

Eigenhands For Recognition

Detección y reconocimiento de gestos de mano

Gabriela Hilario & Luis Alberto Pineda

17 de Abril de 2023



Descripción del proyecto

Detección y reconocimiento de gestos de mano en 2D, implementando un algoritmo basado en Principal Component Analysis (PCA), llamado *Eigenfaces for Recognition*, y descrito por Turk y Pentland en su artículo publicado en 1991 [3].

Objetivos

- Utilizar una base de datos disponible en la web o crear una (*Training*).
- Generar una base pequeña con gestos para las pruebas experimentales (*Test*).
- Implementar el algoritmo de *Eigenfaces* pero enfocado para gestos de mano.

Tabla de contenido

1 Introducción

- ▶ Introducción
- ▶ Materiales y Métodos
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ References

Principal Component Analysis (PCA)

1 Introducción

El Análisis de Componentes Principales (PCA), es un método estadístico cuya utilidad radica en la reducción de la dimensionalidad o de variables dado un conjunto de datos.

Existe un *trade-off* [**precisión - simplicidad**] al momento de utilizar PCA.

Pasos del PCA - 1

1 Introducción

El análisis por PCA puede descomponer en los siguientes pasos:

- Estandarización de los datos. Esto evita que haya un **sesgo o bias**.

$$Z = \frac{\text{valor} - \text{media}}{\text{desviacion estandar}}$$

- Obtención de la matriz de covarianza. Se busca conocer cómo es que las variables **varian** entre ellas.

$$\begin{bmatrix} Cov(x, x) & Cov(x, y) & Cov(x, z) \\ Cov(y, x) & Cov(y, y) & Cov(y, z) \\ Cov(z, x) & Cov(z, y) & Cov(z, z) \end{bmatrix}$$

Pasos del PCA - 2

1 Introducción

- Obtención de los eigenvalores y eigenvectores de la matriz de covarianza, los cuales son los **componentes principales**. Cada componente principal contiene información **única**. Los componentes carecen de explicación o sentido.
- Construcción del vector característico. Se toma la decisión de descartar los **eigenvectores** menos relevantes.
- Reconformar la base de datos a lo largo de los **eigenvectores más relevantes**.

Principal Component Analysis (PCA)

1 Introducción

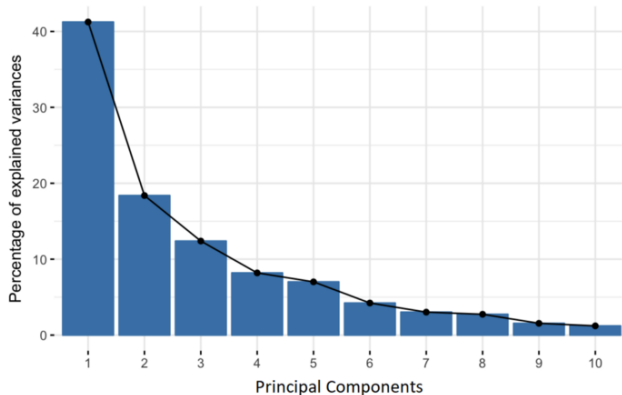


Figure: Comparación del Porcentaje de la varianza *vs* el número de componentes principales

Algoritmo de Eigenfaces

1 Introducción

Fue presentado por primera vez por Sirovich y Kirby en 1987 [2], y posteriormente formalizado por Turk y Pentland en 1991 [3].

Procedimiento General

Cada cara se almacena en un vector de dimensión N^2 . Y el Análisis de los Componentes Principales (PCA) se utiliza para encontrar un subespacio de dimensión M cuyos vectores de la base corresponden a las direcciones de máxima varianza en el espacio original de la imagen. Este nuevo subespacio es normalmente de dimensión más baja ($M \ll N^2$).

Etapas del algoritmo

1 Introducción

(I) Initialization

Training set
 $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_M$



Compute eigenfaces
$$u_l = \sum_{k=1}^M v_{lk} \Phi_k$$



Calculate the class vector Ω_k for each known class
 $\Omega^T = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M]$

(II) Classification

Calculate the pattern vector Ω , for each new image



Calculate the euclidean distances to each known class
 $\epsilon_k = \|\Omega - \Omega_k\|^2$



Classify the input image according to the smallest euclidean distance ϵ_k

Figure: Etapas del algoritmo eigenfaces.

Tabla de contenido

2 Materiales y Métodos

- ▶ Introducción
- ▶ **Materiales y Métodos**
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ References

Materiales

2 Materiales y Métodos

- Computador
- Cámara/sensor

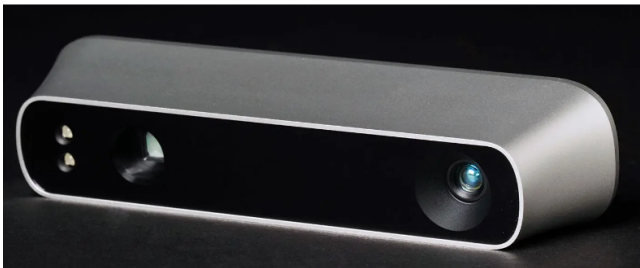
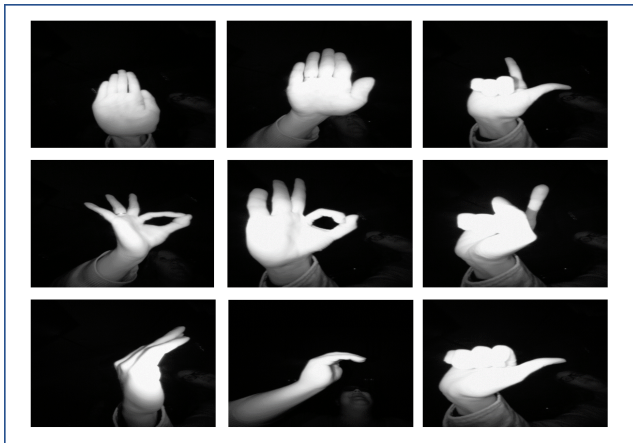


Figure: Infrared and depth sensor.

Adquisición de la BD

2 Materiales y Métodos

- Inicialmente se estuvo trabajando con una base de datos de gestos manuales, alojada en la plataforma kaggle.

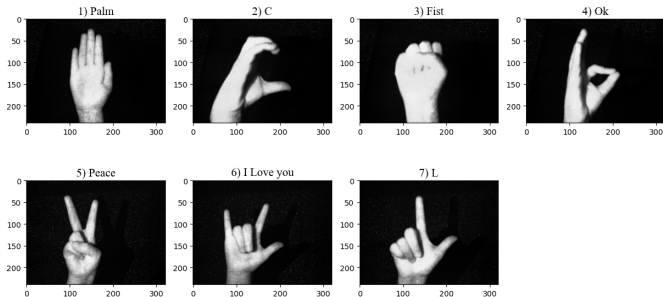


Adquisición de la BD

2 Materiales y Métodos

- Se optó por crear una base de datos propia, tanto para el *training set* como para el *test set*.

Gestos para el set de entrenamiento



Preprocesamiento

2 Materiales y Métodos

Es necesario el **estandarizar** las imágenes antes de que sean ingresadas al sistema. Para ello, se realizó el siguiente preprocesamiento, mostrado en la figura 4.

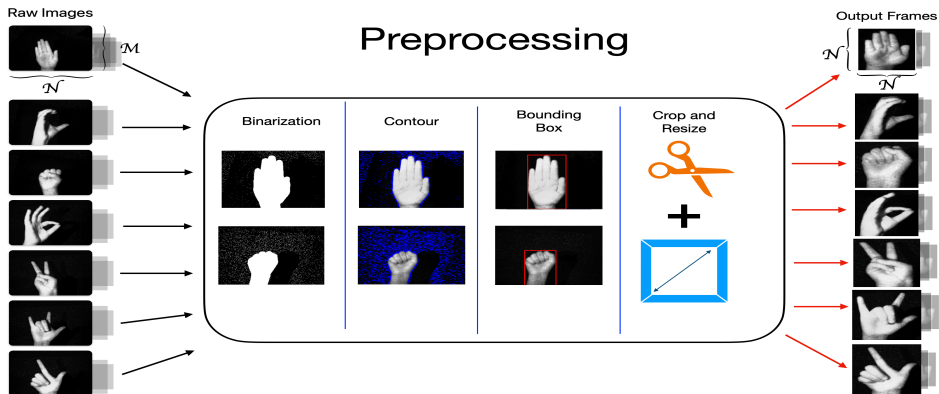


Figure: Preprocesamiento de las imagenes para conformar la base de datos de sistema

Procedimiento del PCA - 1

2 Materiales y Métodos

Comenzamos transformando nuestra imagen de entrada de dimensiones $N \times N$ a un vector columna de dimensiones $1 \times N^2$. Ver figura 5.

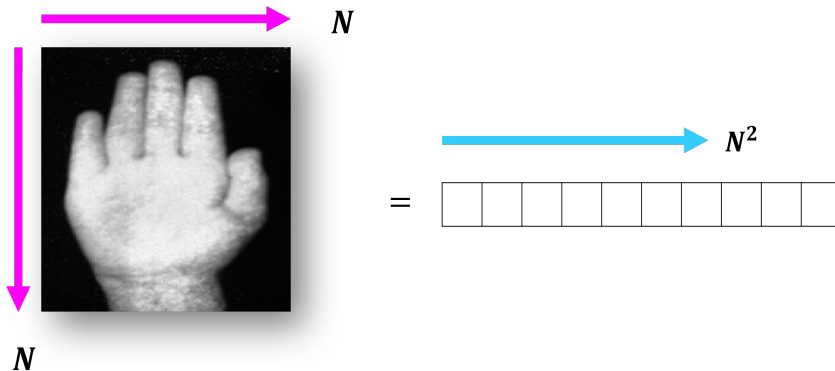


Figure: Vector imagen.

Procedimiento del PCA - 2

2 Materiales y Métodos

Ya con todas las imágenes del data-set aplanadas, formamos la siguiente matriz, la cuál tiene dimensiones de $M \times N^2$ (M Imágenes de entrada por N^2 número de píxeles). A esta le llamamos conjunto de entrenamiento $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_M$.

$$\begin{bmatrix} \Gamma_1 \\ \Gamma_2 \\ \vdots \\ \Gamma_M \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} \\ \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} \\ \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} \\ \vdots & & & & & & & & & & \\ \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} & \boxed{} \end{pmatrix} M \times N^2$$

Figure: Conjunto de entrenamiento.

Fase 1 - Mano promedio

2 Materiales y Métodos

Obtenemos la mano promedio de acuerdo a la ecuación (1).

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (1)$$

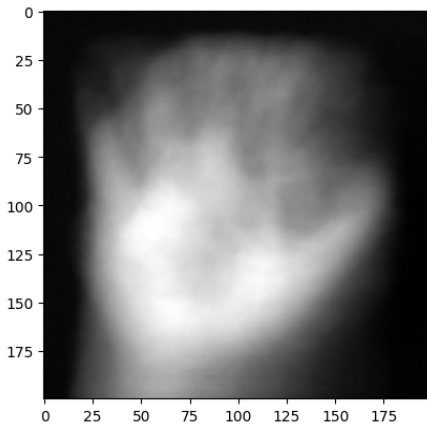


Figure: Mano promedio

Fase 1 - Desviaciones estándar

2 Materiales y Métodos

Ya con la mano promedio, obtenemos las desviaciones estándar que presenta cada imagen de entrada contra la mano promedio Ψ :

$$\Phi = \Gamma_i - \Psi$$

Cada uno de los vectores resultantes de realizar la diferencia, es almacenado en la matriz A :

$$A = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_M]$$

Ya con la matriz A construida, obtenemos la matriz L con dimensiones $M \times M$:

$$L = A^T A$$

Fase 1 - Obtención de los eigenvalores y eigenvectores

2 Materiales y Métodos

Encontramos los **eigenvalores** μ_i y los **eigenvectores** v_i de la matriz L . Tales que satisfagan la siguiente relación:

$$Av_i = \mu_i v_i$$

Fase 1 - Suma acumulada de PCA

2 Materiales y Métodos

Ya que contamos con los **eigenvalores** μ_i y los **eigenvectores** v_i de la matriz L , se encuentra aquellos que sean los más representativos. Para esto, se hace uso de la **suma acumulada de los componentes principales**. Esta suma se muestra en la siguiente figura 8.

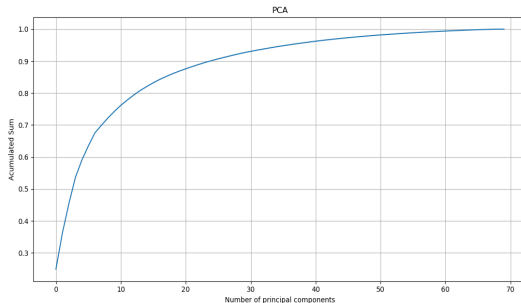


Figure: Suma acumulada de los componentes principales de la matriz L .

Tabla de contenido

3 Resultados

- ▶ Introducción
- ▶ Materiales y Métodos
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ References

Selecting the Class

3 Resultados

After the last update to the graphic profile, the `sintef` theme for Beamer has been updated into a full-fledged class. To start working with `sintefbeamer`, start a \LaTeX document with the preamble:

Minimum SINTEF Beamer Document

```
1 \documentclass{sintefbeamer}
2 \begin{document}
3 \begin{frame}{Hello, world!}
4 \end{frame}
5 \end{document}
```

To set a typical title page, you call some commands in the preamble:

The Commands for the Title Page

```
1 \title{Sample Title}  
2 \subtitle{Sample subtitle}  
3 \author{First Author, Second Author}  
4 \date{Defaults to today's}
```

You can then write out the title page with `\maketitle`.

You can set a different background image than the default one with the `\titlebackground` command, set before `\maketitle`.

In the `backgrounds` folder, you can find a lot of standard backgrounds for SINTEF presentation title pages.



Writing a Simple Slide

It's really easy!

- A typical slide has bulleted lists



Writing a Simple Slide

It's really easy!

- A typical slide has bulleted lists
- These can be uncovered in sequence

Writing a Simple Slide

It's really easy!

- A typical slide has bulleted lists
- These can be uncovered in sequence

Code for a Page with an Itemised List

```
1 \begin{frame}
2   \frametitle{Writing a Simple Slide}
3   \framesubtitle{It's really easy!}
4   \begin{itemize}[<+>]
5     \item A typical slide has bulleted lists
6     \item These can be uncovered in sequence
7   \end{itemize}
8 \end{frame}
```

Adding images

3 Resultados

Adding images works like in normal L^AT_EX:

Code for Adding Images

```
1 \usepackage{graphicx}
2 % ...
3 \includegraphics
4 [width=\textwidth]{images/default}
```



Splitting in Columns

3 Resultados

Splitting the page is easy and common; typically, one side has a picture and the other text:

This is the first column

And this the second

Column Code

```
1 \begin{columns}
2   \begin{column}{0.6\textwidth}
3     This is the first column
4   \end{column}
5   \begin{column}{0.3\textwidth}
6     And this the second
7   \end{column}
8   % There could be more!
9 \end{columns}
```

Fonts

3 Resultados

- The paramount task of fonts is being readable
- There are good ones...
 - Use serif fonts only with high-definition projectors
 - Use sans-serif fonts otherwise (or if you simply prefer them)
- ... and not so good ones:
 - Never use monospace for normal text
 - Gothic, calligraphic or weird fonts should always be avoided

Look

3 Resultados

- To change the colour of the title dash, give one of the class options `cyandash` (default), `greendash`, `magentadash`, `yellowdash`, or `nodash`.
- To change between the light and dark themes, give the class options `light` (default) or `dark`. It is not possible to switch theme for one slide because of the design of Beamer—and it's probably a good thing.
- To insert a final slide, use `\backmatter`.
- The aspect ratio defaults to 16:9, but you can change it to 4:3 for old projectors by passing the class option `aspectratio=43`; any other values accepted by Beamer are also possible.

Tabla de contenido

4 Conclusiones

► Introducción

► Materiales y Métodos

► Resultados

► Conclusiones

► References



Good Luck!

4 Conclusiones

- Enough for an introduction! You should know enough by now
- If you have corrections or suggestions, [send them to me!](#)

Tabla de contenido

5 References

- ▶ Introducción
- ▶ Materiales y Métodos
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ References

References

5 References

- [1] Structure - the world' s leading healthcare 3d scanning platform.
Consultado el 10 de abril de 2023.
- [2] Lawrence Sirovich and Michael Kirby.
Low-dimensional procedure for the characterization of human faces.
Josa a, 4(3):519–524, 1987.
- [3] Matthew Turk and Alex Pentland.
Eigenfaces for recognition.
Journal of cognitive neuroscience, 3(1):71–86, 1991.



Cinvestav
Unidad Saltillo

Q&A

Thank you for listening!
Your feedback will be highly appreciated!