

# Informe Tarea 04

Tatiana Lopez Guevara  
 Universidad Tecnológica de Pereira  
 tatiana@sirius.utp.edu.co

**Resumen**—El presente documento explica los resultados obtenidos en la implementación del algoritmo de RANSAC para la estimación robusta de homografías. La implementación se realizó sobre OpenCV.

**Index Terms**—Computer Vision

## I. INTRODUCCIÓN

Se empleó el algoritmo RANSAC para estimar una homografía entre 2 imágenes que no se vea afectada por los outliers.

El número mínimo de correspondencias para calcular una homografía es de 4. Según lo visto en clase, el valor recomendado de este parámetro para el algoritmo DLT es entre 4 y 6. Para esta implementación se tomó un valor de 5.

Con respecto al valor de  $p$  (probabilidad de que al menos un conjunto de  $n$  datos tomados al azar no contenga outliers), se escogió en un valor de 99 %

La entrada al programa implementado corresponde a la salida de las correspondencias encontradas por el algoritmo NCC entre las esquinas de Harris de cada par de imágenes de entrada realizado en la tarea 3. El resultado de estas correspondencias se carga desde un archivo (output de la tarea 3) con el siguiente formato:

```
N
X11 Y11 X12 Y12
...
X_N1 Y_N1 X_N2 Y_N2
```

Donde  $N$  es la cantidad total de correspondencias encontradas entre las esquinas  $(X_{1i}, Y_{1i})$  de la primera imagen con las esquinas  $(X_{2i}, Y_{2i})$  de la segunda.

Las pruebas se realizaron sobre las 3 imágenes de prueba de la tarea 3.

## II. AJUSTE DEL MODELO

Para el ajuste del modelo se aplicó el método DLT - *Direct Linear Transformation* la cual busca minimizar el error de  $A_i h = 0$  [1], donde:

$$\begin{pmatrix} \vec{0}^T & -w'_i \vec{x}_i^T & y'_i \vec{x}_i^T \\ w'_i \vec{x}_i^T & \vec{0}^T & -x'_i \vec{x}_i^T \end{pmatrix}_{2 \times 9} \begin{pmatrix} \vec{h}^1 \\ \vec{h}^2 \\ \vec{h}^3 \end{pmatrix}_{9 \times 1} = \vec{0}_{2 \times 1}$$

La solución a esta ecuación para el vector  $\vec{h}$  está dada por la última columna del vector  $V$  en la descomposición de valor singular de  $A$  en  $UDV^T$ .

## III. CONCENSO - NÚMERO DE INLIERS

Una vez estimado el modelo con los datos de la muestra, se procedió a calcular el error de transferencia simétrica [1], el cual se tomó como criterio para determinar si una pareja de correspondencias era inlier o no.

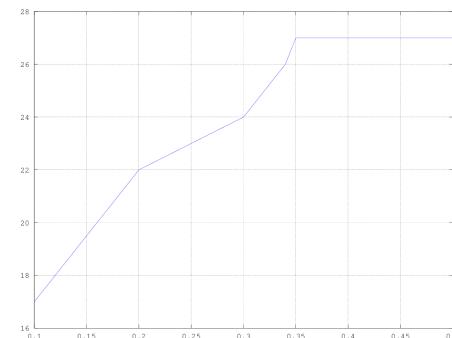
$$Err_{tsym} = \sum_i d(x_i, H^{-1}x'_i)^2 + d(x'_i, Hx_i)^2$$

El valor del umbral dependía de la imagen sobre la cual se estuviera probando. Estos valores se escogieron después de probar con diferentes valores. Por ejemplo, para la imagen 1 se evaluaron los mostrados en el Cuadro I y figura 1.

Umbral	Inliers
0.10000	17.00000
0.20000	22.00000
0.30000	24.00000
0.34000	26.00000
<b>0.35000</b>	<b>27.00000</b>
0.40000	27.00000
0.50000	27.00000

Cuadro I: Valores de Umbral para imágenes de prueba.

Figura 1: Selección de Umbral Imagen 1



A continuación se muestran los umbrales seleccionados para las 3 imágenes de prueba después de realizar el proceso anteriormente mencionado con todas. Adicionalmente se muestra la cantidad total de correspondencias y la cantidad de inliers/outliers detectados para dichos umbrales.

	Umbral	ntot	Inliers	Outliers
Imagen 1	28	0.35f	27	1
Imagen 2	71	4.0f	43	28
Imagen 3	850.0f	519	292	227

Cuadro II: Valores de Umbral para imágenes de prueba.

#### IV. COLINEALIDAD

La verificación de colinealidad entre los 5 puntos seleccionados aleatoriamente se realizó para todos los conjuntos de 3 puntos que se pudieran armar:

$$\binom{5}{3} = 10$$

Sean  $p_1$ ,  $p_2$  y  $p_3$  los puntos a evaluar. La colinealidad se verificó mediante:

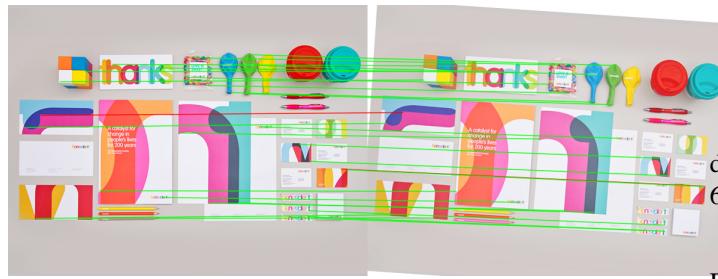
$$l = p_1 \times p_2$$

$$p_3'l \stackrel{?}{\approx} \epsilon$$

#### V. RESULTADOS RANSAC

En la gráfica 2 se muestra el resultado obtenido por RANSAC una vez se reestimó el modelo ( $H$ ) a partir del mejor set de inliers obtenido para la primera imagen de prueba. En rojo se pueden apreciar las correspondencias que fueron tomadas como outliers y en verde las que se tomaron como inliers.

Figura 2: Ilustración de los inliers (verde) y los outliers (rojo) para la Imagen 1



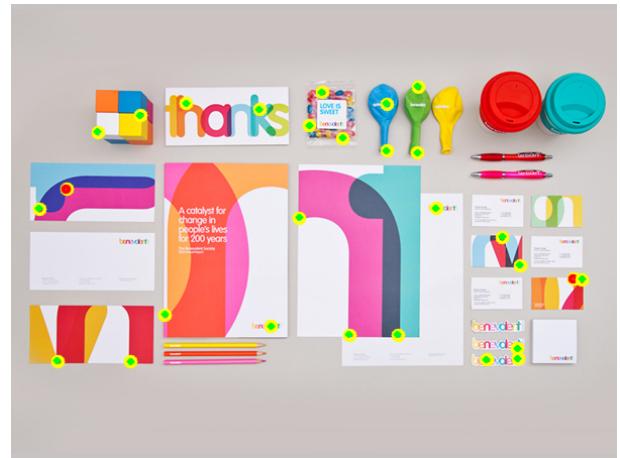
En la figura 3 se muestra en amarillo las esquinas encontradas por Harris sobre la parte 2 de la imagen ( $x'$ ) y en verde (inliers) y rojo (outliers) las proyecciones de las esquinas de la parte 1 mediante la homografía encontrada por RANSAC ( $Hx$ ). Es decir, los amarillos son los datos reales y los verdes y rojos, los proyectados mediante el  $H$  encontrado.

Figura 3: Proyección de esquinas con la homografía encontrada  $Hx, x'$  para la Imagen 1



En la figura 4 se muestra el mismo procedimiento sobre la primera parte de la imagen: ( $x$ ) y ( $H^{-1}x'$ ).

Figura 4: Proyección de esquinas con la homografía encontrada  $H^{-1}x', x$  para la Imagen 1



#### VI. OTRAS PRUEBAS

Los resultados obtenidos por el algoritmo para la imagen de prueba 2 de la tarea 3 se pueden apreciar en las figuras 5, 6 y 7.

Figura 5: Ilustración de los inliers (verde) y los outliers (rojo) para la Imagen 2

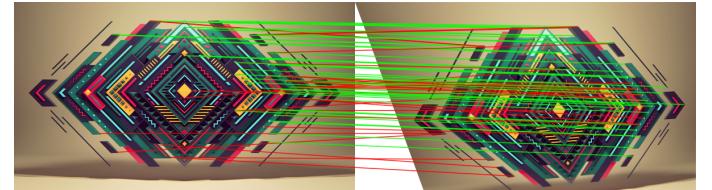


Figura 6: Proyección de esquinas con la homografía encontrada  $Hx, x'$  para la Imagen 2

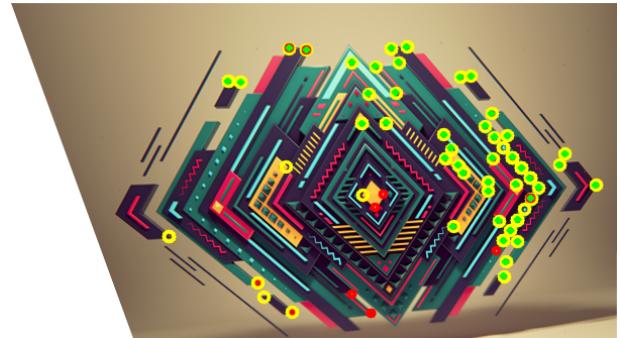


Figura 7: Proyección de esquinas con la homografía encontrada  $H^{-1}x', x$  para la Imagen 2

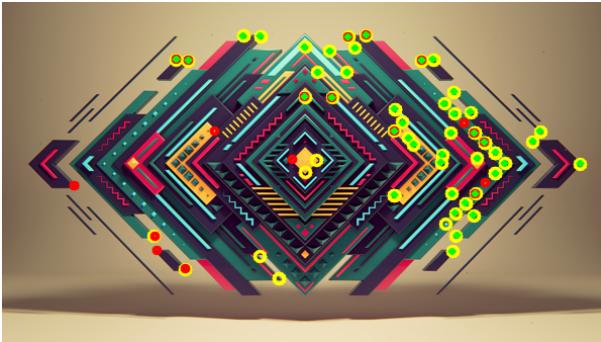
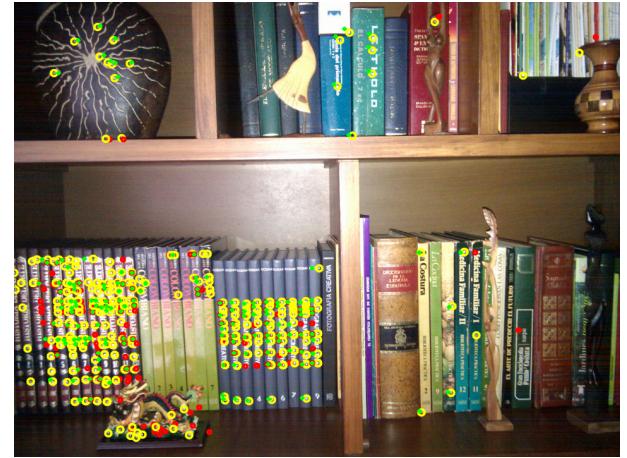


Figura 9: Proyección de esquinas con la homografía encontrada  $Hx, x'$  para la Imagen 3



En los resultados obtenidos por el algoritmo para la imagen de prueba 3 de la tarea 3 se puede apreciar que a pesar de que las correspondencias detectadas como inliers en efecto sí corresponden (figura 8), la homografía encontrada no mapea exactamente los puntos de  $(Hx)$  sobre los de  $(x')$  (figura 10) y viceversa (figura 9). Esto se alcanza a distinguir mejor en el jarrón de la parte superior izquierda de la imagen, donde los puntos verdes correspondientes a la proyección están desplazados con respecto a los círculos amarillos.

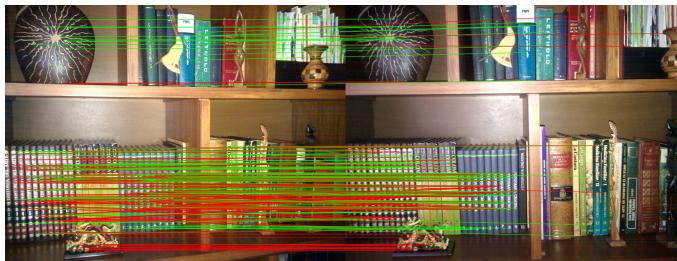
Esto probablemente se deba a que ambas partes de la imagen fueron tomadas con una cámara real y están sujetas no solo a la traslación, rotación y cambio de luminosidad, sino a ruido. Esto contrasta con las otras 2 imágenes de prueba mostradas anteriormente, las cuales son generadas digitalmente y cuya parte 2 fue generada aplicando una distorsión concreta (rotación, perspectiva) mediante Gimp.

Figura 10: Proyección de esquinas con la homografía encontrada  $H^{-1}x', x$  para la Imagen 3



En esta última prueba especialmente, se nota la necesidad de refinrar la homografía hallada mediante técnicas de minimización no lineal de mínimos cuadrados.

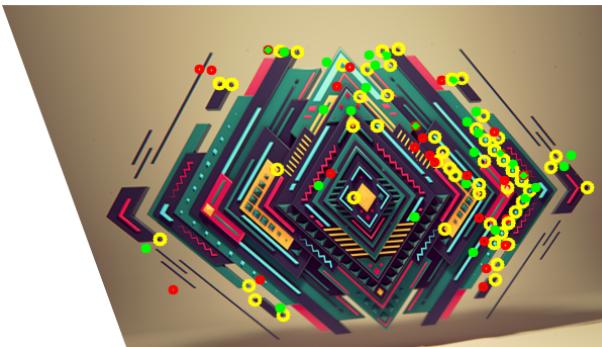
Figura 8: Ilustración de los inliers (verde) y los outliers (rojo) para la Imagen 3



## VII. DLT SOBRE TODOS LOS DATOS

En la figura 11 se muestra el resultado obtenido mediante DLT sobre todos los pares de correspondencias, es decir, sin emplear RANSAC. Se puede observar que los outliers afectan en gran medida el modelo en contraste con el obtenido en la figura 6 que sí emplea RANSAC para la estimación.

Figura 11: Proyección de esquinas con la homografía encontrada teniendo en cuenta outliers  $Hx, x'$  para la Imagen 2



Se empleó la imagen de prueba 2 ya que la primera no contiene outliers y por lo tanto genera un resultado muy similar al de RANSAC.

### VIII. EJECUCIÓN

Para la compilación del programa ejecutar:

`make`

El modo de uso es:

```
./Ransac PathImg1 PathImg2
    PathCorrespondencesFile threshold
```

Para ejecutar con los valores por defecto (imagen de prueba 1), simplemente ejecute:

```
./Ransac
```

Para ejecutar las pruebas mostradas en este informe, ver el archivo `README.txt`.

### IX. CONCLUSIONES

- El algoritmo de RANSAC converge de forma muy rápida comparado con el total de posibilidades que se deberían evaluar mediante fuerza bruta  $(\frac{N}{5})$ .
- El valor del umbral para determinar si un dato es outlier o no varía mucho de una imagen a otra debido a que la varianza del ruido es un valor intrínseco de la imagen tomada. Esto se nota especialmente en la imagen de prueba 3 cuyas 2 partes fueron tomadas con una cámara real.
- La homografía estimada a partir de imágenes digitales sobre las que se ha aplicado alguna distorsión mediante un programa de edición de imágenes, presentó una aproximación casi perfecta de los datos. Sin embargo, la homografía encontrada para 2 fotografías tomadas con una cámara generó una homografía donde los puntos transformados están situados a una distancia  $d$  de los puntos reales. En este caso, es necesario refinarlo mediante técnicas de estimación robusta como Levenberg-Marquardt.

### REFERENCIAS

- [1] Richard Hartley and Andrew Zisserman. *Multiple view geometry in computer vision*, volume 2. Cambridge Univ Press, 2000.