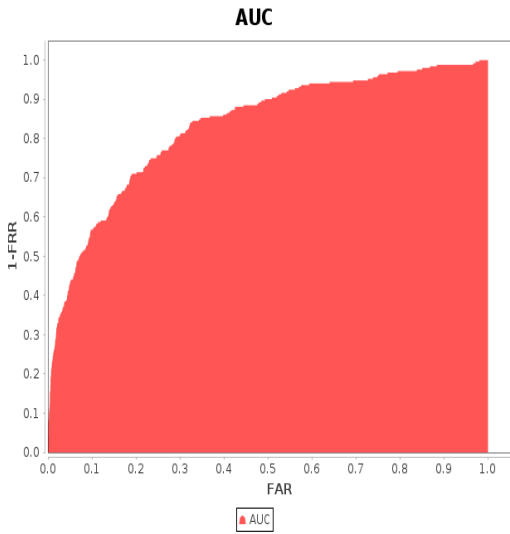


**Figura 42. EER assi combinati,
media non pesata, 1.A
EER 0.27**

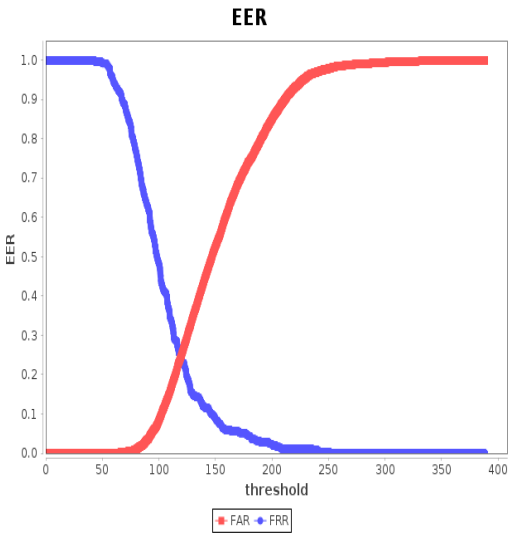


**Figura 43. %Gesture assi combinati,
media non pesata, 1.A**

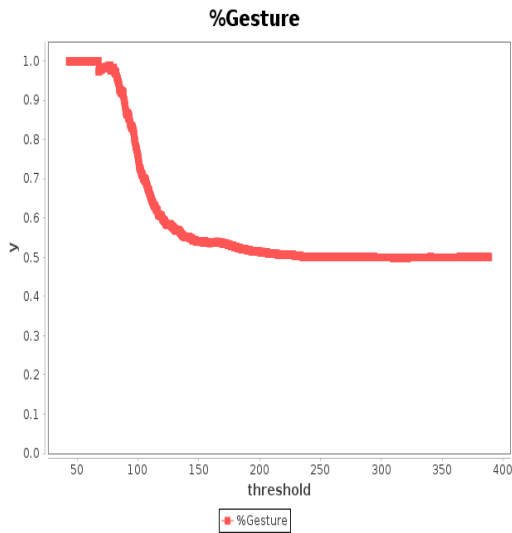
2.A(Figure 44,45,46)



**Figura 44. Auc assi combinati,
media non pesata, 2.A**
Auc 0.83



**Figura 45. EER assi combinati,
media non pesata, 2.A**
EER 0.25



**Figura 46. %Gesture assi combinati,
media non pesata, 2.A**

Auc medio 0.82
EER medio 0.26

Media pesata

1.A (Figure 47,48,49)

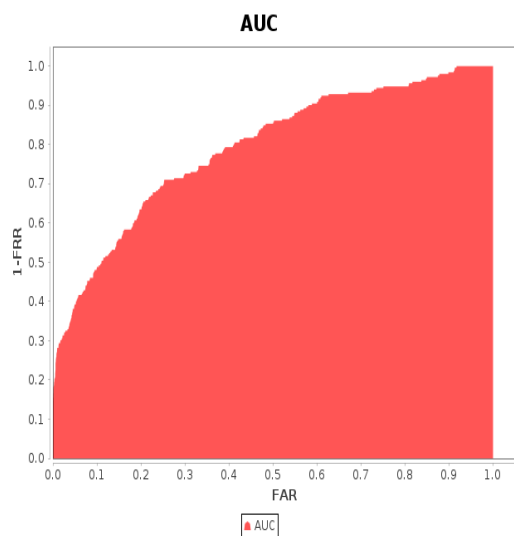


Figura 47. Auc assi combinati,
media pesata, 1.A
Auc 0.79

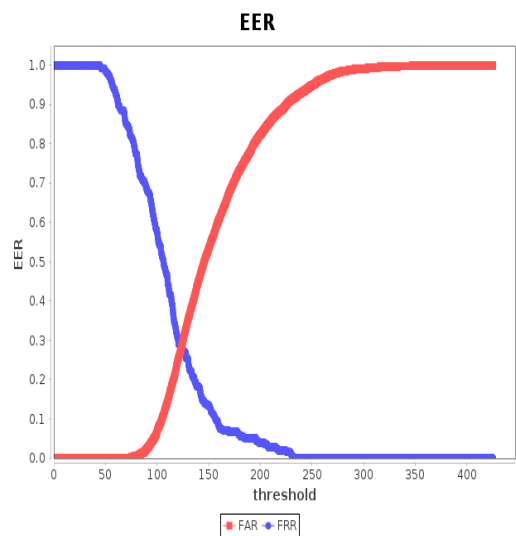


Figura 48. EER assi combinati,
media pesata, 1.A
EER 0.29

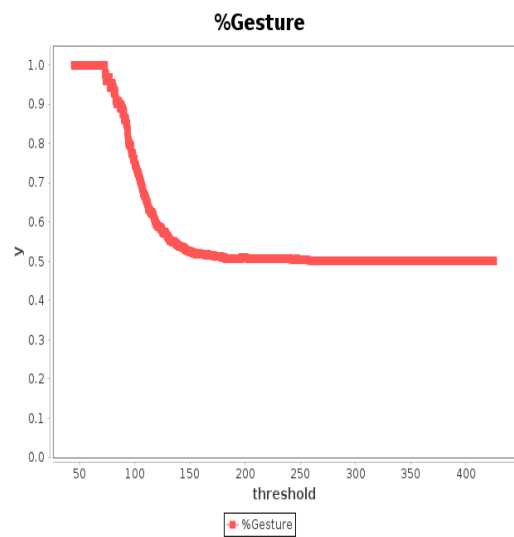
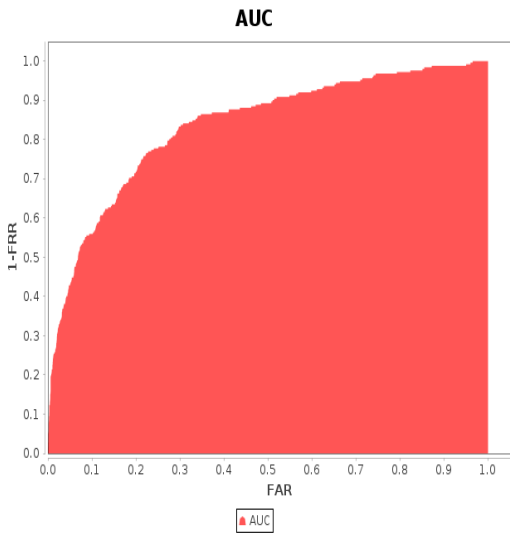
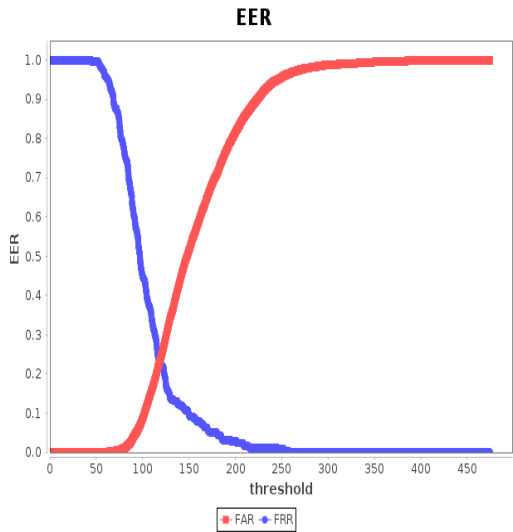


Figura 49. %Gesture assi combinati,
media pesata, 1.A

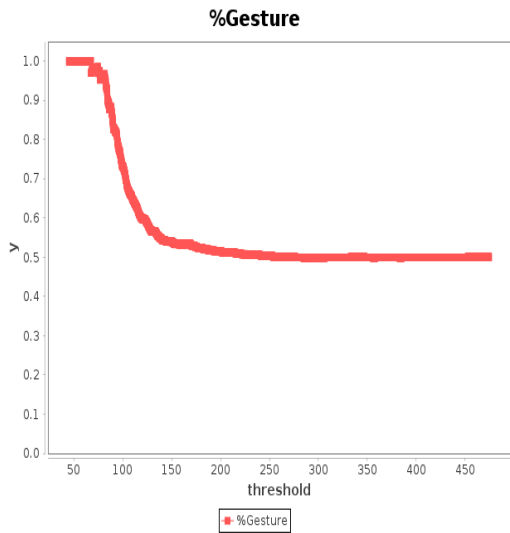
2.A (Figure 50,51,52)



**Figura 50. Auc assi combinati,
media pesata, 2.A**
Auc 0.84



**Figura 51. EER assi combinati,
media pesata, 2.A**
EER 0.23



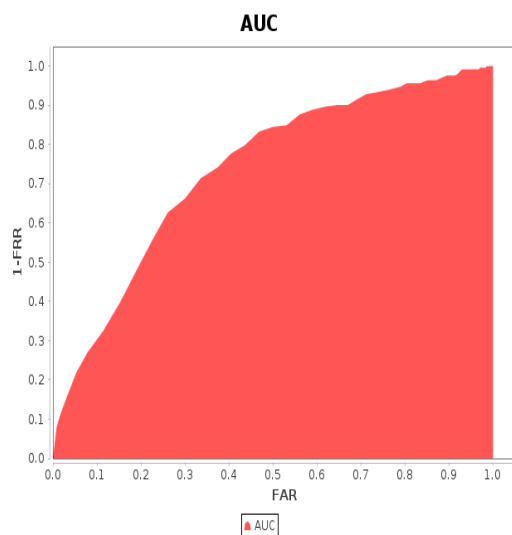
**Figura 52. %Gesture assi combinati,
media pesata, 2.A**

Auc medio 0.82
EER medio 0.26

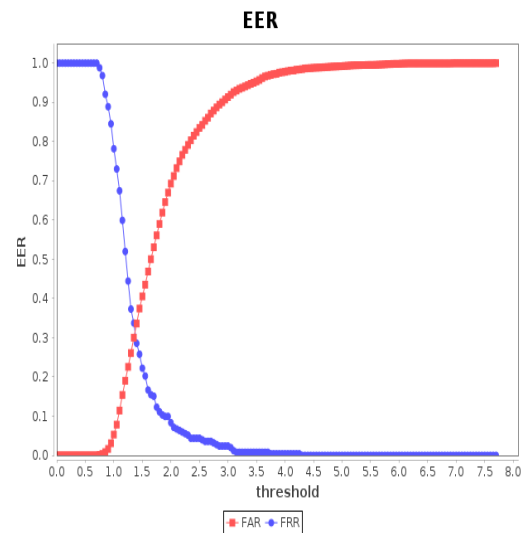
7.2.2 Algoritmo basato su una particolare fuzzy function

Con interpolation:

1.A (Figure 53,54,55)



**Figura 53. Auc with interpolation, 1.A
Auc 0.74**



**Figura 54. EER with interpolation,1.A
EER 0.32**

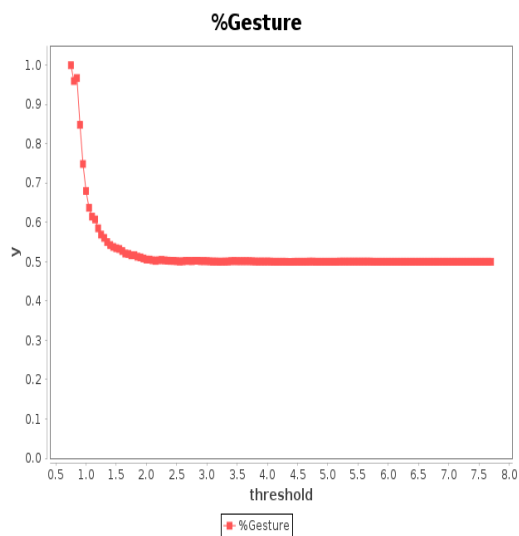


Figura 55. %Gesture with interpolation, 1.A

2.A (Figure 56,57,58):

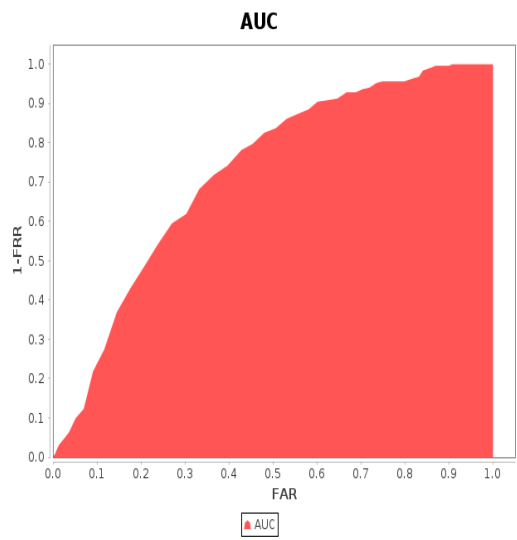


Figura 56. Auc with interpolation, 2.A
Auc 0.72

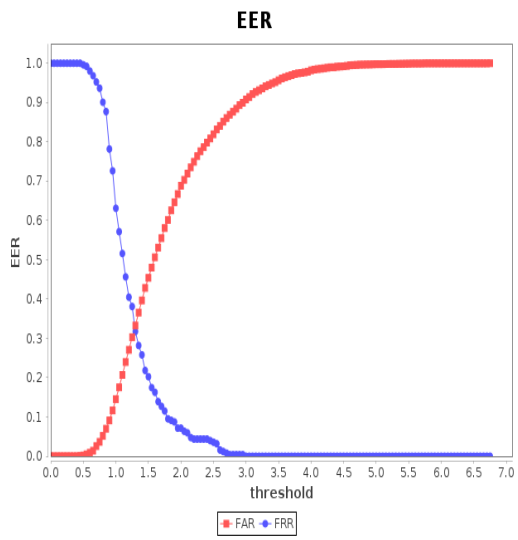


Figura 57. EER with interpolation, 2.A
EER 0.32

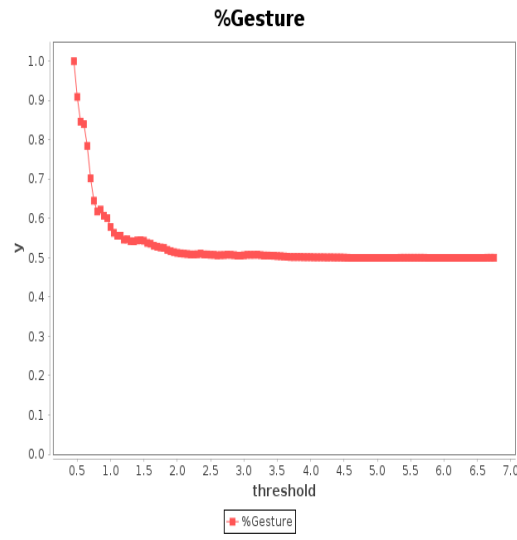


Figura 58. %Gesture with interpolation, 2.A

Auc medio 0.73
EER medio 0.32

Senza interpolazione:

1.A (Figure 59,60,61)

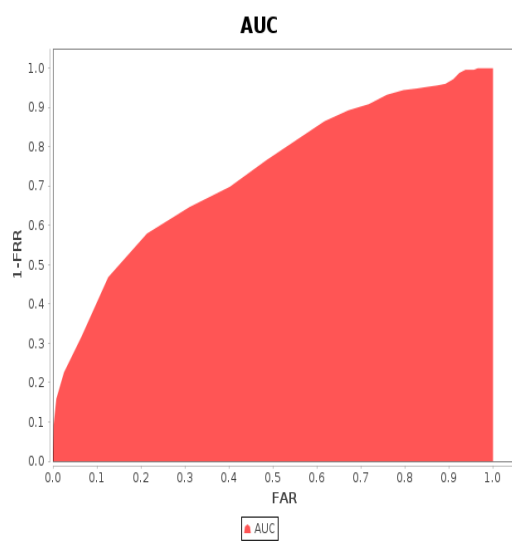


Figura 59. Auc without interpolation, 1.A
Auc 0.74

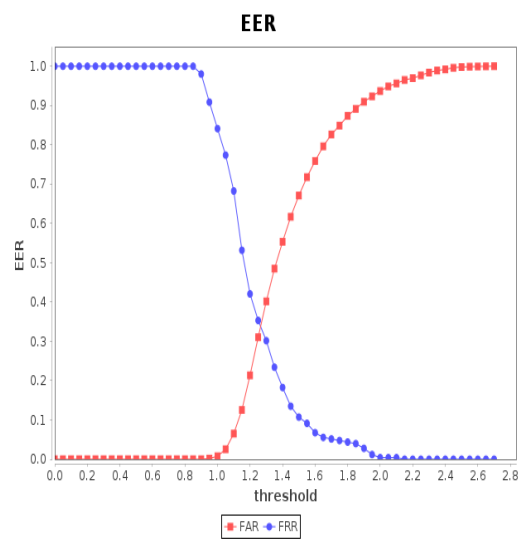


Figura 60. EER without interpolation, 1.A
EER 0.36

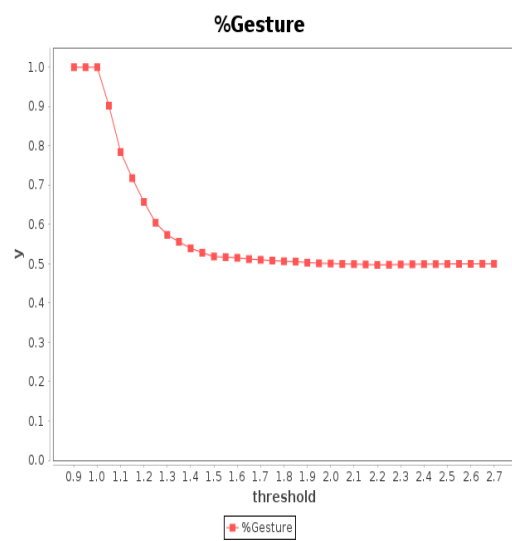


Figura 61. %Gesture without interpolation, 1.A

2.A (Figure 62,63,64)

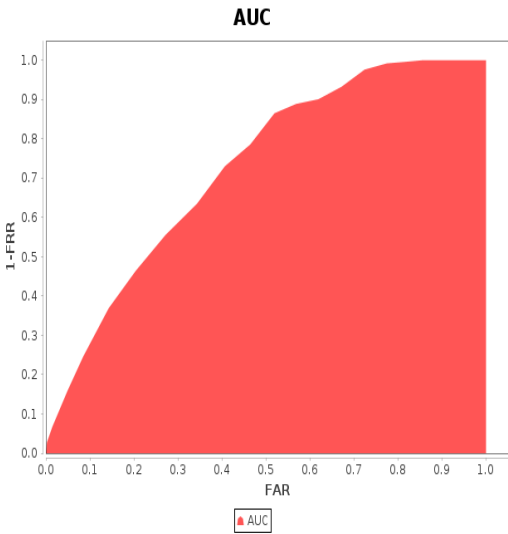


Figura 62. Auc without interpolation, 2.A
Auc 0.73

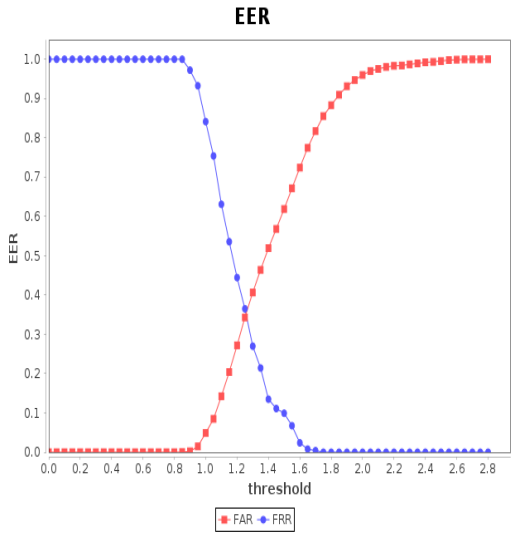


Figura 63. EER without interpolation, 2.A
EER 0.38

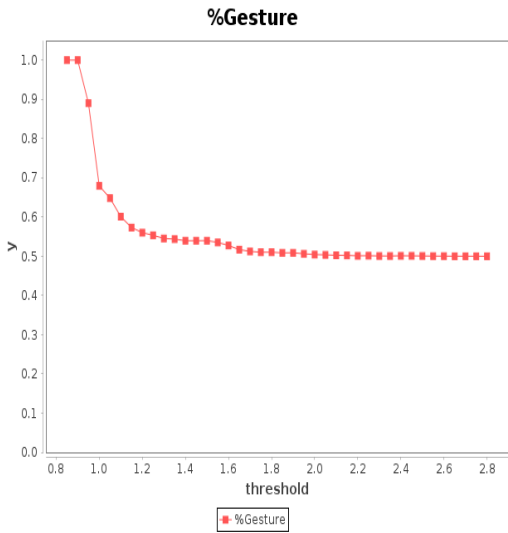


Figura 64. %Gesture without interpolation, 2.A

Auc medio 0.74
EER medio 0.37

7.1 Osservazioni

Verifica

I risultati ottenuti utilizzando il **Dtw** sono molto soddisfacenti, in particolare quando utilizziamo un approccio basato su assi combinati.

Otteniamo infatti:

Assi combinati media non pesata:

Auc medio 0.82

EER medio 0.26

Assi combinati con media pesata:

Auc medio 0.82

EER medio 0.26

Per quanto riguarda un approccio basato su asse singolo, gli assi in cui otteniamo il miglior risultato sono l'asse X e l'asse Z

Asse X

Auc medio 0.78

EER medio 0.30

Asse Z

Auc medio 0.77

EER medio 0.31

Passando all'**algoritmo basato su una particolare fuzzy function**, i risultati ottenuti non sono altrettanto soddisfacenti sia quando utilizziamo l'interpolation in fase 2 che quando non la utilizziamo.

With interpolation

Auc medio 0.73

EER medio 0.32

Without interpolation

Auc medio 0.74

EER medio 0.37

Ipotesi di analisi dei risultati per %Gesture :

Maggiore è il threshold minore è la probabilità che i tentativi ritenuti ammissibili siano coppie probe/template con la stessa figura.

Infatti la statistica dal valore 1 scende fino a tendere a 0.5 e si mantiene vicino a 0.5 avendo alcune piccole variazioni date dall'incremento del threshold.

Il threshold farà aumentare FA ma in alcuni casi incrementerà anche gli altri valori ovvero G_corretto_C ma anche G_corretto_I e GA.

Identificazione

In identificazione il **Dtw** ottiene risultati soddisfacenti in particolare in asse X e asse Z per l'identificazione dell'identità.

Asse X

Cms(1) 0.32

Cms(5) 0.68

Cms(10) 0.88

Asse Z

Cms(1) 0.32

Cms(5) 0.68

Cms(10) 0.87

Ma soprattutto in assi combinati senza pesi:

Cms(1) 0.43

Cms(5) 0.77

Cms(10) 0.91

Invece per l'**identificazione del gesto** la migliore prestazione la ottiene l'**asse Y**
Gesture recognition rate medio 0.89

Per l'**algoritmo che utilizza la fuzzy function** si ottengono le migliori prestazioni non usando l'interpolation in fase 2 sia per l'identificazione dell'identità che per il gesto

Cms(1) 0.22

Cms(5) 0.59

Cms(10) 0.79

Gesture recognition rate medio 0.73

8 Conclusioni

8.1 Obbiettivi raggiunti

Lo studio si è basato sulla realizzazione di un'applicazione per cellulare MemGes che è stata utilizzata per l'acquisizione di sample e di un sistema biometrico Sys_Bio per permettere il confronto tra il Dtw tradizionale e un algoritmo basato su una particolare fuzzy function.

I risultati ottenuti su un dataset di 21 utenti mostrano che l'approccio in cui si utilizza il Dtw si è dimostrato più performante sia in identificazione che in verifica, soprattutto quando si calcola il valore di distanza utilizzando tutti e tre gli assi.

L'algoritmo che utilizza la fuzzy function non ottiene risultati altrettanto soddisfacenti. Probabilmente ciò è dovuto alla forte dipendenza che hanno le costanti utilizzate nel metodo dal database su cui vengono dedotte.

In questo studio infatti si sono utilizzate le costanti che ottimizzavano l'EER nei database raccolti per la ricerca in cui è stato sviluppato l'algoritmo.

8.2 Sviluppi futuri

I risultati ottenuti sono calcolati utilizzando un dataset di 21 utenti, sarebbe importante ampliare il dataset in modo da avere risultati ancora più veritieri.

Inoltre per il metodo che utilizza la fuzzy function si dovrebbe effettuare uno studio per trovare le costanti che ottimizzino l'EER nel nostro dataset.

Per quanto riguarda il Dtw tradizionale potremmo ampliare lo studio cercando di migliorare le sue prestazioni utilizzando dei pesi ancora più precisi.

Bibliografia

- Riconoscimento di un utente a partire da passphrase eseguita con lo smartwatch Mattia Pascolini, Maria De Marsico, Alessio Mecca
- "Authentication in mobile devices through hand gesture recognition" J. Guerra-Casanova · C. Sánchez-Ávila · G. Bailador · A. de Santos Sierra.
- A Roadmap to Continuous Biometric Authentication on Mobile Devices Marlies Rybníček, Christoph Lang-Muhr, Daniel Haslinger Institute of IT Security Research St. Pölten University of Applied Sciences St. Pölten, Austria