

Reconhecimento Facial utilizando Eigenfaces

Caio Lins Juliane Martins

FGV - EMAP

2020



Introdução

- ▶ Como humanos reconhecem faces?

Introdução

- ▶ Como humanos reconhecem faces?
- ▶ Reconhecimento por Eigenfaces (PCA).

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Dados utilizados: “AT&T Database of Faces” [1]. 40 indivíduos, 10 imagens de cada.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Dados utilizados: “AT&T Database of Faces” [1]. 40 indivíduos, 10 imagens de cada.
- ▶ Conjunto de treino: 9 das 10 fotos de 39 indivíduos, totalizando 351 imagens 112×92 em escala de cinza.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- Equivalente a $\{\Gamma_i \in \mathbb{R}^{10304} ; 1 \leq i \leq 351\}$

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- Equivalente a $\{\Gamma_i \in \mathbb{R}^{10304} ; 1 \leq i \leq 351\}$

$$\begin{bmatrix} 0.336 & \cdots & 0.947 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.214 & \cdots & 0.445 \end{bmatrix}_{112 \times 92} \longrightarrow \begin{bmatrix} 0.336 \\ \vdots \\ 0.947 \\ \vdots \\ 0.214 \\ \vdots \\ 0.445 \end{bmatrix}_{10304 \times 1} .$$

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- Cálculo da *face média*:

$$\Psi = \frac{1}{351} \sum_{i=1}^{351} \Gamma_i.$$

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Cálculo da *face média*:

$$\Psi = \frac{1}{351} \sum_{i=1}^{351} \Gamma_i.$$

- ▶ Centralização dos dados:

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi.$$



Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Agora define-se a matriz de dados:

$$A = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \cdots & \Phi_{351} \end{bmatrix}.$$

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Agora define-se a matriz de dados:

$$A = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \cdots & \Phi_{351} \end{bmatrix}.$$

- ▶ Componentes principais por SVD: Matrizes $U_{10304 \times 351}$, $V_{351 \times 351}$ ortogonais e $\Sigma_{351 \times 351}$ diagonal tais que

$$A = U\Sigma V^T.$$

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Agora define-se a matriz de dados:

$$A = \begin{bmatrix} \Phi_1 & \cdots & \Phi_{351} \end{bmatrix}.$$

- ▶ Componentes principais por SVD: Matrizes $U_{10304 \times 351}$, $V_{351 \times 351}$ ortogonais e $\Sigma_{351 \times 351}$ diagonal tais que

$$A = U\Sigma V^T.$$

- ▶ Colunas de $U \leftrightarrow$ autovetores de $\frac{1}{n-1}AA^T$ (matriz de covariância). Elas são as *Eigenfaces*.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- Decaimento dos valores singulares:

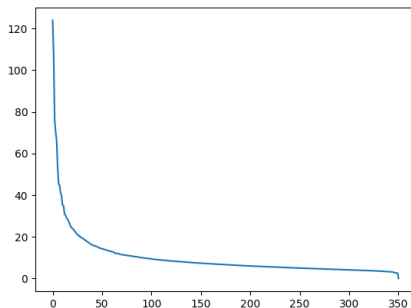


Figura: Percebe-se uma rápida queda nos valores singulares, para próximo de 0. Utilizamos, então, as 33 primeiras eigenfaces.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Projeta-se os vetores Φ_i no subespaço $E \subset \mathbb{R}^{10304}$ gerado pelas eigenfaces q_1, \dots, q_{33} (*face space*).

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Projeta-se os vetores Φ_i no subespaço $E \subset \mathbb{R}^{10304}$ gerado pelas eigenfaces q_1, \dots, q_{33} (*face space*).
- ▶ Para cada Φ_i , obtém-se um vetor de coeficientes Ω_i tal que

$$\text{proj}_E \Phi_i = \begin{bmatrix} q_1 & \cdots & q_{33} \end{bmatrix} \Omega_i.$$

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Projeta-se os vetores Φ_i no subespaço $E \subset \mathbb{R}^{10304}$ gerado pelas eigenfaces q_1, \dots, q_{33} (*face space*).
- ▶ Para cada Φ_i , obtém-se um vetor de coeficientes Ω_i tal que

$$\text{proj}_E \Phi_i = \begin{bmatrix} q_1 & \cdots & q_{33} \end{bmatrix} \Omega_i.$$

- ▶ Para a imagem desconhecida Γ , obtém-se, de maneira análoga, os vetores Φ e Ω .

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

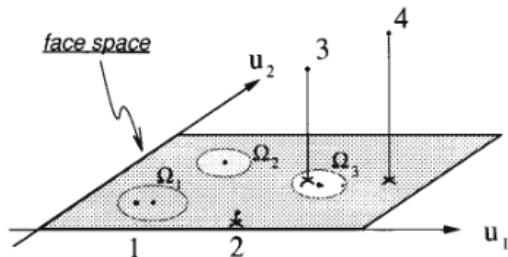


Figura: Representação da projeção de algumas imagens no face space[2].

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Caso o erro de projeção $\|\Phi - \text{proj}_E \Phi\|$ seja maior que um limite θ_δ , a imagem não é uma face.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces: Algoritmo 1

- ▶ Os vetores Ω_i são agrupados por indivíduo (9 vetores para cada um).

Reconhecimento utilizando Eigenfaces: Algoritmo 1

- ▶ Os vetores Ω_i são agrupados por indivíduo (9 vetores para cada um).
- ▶ Em cada grupo, é calculada a média dos valores $\|\Omega - \Omega_i\|$.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces: Algoritmo 1

- ▶ Os vetores Ω_i são agrupados por indivíduo (9 vetores para cada um).
- ▶ Em cada grupo, é calculada a média dos valores $\|\Omega - \Omega_i\|$.
- ▶ A foto tem mais chances de pertencer ao indivíduo que tiver menor média associada.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces: Algoritmo 2

- ▶ Calcula-se o erro $\|\Omega - \Omega_i\|$ para todas as imagens do conjunto de treino.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces: Algoritmo 2

- ▶ Calcula-se o erro $\|\Omega - \Omega_i\|$ para todas as imagens do conjunto de treino.
- ▶ Identifica-se qual imagem apresenta o menor erro.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces: Algoritmo 2

- ▶ Calcula-se o erro $\|\Omega - \Omega_i\|$ para todas as imagens do conjunto de treino.
- ▶ Identifica-se qual imagem apresenta o menor erro.
- ▶ A foto desconhecida tem mais chances de pertencer ao indivíduo presente nessa imagem.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Nos dois Algoritmos, se o mínimo obtido é maior que um limite θ_ϵ , a imagem pertence a uma pessoa desconhecida. Esse limite é diferente para cada algoritmo.

Reconhecimento utilizando Eigenfaces

- ▶ Nos dois Algoritmos, se o mínimo obtido é maior que um limite θ_ε , a imagem pertence a uma pessoa desconhecida. Esse limite é diferente para cada algoritmo.
- ▶ Escolha de θ_δ e θ_ε .

Resultados obtidos

A técnica foi testada com três tipos de imagem:

- ▶ Tipo *A* (351 imagens): Imagem estava no conjunto de treino.
- ▶ Tipo *B* (39 imagens): Imagem não estava no conjunto de treino, mas a pessoa nela sim.
- ▶ Tipo *C* (10 imagens): Pessoa da imagem não estava no conjunto de treino.

Resultados obtidos: Algoritmo 1

Tipo Imagem	Não é face	Face desconhecida
<i>A</i>	0.00 %	25.36 %
<i>B</i>	0.00 %	38.46 %
<i>C</i>	0.00 %	100.00 %

Tipo Imagem	Reconheceu certo	Reconheceu errado
<i>A</i>	73.79 %	0.85 %
<i>B</i>	61.54 %	0.00 %
<i>C</i>	-	0.00 %

Resultados obtidos: Algoritmo 2

Tipo Imagem	Não é face	Face desconhecida
<i>A</i>	0.00 %	0.00 %
<i>B</i>	0.00 %	17.95 %
<i>C</i>	0.00 %	100.00 %

Tipo Imagem	Reconheceu certo	Reconheceu errado
A	100.00 %	0.00 %
B	82.05 %	0.00 %
C	-	0.00 %

Discussão dos resultados

- ▶ Expectativa: Algoritmo 1 melhor para fotos do tipo B e Algoritmo 2, para fotos do tipo A .

Discussão dos resultados

- ▶ Expectativa: Algoritmo 1 melhor para fotos do tipo B e Algoritmo 2, para fotos do tipo A .
- ▶ Superioridade do Algoritmo 2.

Discussão dos resultados

- ▶ Expectativa: Algoritmo 1 melhor para fotos do tipo *B* e Algoritmo 2, para fotos do tipo *A*.
- ▶ Superioridade do Algoritmo 2.
- ▶ Principais fatores que afetam capacidade de reconhecimento:
 - ▶ Tamanho do rosto na foto
 - ▶ Posição do rosto na imagem
 - ▶ Inclinação do rosto
 - ▶ Iluminação

Discussão dos resultados



Figura: Quatro imagens do indivíduo 1.

Referências



AT&T Face Laboratories Cambridge.

The database of faces, 2002.

Dados obtidos de, [https:](https://www.kaggle.com/kasikrit/att-database-of-faces)

[//www.kaggle.com/kasikrit/att-database-of-faces](https://www.kaggle.com/kasikrit/att-database-of-faces).



M. A. Turk and A. P. Pentland.

Face recognition using eigenfaces.

Proceedings. 1991 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 586–591, 1991.