



Universidad Veracruzana

Maestría en Inteligencia Artificial

Visión por Computadora

**Tarea 8. Aplicación de un proceso de registro
sobre 1520 imágenes respecto a una de referencia
en MATLAB.**

Ángel García Báez

Profesor: Dr. Héctor Acosta Mesa

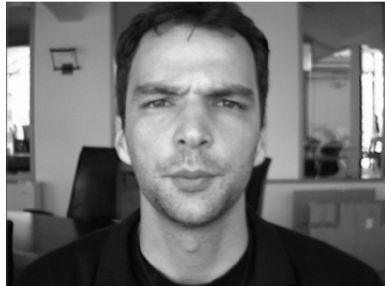
April 29, 2025

Contents

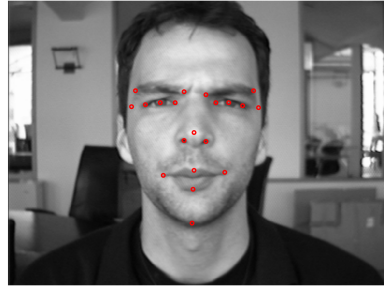
1	Objetivo de la práctica	2
2	Metodología	3
3	Resultados	5
3.1	Distribución antes del registro	5
3.2	Distribución después del registro	6
3.3	Selección de los ERM	7
3.4	Distribución con los primeros 100 mejores	8
4	Conclusiones	9
5	Referencias	10
6	Anexos	11
6.1	Implementación del proceso de registro y exploración en MAT-LAB	11

1 Objetivo de la práctica

Para la presente practica, se cuenta con un conjunto de 1520 imágenes, donde cada una de ellas tiene asociada una matriz extra de puntos de referencia de tamaño 20×2 . Se desea realizar un proceso de registro usando los puntos de referencia y tomando en cuenta la primer imagen del conjunto junto con sus puntos:



(a) Imagen 1 del conjunto.



(b) Imagen 1 con sus puntos de referencia.

Figure 1: Imagen y puntos de referencia.

Para ello, se pide hacer lo siguiente:

- Mostrar el mapa de distribución de puntos antes del registro de las imagenes
- Registrar las 1520 imágenes tomando como referencia la primer imagen.
- Calcular el error cuadrático medio y seleccionar a las 99 que más se parezcan a la de referencia (es decir, que tengan un menor ECM)
- Mostrar el mapa de distribución de puntos de las 100 imagenes registradas con menor ECM.

2 Metodología

De acuerdo con Gonzalez and Woods (2018), el proceso de registro en imágenes, es el proceso de alinear dos o más imágenes que pueden presentar deformaciones o estar desfasadas espacialmente por algún tipo de rotación, traslación o escala para que sus elementos de interés (boca, nariz ojos, etc...) coincidan en la misma posición. .

Para realizar este proceso, es fundamental hacer la selección de puntos de control (o Landmarks), regularmente se suelen marcar zonas clave de interés (en el caso de trabajar con rostros) como la boca, los ojos, la nariz. Para ello es necesario obtener dichos puntos de la imagen que sera usada como referencia a la cual se quieren hacer coincidir los puntos y los puntos de la imagen que se desea registrar.

Se pueden denotar como

- $p_i \in R^2$: Son los puntos de la imagen a registrar.
- $q_i \in R^2$: Son los puntos de la imagen de referencia.

El siguiente paso, es encontrar una transformación T que permita mapear los puntos de registro respecto a los puntos de la imagen de referencia tal que:

$$T(p_i) \sim q_i$$

Una gama de posibles transformaciones ya fue mencionada en la tarea 7, por lo que no se hace mayor énfasis en esta parte.

Para el caso particular de esta aplicación, se desea obtener una transformación afín homogénea que permita hacer el registro.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\text{Matriz de transformación homogénea}} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Donde:

- $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ codifican rotación, escala y cizalla.
- t_x, t_y representan la traslación en los ejes x e y , respectivamente.
- El vector $\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$ es el punto original en coordenadas homogéneas.

Una vez encontrada dicha transformación T , se procede a aplicar la transformación sobre los puntos de control de la imagen a la que se le quiere hacer el registro.

Hasta aquí quedaría el proceso, pero aun falta evaluar que tan bueno fue dicho ajuste mediante la transformación, para ello se evaluó mediante el error cuadrático medio entre los puntos con la transformación afín y los puntos de referencia como sigue:

$$ECM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ||T(p_i) - q_i||^2$$

Donde:

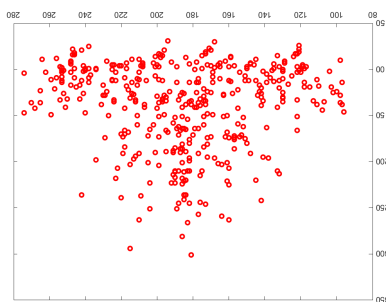
- ECM : Error Cuadrático Medio.
- N : Número total de puntos.
- p_i : Punto i del conjunto original.
- $T(p_i)$: Punto p_i después de aplicar la transformación T .
- q_i : Punto i del conjunto de referencia.
- $|| \cdot ||$: Norma euclidiana (distancia entre puntos).

Una vez definidos los elementos necesarios, a continuación se explican los pasos a seguir para la obtención de los resultados:

- Primero se obtuvo el gráfico de los 1520 conjuntos de puntos correspondientes a sus imágenes y se graficaron.
- Segundo, se hizo el registro de cada uno de los 1520 conjuntos de puntos respecto a la imagen 1 y se graficaron.
- Tercero, se obtuvo el ERM de cada conjunto de puntos transformado respecto al conjunto de la imagen 1 para evaluar que tan bueno fue el ajuste. Se hizo el histograma de la distribución de los errores cuadráticos medios y se ordenaron de menor a mayor.
- Finalmente, se obtuvieron únicamente los 100 conjuntos de puntos transformados que presentaron el error cuadrático más pequeño y se graficaron.

3 Resultados

3.1 Distribución antes del registro



(a) Distribución de los puntos.

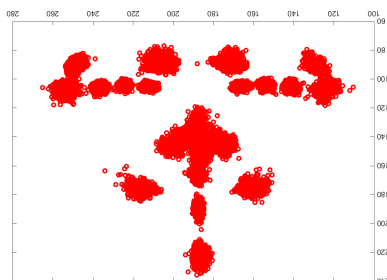


(b) Imagen con la distribución de los puntos.

Figure 2: Imagen y puntos de referencia.

El gráfico de distribución de los puntos muestra como se distribuyen los puntos de los 1520 conjuntos alrededor de la imagen de referencia, se observa como hay puntos que cubren todos los alrededores de las zonas clave (ojos, nariz y boca) de tal forma que se "desbordan" respecto a la imagen de referencia.

3.2 Distribución después del registro



(a) Distribución de los puntos después del registro.

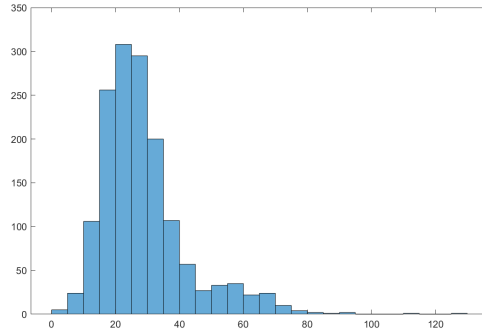


(b) Imagen con la distribución de los puntos después del registro.

Figure 3: Imagen y puntos de referencia.

Tras el proceso de registro, se observa como los puntos transformados se agrupan de forma que ahora sí están siendo compactados lo más posible dentro de las zonas de interés de la primer imagen, es decir, visualmente los puntos no se están desbordando de las zonas de interés, por lo que el proceso de registro fue exitoso.

3.3 Selección de los ERM



(a) Histograma de los errores cuadráticos medios.

Indice	MSE
1	0.00
7	3.04
6	3.07
8	4.49
9	4.73
4	5.05
1,016	5.37
5	6.65
13	6.69
15	6.71

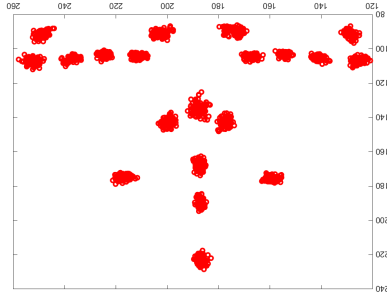
(b) Muestra de los mejores ordenados por ECM .

Figure 4: Imagen y puntos de referencia.

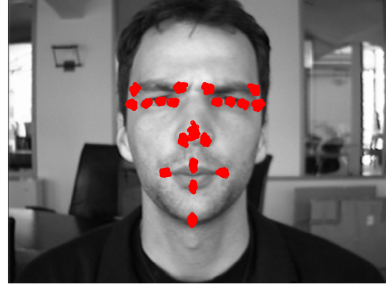
El histograma muestra como una parte considerable de los conjuntos de puntos se encuentran mayormente entre valores de 20 y 40 unidades.

La tabla de los ECM ordenados muestra como los puntos de referencia registrados consigo mismos, dan un error de 0, siendo que el segundo mejor conjunto reporta un valor del $ECM = 3.04$.

3.4 Distribución con los primeros 100 mejores



(a) Distribución de los 100 mejores puntos después del registro.



(b) Imagen con la distribución de los 100 mejores puntos después del registro.

Figure 5: Imagen y puntos de referencia.

Al escoger unicamente a los 100 con menor error cuadrático medio, se observa como los conjuntos de puntos marcan de forma muy compacta la zona alrededor de los puntos de referencia, siendo más notable esto en la zona de la nariz, donde son muy puntuales las acumulaciones en comparación con la imagen con todos los puntos registrados en donde se ve como los puntos se expanden por toda la nariz.

4 Conclusiones

Tras la implementación y evaluación del proceso de registro, se puede concluir que el proceso cumple con su trabajo, además que muestra lo importante que es evaluar que tan bueno fue dicho proceso de registro para el ajuste y estandarización de las imágenes mediante puntos de control.

5 Referencias

References

Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing*. Pearson.

6 Anexos

6.1 Implementación del proceso de registro y exploración en MATLAB

```
1  %% Cargar los datos de los puntos %%
2  ruta1 = "C:\\Users\\Angel\\Desktop\\BioID1520 1\\data_points.mat";
3  data = load(ruta1);
4  points = data.data;
5
6  %% Cara de referencia
7  ruta2 = "C:\\Users\\Angel\\Desktop\\BioID1520 1\\Im_Faces\\BioID_0001.pgm";
8  face = imread(ruta2);
9  NI = 1520;
10 % Extraer los puntos de la primera imagen
11 puntos1 = squeeze(points(1, :, :))'; % tamaño: 20 x 2
12
13
14 %% Registrar respecto a la primer imagen %%
15 % Proceso de registro %%
16 registro = zeros(NI, 2, 20);
17 for m = 1:NI
18 % Convertir los puntos i-esimos a matriz
19 coords = squeeze(points(m, :, :))';
20 % Obtener la transformación afín homogenea
21 tform = fitgeotrans(coords, puntos1, 'affine');
22 T = tform.T;
23 % Obtención del registro
24 for i = 1:20
25 [x2, y2] = transformPointsForward(tform, ...
26 coords(i,1), coords(i,2));
27 % Acomodar las nuevas coordenadas
28 registro(m, 1, i) = x2;
29 registro(m, 2, i) = y2;
30 end
31 end
32
33
34
35 %% Obtener el ERM %%
36 errores = zeros(NI,1);
```

```

37 for m = 1:NI
38 % Extraer los puntos registrados
39 puntos_m = squeeze(registro(m, :, :)); % 20x2
40 % Calcular la diferencia entre cada par de puntos
41 dif = puntos_m - puntos1;
42 % Calcular el error cuadrático medio %
43 errores(m) = mean(sum((dif).^2,2));
44 end
45
46 %% Ordenar los errores de menor a mayor %%
47 [errores_ordenados, indices_ordenados] = sort(errores);
48
49 %% Seleccionar las 99 mejores imágenes %%
50 mejores99 = indices_ordenados(1:100);
51
52 %% Proyectando resultados %%
53
54 %% Proyectar la imagen con sus puntos %%
55 imshow(face);
56 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
57 % Dibujar los puntos
58 plot(puntos1(:,1), puntos1(:,2), 'ro', 'MarkerSize', 5, 'LineWidth', 2);
59 hold off;
60
61 %% Distribución de todos los puntos %%
62 for i = 1:size(puntos1,1)
63 % Pasar por cada punto y extraer sus coordenadas
64 puntosi = squeeze(points(i, :, :)); % tamaño: 20 x 2
65 % Armar un gráfico con los puntos
66 plot(puntosi(:,1), puntosi(:,2), 'ro', ...
67 'MarkerSize', 5, 'LineWidth', 2);
68 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
69 end
70
71 %% Distribución de todos los puntos sobre la imagen %%
72 imshow(face);
73 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
74 for i = 1:size(puntos1,1)
75 % Pasar por cada punto y extraer sus coordenadas
76 puntosi = squeeze(points(i, :, :)); % tamaño: 20 x 2

```

```

77 % Armar un gráfico con los puntos
78 plot(puntos(:,1), puntos(:,2), 'ro', ...
79 'MarkerSize', 5, 'LineWidth', 2);
80 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
81 end
82
83 %% Histograma de los errores %%
84 histogramerrores)
85
86 %% Distribución de los puntos registrados %%
87 for i = 1:NI
88 % Pasar por cada punto y extraer sus coordenadas
89 puntosi = squeeze(registro(i, :, :)); % tamaño: 20 × 2
90 % Armar un gráfico con los puntos
91 plot(puntosi(:,1), puntosi(:,2), 'ro', ...
92 'MarkerSize', 5, 'LineWidth', 2);
93 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
94 end
95
96 %% Distribución de los puntos registrados sobre la imagen %%
97 imshow(face);
98 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
99 for i = 1:NI
100 % Pasar por cada punto y extraer sus coordenadas
101 puntosi = squeeze(registro(i, :, :)); % tamaño: 20 × 2
102 % Armar un gráfico con los puntos
103 plot(puntosi(:,1), puntosi(:,2), 'ro', ...
104 'MarkerSize', 5, 'LineWidth', 2);
105 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
106 end
107
108 %% Distribución de los mejores 100 %%
109 for i = 1:100
110 % Mejores
111 mj = mejores99;
112 % Pasar por cada punto y extraer sus coordenadas
113 puntosi = squeeze(registro(mj(i), :, :)); % tamaño: 20 × 2
114 % Armar un gráfico con los puntos
115 plot(puntosi(:,1), puntosi(:,2), 'ro', ...
116 'MarkerSize', 5, 'LineWidth', 2);

```

```

117 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
118 end
119
120 %% Distribución de los mejores 100 sobre la imagen %%
121 imshow(face);
122 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
123 for i = 1:100
124     % Mejores
125     mj = mejores99;
126     % Pasar por cada punto y extraer sus coordenadas
127     puntosi = squeeze(registro(mj(i), :, :))'; % tamaño: 20 x 2
128     % Armar un gráfico con los puntos
129     plot(puntosi(:,1), puntosi(:,2), 'ro', ...
130          'MarkerSize', 5, 'LineWidth', 2);
131 hold on; % Mantener la imagen para dibujar encima
132 end

```