

# Homework 1

## Riconoscimento facciale attraverso "Eigenfaces"

3 Aprile 2023

In questo homework vi verrà richiesto di implementare e analizzare un algoritmo per il riconoscimento dei volti: il classico "Eigenfaces", sviluppato nel 1991 da Matthew Turk del Computer Science Department dell'Università della California e da Alex Pentland del Mit Media Laboratory. L'algoritmo ha come obiettivo il riconoscimento automatico di un volto, cioè se una immagine facciale è presente in un dataset a disposizione ed eventualmente identificare a quale persona appartiene nel dataset.

L'algoritmo prevede due fasi: una fase di training, dove si definisce lo spazio delle facce, e una fase di test, in cui si valuteranno le prestazioni dell'algoritmo su nuove immagini.

Sul portale della didattica potete scaricare un database di immagini ognuna raffigurante il volto di un soggetto. In particolare il database è costituito da 40 soggetti differenti e per ciascun soggetto sono presenti 10 immagini distinte. Le immagini hanno tutte la stessa dimensione ( $m \times n$  pixels) e sono immagini in scala di grigio. Separate il dataset in due parti: per esempio, le prime 6 foto per ciascun soggetto verranno utilizzate per il training mentre le restanti 4 verranno usate nella fase di test.

### 1. Training phase:

- (a) Trasformare le immagini nel training set in vettori  $\{f_1, f_2, \dots, f_L\}$  in  $\mathbb{R}^{mn}$ .
- (b) Calcolare la faccia media  $\tilde{f} = \frac{1}{L} \sum_{\ell=1}^L f_{\ell}$ .
- (c) Sottrarre ad ogni immagine ottenendo nuovi vettori:  $\phi_{\ell} = f_{\ell} - \tilde{f}$  con  $\ell \in \{1, \dots, L\}$ .
- (d) Calcolare la matrice  $\Phi = [\phi_1, \dots, \phi_L]$  e la matrice di covarianza  $C = \frac{1}{L} \Phi \Phi^{\top} = \frac{1}{L} \sum_{\ell=1}^L \phi_{\ell} \phi_{\ell}^{\top}$ .
- (e) Calcolare  $L$  autovettori di  $C$  e riordinare gli autovettori in ordine decrescente in base ai loro autovalori associati  $\{v_1, \dots, v_L\}$ .
- (f) Scegliere un valore sotto al quale gli autovalori ed i loro autovettori associati vengano eliminati.

- (g) Proiettare le facce del database iniziale nello spazio generato dagli autovettori rimasti  $\{v_1, \dots, v_{L'}\}$  (autofacce)
- 2. Test phase: La fase di test è la procedura automatica di riconoscimento facciale, ossia, data una nuova immagine facciale, stabilire se il volto è presente nel dataset. La procedura prevede invece questi passaggi principali:
  - (a) scegliere una soglia  $\Theta$  sotto al quale il soggetto è considerato non riconosciuto;
  - (b) trasformare la nuova immagine  $f_{\text{new}}$  in vettore;
  - (c) sottrarre la faccia media alla nuova immagine  $\phi_{\text{new}} = f_{\text{new}} - \tilde{f}$ ;
  - (d) proiettare  $\phi_{\text{new}}$  nello spazio delle autofacce;
  - (e) calcolare la minima distanza euclidea  $\epsilon$  tra  $\phi_{\text{new}}$  e lo spazio generato dalle autofacce.
  - (f) Verificare se  $\epsilon < \Theta$ . Se  $\epsilon < \Theta$  la faccia è presente nel database. Si determina a quale soggetto corrisponde la faccia individuando la  $j$ -esima faccia che minimizza la distanza tra la nuova immagine e lo spazio delle autofacce.

Testare l'algoritmo sul dataset messo a disposizione. Commentare i risultati al variare delle varie scelte dei parametri (numero di immagini usate nel training per ciascun soggetto, soglia  $\Theta$ , numero di autofacce usate per la riduzione della dimensionalità  $L', \dots$ ).