

Reconocimiento de rostros mediante Descomposición en Valores Singulares (SVD)

Gonzalo Bordón
Emanuel Nicolás Herrador

Universidad Nacional de Córdoba

13 de noviembre de 2025

Preprocesamiento de Imágenes

- 1 **Conversión a escala de grises**
- 2 **Redimensionamiento** a 100×100 píxeles
- 3 **Compresión usando SVD** con $k = 40$ valores singulares
- 4 **Normalización** al rango $[0, 1]$
- 5 **Vectorización** a 10,000 dimensiones

Compresión de Imágenes con SVD

¿Cómo funciona?

Dada una imagen $I \in \mathbb{R}^{m \times n}$, su descomposición SVD es:

$$I = U\Sigma V^T$$

La imagen comprimida se reconstruye usando solo los primeros k valores singulares:

$$I_{comp} = \sum_{i=1}^k \sigma_i u_i v_i^T$$

Ventajas

- Reduce significativamente el espacio de almacenamiento
- Los últimos valores singulares capturan principalmente ruido
- La estructura y formas principales se mantienen

Comparación: Original vs Comprimida

Imagen Original
(100×100 píxeles)



Imagen Comprimida
($k=40$ valores singulares)



Figura: Comparación visual: imagen original (izq.) vs comprimida con $k = 40$ (der.)

Algoritmo SVD - Pasos 1-4

Paso 1: Conjunto de Entrenamiento

$S = [f_1, f_2, \dots, f_N]$ donde cada f_i es una imagen vectorizada

Paso 2: Imagen Media

$$\bar{f} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i$$

Paso 3: Matriz de Diferencias

$A = [a_1, a_2, \dots, a_N]$, donde $a_i = f_i - \bar{f}$

Paso 4: Descomposición SVD

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

Las columnas de U son los **eigenfaces**

Algoritmo SVD - Pasos 5-7

Paso 5: Coordenadas de Entrenamiento

Para cada imagen f_i : $x_i = U^T(f_i - \bar{f})$

Paso 6: Selección de Umbrales

- ϵ_1 : umbral para determinar si es una cara
- ϵ_0 : umbral para determinar si pertenece a un individuo conocido

Paso 7: Clasificación

Calcular coordenadas y distancias para nueva imagen

Diagrama de Decisión

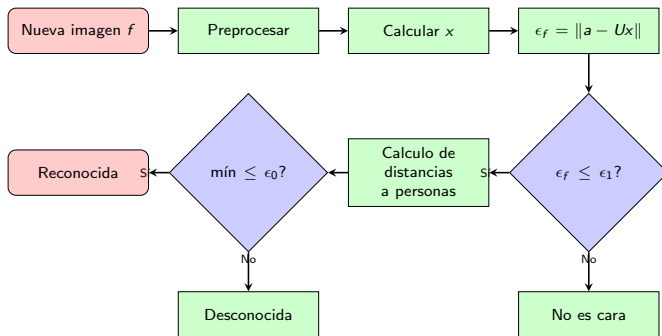


Figura: Diagrama de flujo del algoritmo de reconocimiento facial

Datasets y Resultados

Dataset de Celebrities

- 17 individuos
- ~100 imágenes/persona
- Condiciones variables



Figura: Imagen representativa del dataset de celebridades

Yale Face Database

- 28 personas
- 584 imágenes/persona
- Condiciones controladas

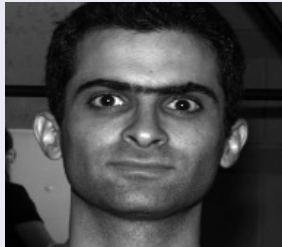


Figura: Imagen representativa del Yale Face Database

Comparación de Resultados

Métrica	Celebridades	Yale
Condiciones	Variables	Controladas
Imágenes/persona	~100	584
Exactitud	0,15 %	82,42 %
Precisión por persona	0 % - 29 %	> 59 %
F1-Score	-	> 60 %
Top-2 accuracy	27,9 %	88,6 %
Top-3 accuracy	35 %	91,2 %

¿Por qué la diferencia de rendimiento?

Dataset de Celebridades (0,15 %)

- **Pocas imágenes por persona** (~ 100 vs. 584)
- **Condiciones no controladas:** iluminación, pose, expresión variables
- **Falta de alineación facial** adecuada
- **Variabilidad alta** entre imágenes de la misma persona

Yale Face Database (82,42 %)

- **Más imágenes por persona** (584) \rightarrow espacio facial más robusto
- **Condiciones controladas:** iluminación y pose consistentes
- **Mejor alineación facial**
- **Preprocesamiento uniforme**

Conclusiones Principales

Resultado Clave

El método SVD es **viable para reconocimiento facial** cuando se cuenta con:

- Suficientes imágenes por persona
- Condiciones de captura controladas
- Buen preprocesamiento y alineación


Factor Determinante

La **calidad y cantidad de datos de entrenamiento** son factores críticos para el éxito del método

Mejoras Posibles

- **Preprocesamiento mejorado:** Ecualización de histograma adaptativa, normalización de iluminación, alineación facial precisa basada en puntos clave
- **Selección adaptativa de umbrales:** Métodos automáticos basados en distribución de distancias (percentiles, análisis estadístico)
- **Reducción de dimensionalidad selectiva:** Usar solo los primeros k valores singulares más importantes
- **Aumento de datos:** Generar variaciones sintéticas (rotaciones, cambios de iluminación) para robustecer el espacio facial

Referencias

-  Singular Value Decomposition Applied To Digital Image Processing. Lijie Cao.
-  Celebrity Face Image Dataset. Kaggle.
<https://www.kaggle.com/datasets/vishesh1412/celebrity-face-image-dataset>
-  Extended Yale B Cropped Full. Kaggle.
<https://www.kaggle.com/datasets/jensdhondt/extendedyaleb-cropped-full/data>

¡Gracias por su atención!