

Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander

Registro de imágenes

v. 1.0.0

Yesid Gutiérrez
`yesid.gutierrez@correo.uis.edu.co`

October 4, 2018



Introducción

Definición

Registros de imágenes

Tipos de registro de imágenes

Transformaciones rígidas

Transformaciones no rígidas

Transformaciones de Escala

Transformaciones Afines

Métodos

Problema

Clasificación de los métodos

Coeficiente de correlación

Prueba de implementación

Referencias

Referencias



- ▶ El registro de imágenes es el proceso de transformar diferentes conjuntos de datos en un sistema de coordenadas.
- ▶ El registro de imágenes es la determinación de una transformación geométrica que alinea puntos en una vista de un objeto con puntos correspondientes en otra vista de ese objeto.

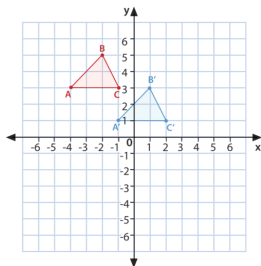


El registro de imágenes suele clasificarse en función de su geometría en:

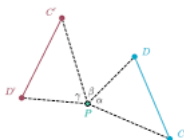
- ▶ Registro de imágenes rígidas / Transformaciones rígidas
- ▶ Registro de imágenes no rígidas / Transformaciones deformadas

Registro de imágenes I

Transformaciones rígidas



El segmento $C'D'$ se obtiene al rotar CD alrededor de P en sentido antihorario.



Las transformaciones rígidas son definidas como transformaciones geométricas que preservan todas las distancias, la rectitud de las líneas (planaridad entre superficies) y todos los ángulos distintos de cero entre líneas rectas. Normalmente, estas transformaciones poseen dos componentes de especificación los cuales son la rotación y la translación.



Transformaciones Rígidas

Las transformaciones rígidas se pueden representar como una transformación geométrica de rotación, o transformación geométrica de translación o combinaciones entre estas como se muestra a continuación:

$$x' = TRx = TR_y R_x R_z x$$

. donde:

- ▶ x es una coordenada en el espacio de la forma:
 $x = (x_x, x_y, x_z, 1)$.
- ▶ R es una matriz ortogonal de 4×4 que representa la rotación respecto a cada uno de los ejes coordenados. $R = R_y R_x R_z$
- ▶ T es una matriz 4×4 que representa los desplazamientos (T_x, T_y, T_z) en las direcciones (x, y, z) .

Registro de imágenes III

Transformaciones rígidas



$$R_y = \begin{vmatrix} \cos(\theta_y) & 0 & \sin(\theta_y) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\theta_y) & 0 & \cos(\theta_y) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$R_x = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta_x) & \sin(\theta_x) & 1 \\ 0 & -\sin(\theta_x) & \cos(\theta_x) & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$R_z = \begin{vmatrix} \cos(\theta_z) & \sin(\theta_z) & 0 & 0 \\ -\sin(\theta_z) & \cos(\theta_z) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$



Las transformaciones no rígidas son importantes para aplicaciones de la anatomía no rígida o cuando hay distorsiones no rígidas en el procedimiento de adquisición de la imagen, también para llevar acabo el proceso de intrapatient registration.

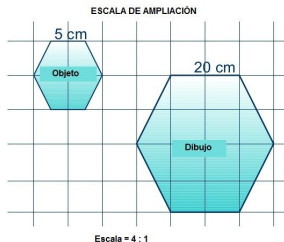
Transformaciones no rígidas

Las transformaciones no rígidas suelen ser:

- ▶ Transformaciones de Escala.
- ▶ Transformaciones Afines.
- ▶ Transformaciones Proyectivas
- ▶ Transformaciones de Perspectiva

Transformaciones no rígidas I

Transformaciones de Escala



Las transformaciones de escala son útiles para compensar errores en los sistemas de adquisición de imágenes. Su representación es la siguiente:



Transformaciones de Escala

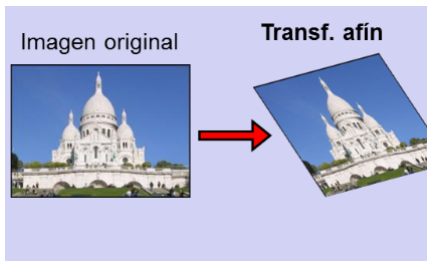
$$x' = SRx + t$$

donde S es una matriz diagonal (s_x, s_y, s_z) cuyos elementos representan el factor de escala S a lo largo de cada uno de los tres ejes coordenados.

$$S = \begin{vmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Transformaciones no rígidas I

Transformaciones Afines



Las transformaciones afines conservan su rectitud de líneas, la planaridad de superficies y el paralelismo, sin embargo, los ángulos entre líneas pueden cambiar, esta transformación es muy utilizada cuando existen tomografías con un ángulo mal registrado.



Transformaciones Afines

$$x' = Ax + t$$

A diferencia de las transformaciones de escala, en las transformaciones afines no existe una restricción para los valores de los elementos a_{ij} de la matriz A .

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$



Definición del problema

Justo ahora podemos definir diversas transformaciones geométricas basados en matrices de rotación, translación, escala, afines, etc. Sin embargo, no tenemos conocimiento de lo siguiente:

- ▶ ¿Cuántos grados se debe rotar la imagen X en sentido horario?
- ▶ ¿Cuanto debe ser el factor de escala S_i que se aplique a la imagen X para cada uno de los tres ejes coordenados?
- ▶ ¿Cuántos píxeles debo trasladar la imagen X en cada uno de los ejes coordenados?
- ▶ ¿Cuales son cada uno de los valores a_{ij} que debo asignar a la matriz A , con la finalidad de aplicar la afinidad a la imagen X que requiero?



Clasificación de los métodos

En la actualidad existe una gran variedad de métodos para realizar el proceso de registro de imágenes, dentro de los más destacados se encuentran:

- ▶ Métodos manuales.
- ▶ Métodos basados en puntos
- ▶ Métodos basados en superficies (disparity function, the head and the hat, iterative closest point).
- ▶ Métodos basados en la intensidad (Sum of Squares of Differences, Correlation Coefficient, Ratio-Image Uniformity, Partitioned Intensity Uniformity, Calculating a joint PDF)



Coeficiente de correlación

OpenCV implementa una versión mejorada de este algoritmo para encontrar una matriz de transformación y posteriormente hacer el registro de imágenes.

Si las intensidades de una imagen A y B están relacionadas linealmente, un coeficiente de correlación (CC) es el algoritmo ideal para aplicar registro a las imágenes.

Para imágenes A y B con Voxeles i , encontrar la transformación T para maximizar:

$$CC = \frac{\sum_i (A(i) - \bar{A})(B'(i) - \bar{B}')}{\{\sum_i (A(i) - \bar{A})^2 \sum_i (B'(i) - \bar{B}')^2\}^{1/2}} \quad \forall i \in A \cap B',$$



Prueba de implementación

A continuación se lista un link que hace referencia a un repositorio github en el cual se realiza una ligera implementación de transformaciones rígidas.

► <https://github.com/yesid08/Prostatex-1>



Referencias

- ▶ J. Michael Fitzpatrick, Derek L. G. Hill, Calvin R. Maurer, Jr
CHAPTER 8, Image Registration.
- ▶ Derek L G Hill, Philipp G Batchelor, Mark Holden and David J Hawkes, Medical image registration
- ▶ Hongliang Yu , WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE,
Automatic Rigid and Deformable Medical Image Registration
- ▶ Hartley, Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision

A decorative graphic consisting of multiple overlapping, flowing lines in shades of light blue and white. The lines curve from the left side towards the right, creating a sense of movement and elegance. The background is a solid, very light blue.

Muchas gracias por tu atención!