

Prácticas de Visión por Computador

Grupo 2

Repaso de RANSAC

Pablo Mesejo

Universidad de Granada

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Repaso de RANSAC

- Buena parte de las slides y explicaciones de este seminario provienen de
 - Cyrill Stachniss (University of Bonn):
 - <https://www.ipb.uni-bonn.de/html/teaching/msr2-2020/sse2-11-ransac.pdf>
 - https://www.youtube.com/watch?v=oT9c_LFBqs
 - Silvio Savarese (University of Stanford):
 - https://cvgl.stanford.edu/teaching/cs231a_winter1415/lecture/lecture9_fitting_matching.pdf
- Otras referencias interesantes:
 - Daniel Huttenlocher (University of Cornell):
<http://www.cs.cornell.edu/courses/cs664/2008sp/handouts/cs664-20-robust-fitting.pdf>
 - Robert Collins (The Pennsylvania State University):
<http://www.cse.psu.edu/~rtc12/CSE486/lecture15.pdf>

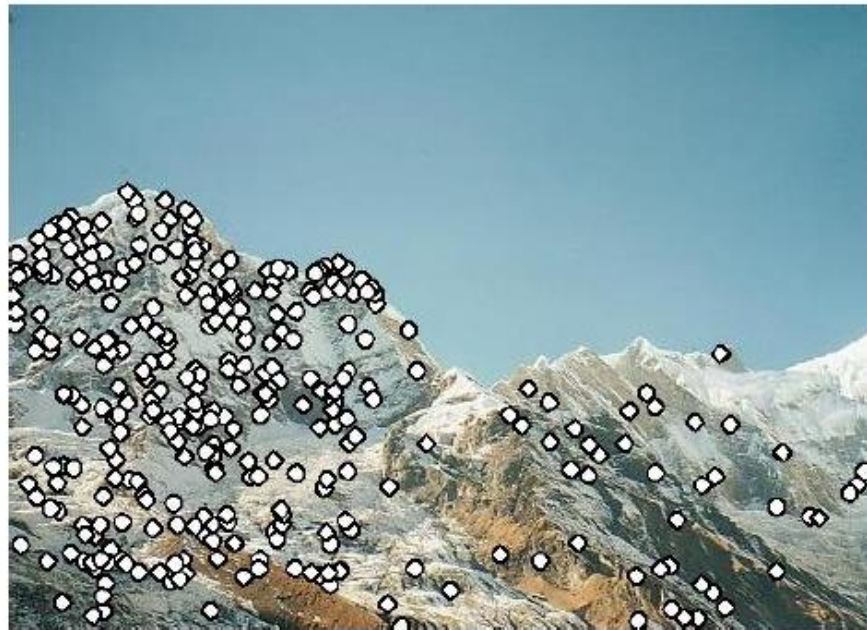
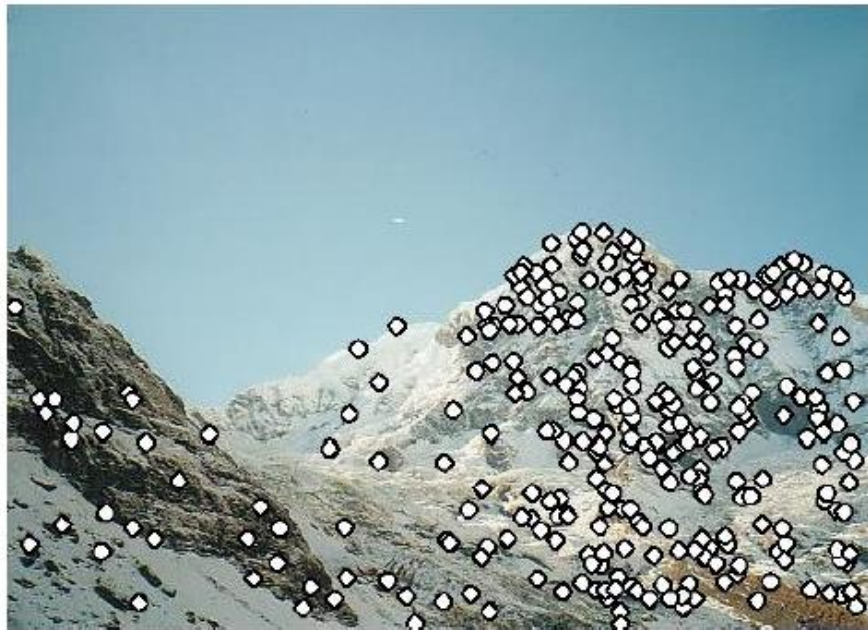
¿Cómo construimos un panorama?

- Necesitamos alinear imágenes



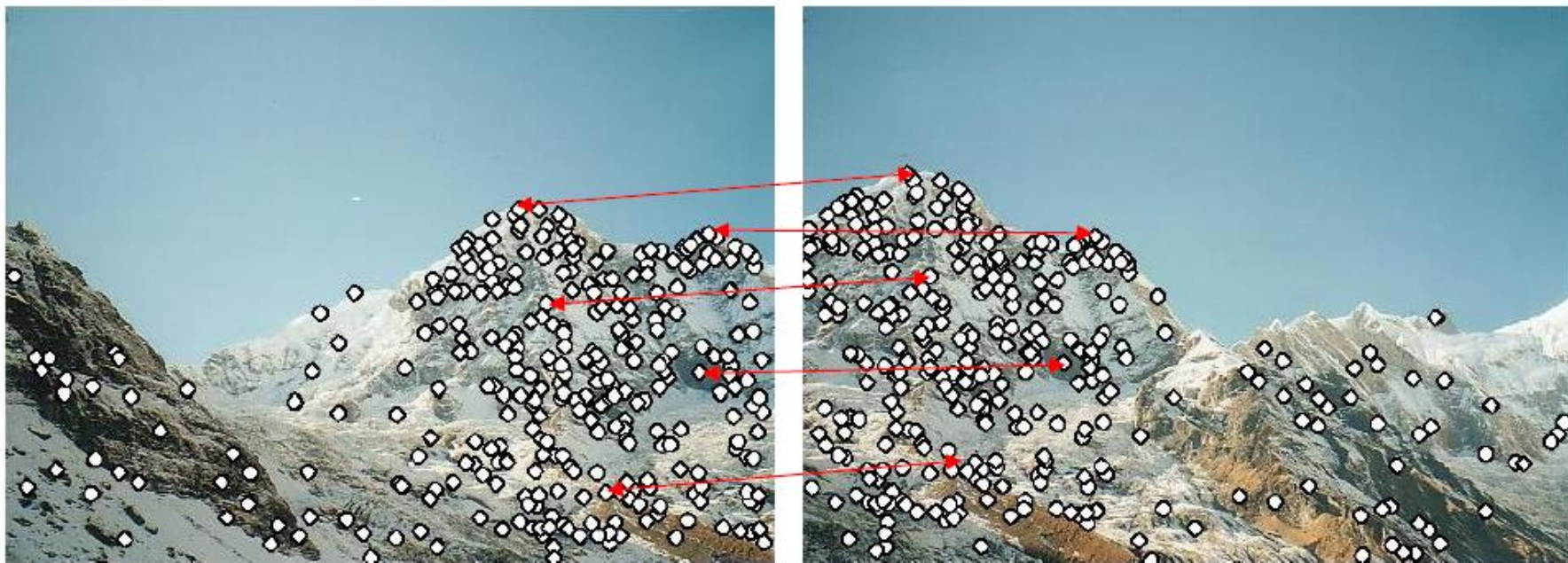
¿Cómo construimos un panorama?

- Detectamos puntos en ambas imágenes



¿Cómo construimos un panorama?

- Encontramos pares correspondientes

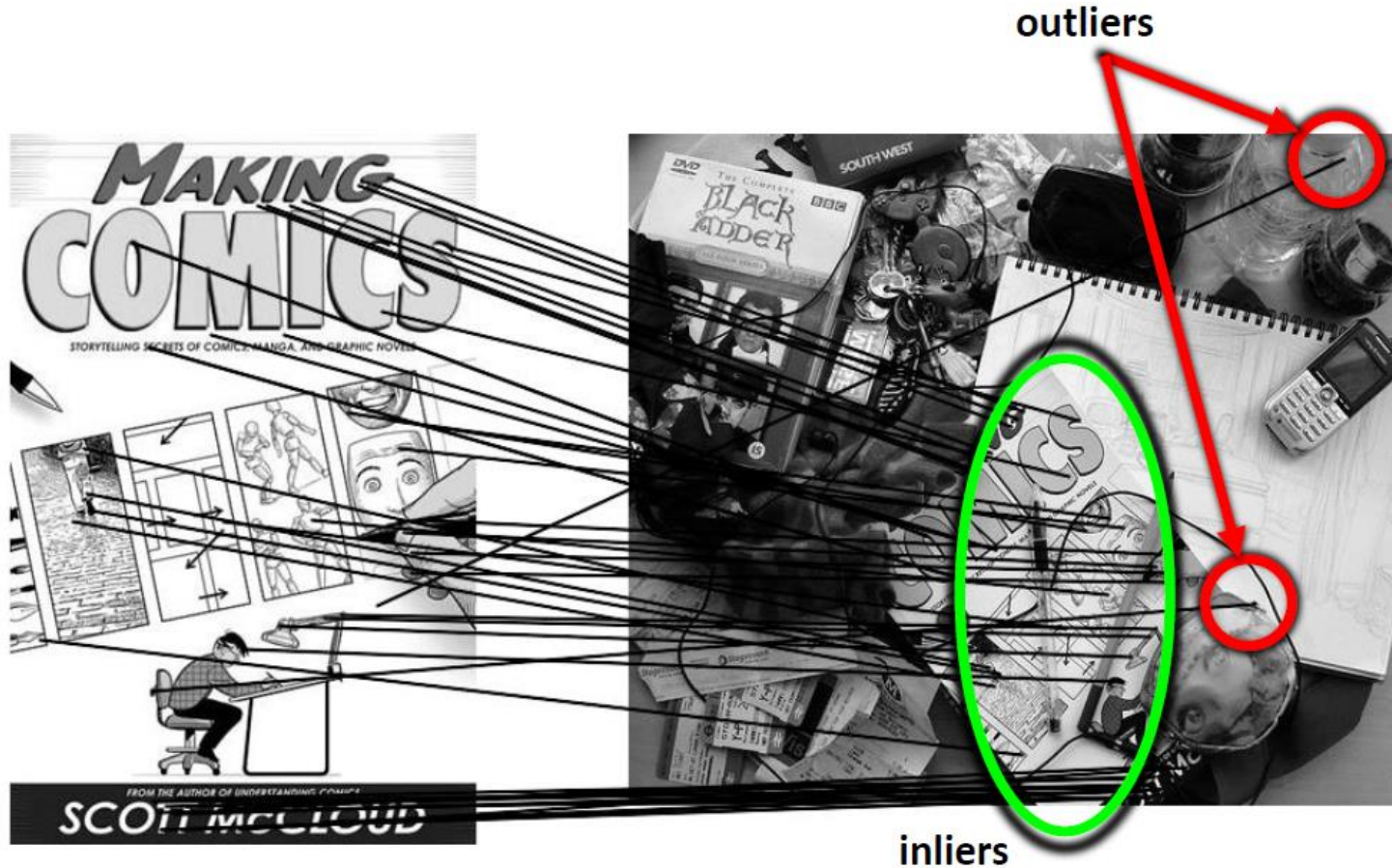


¿Cómo construimos un panorama?

- Usamos dichos pares para alinear las imágenes



Inliers vs Outliers



¿Cómo sabemos si las correspondencias son correctas?

RANdom SAmple Consensus (RANSAC) (Fischler & Bolles, 1981)

- Método prueba-error (*trial-and-error*)
- **Idea clave:** encontrar la mejor partición de puntos en el conjunto de *inliers* y *outliers*, y estimar el modelo a partir de los *inliers*
- Aproximación estándar para tratar *outliers* (estadística robusta).

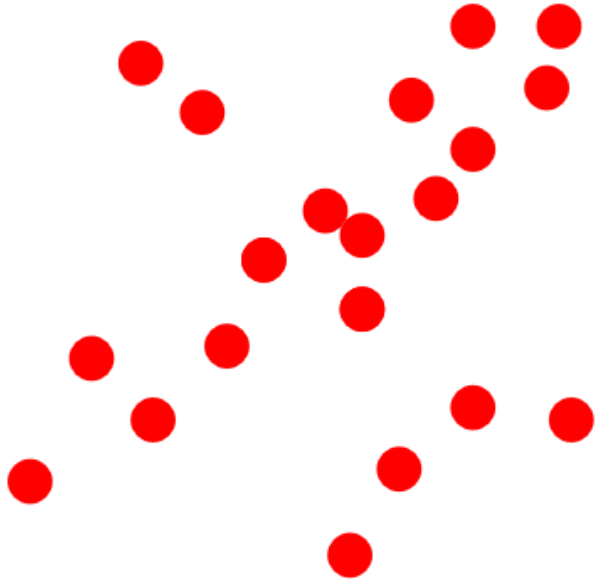
Fischler, M. A., and R. C. Bolles. "Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography", Communications of the Association for Computing Machinery 24 (1981): 381-395.

RANSAC

1. **Muestrear** el número de puntos que requiere nuestro modelo
 2. **Calcular los parámetros** de mi modelo usando los puntos muestreados
 3. **Calcular el soporte** que tiene nuestro modelo en base a la cantidad de *inliers* que lo apoyan.
- Repetir 1-3** hasta que hemos encontrado el mejor modelo con gran confianza

RANSAC

- Sencillo ejemplo con regresión lineal.
Queremos ajustar una línea a estos puntos



Nuestra hipótesis es una línea.

¿Cuántos puntos necesitamos para ajustar una línea?

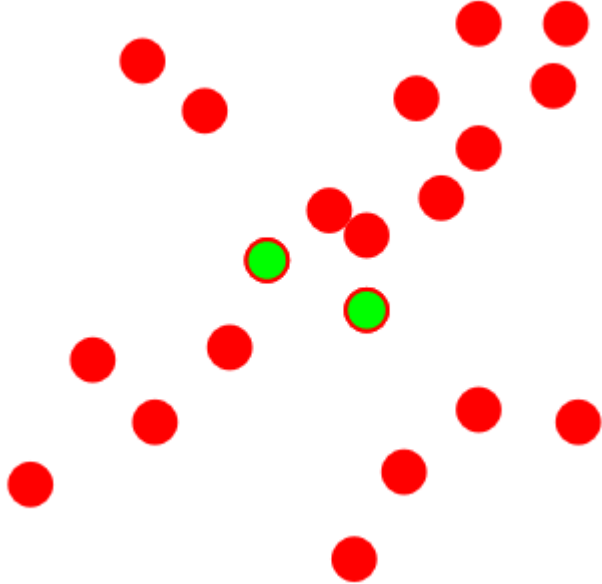
2

En el caso de la homografía, ¿cuántos puntos en correspondencia necesitamos?

4 parejas de puntos en correspondencia

RANSAC

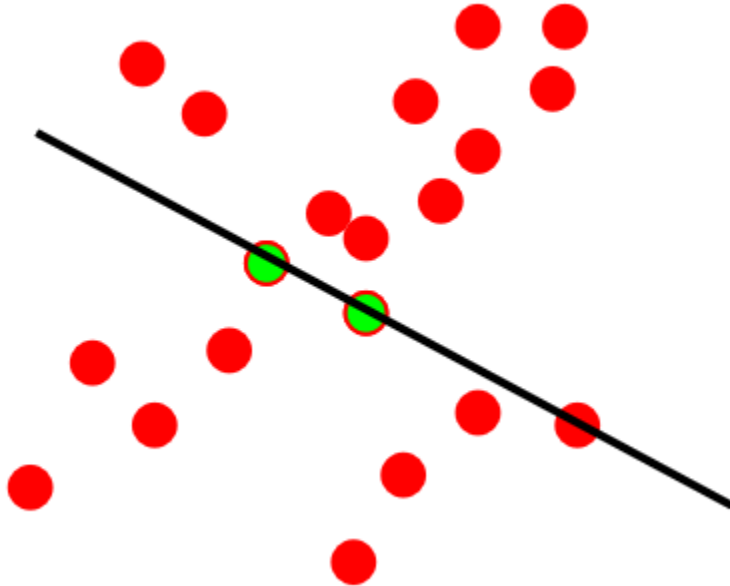
- Sencillo ejemplo con regresión lineal.
Queremos ajustar una línea a estos puntos



Seleccionamos el número de puntos necesarios para ajustar nuestro modelo (en este caso, 2 puntos)

RANSAC

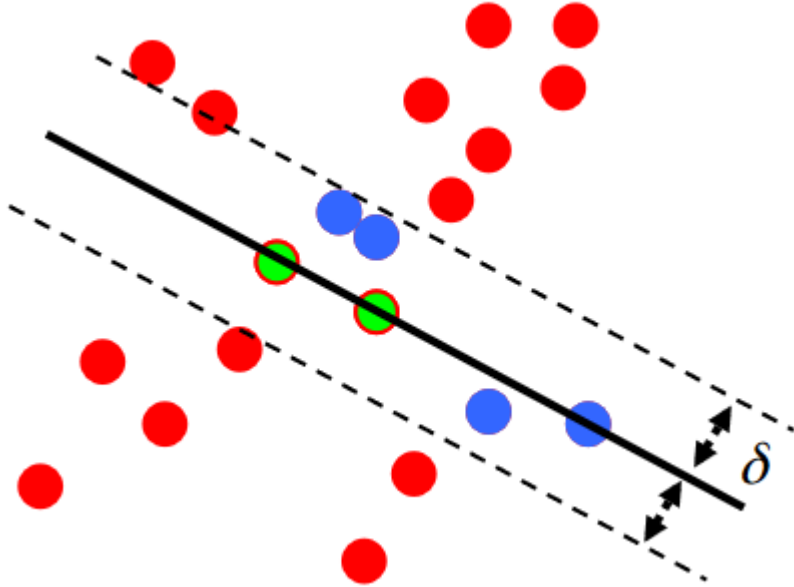
- Sencillo ejemplo con regresión lineal.
Queremos ajustar una línea a estos puntos



Calculamos la recta que pasa por esos dos puntos.

RANSAC

- Sencillo ejemplo con regresión lineal.
Queremos ajustar una línea a estos puntos

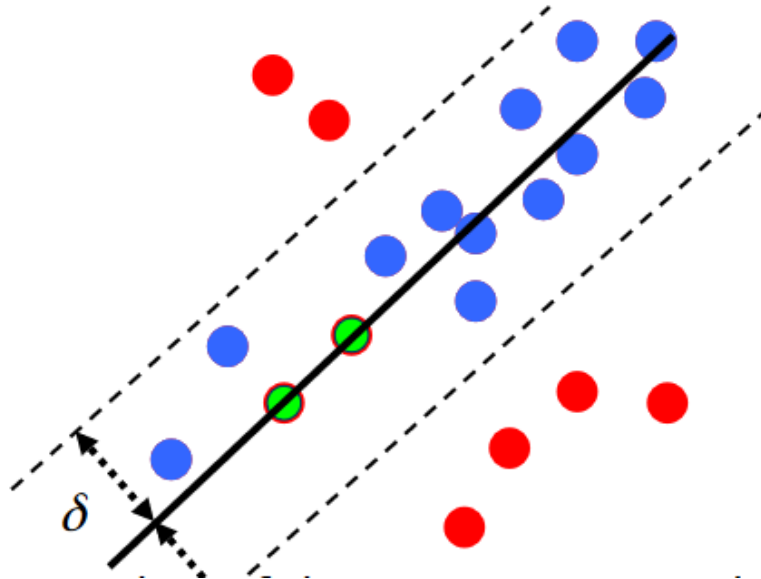


Calculamos la cantidad de inliers con respecto a nuestro modelo empleando algún umbral predefinido.

#inliers: 4

RANSAC

- Sencillo ejemplo con regresión lineal.
Queremos ajustar una línea a estos puntos



Iteramos hasta que encontramos el mejor modelo.

#inliers: 12

RANSAC

- Ok, muy fácil, pero...
 - ¿Cuántas repeticiones del muestreo debo llevar a cabo?
- Número de puntos muestreados s (número mínimo de puntos necesarios para ajustar nuestro modelo)
 - Determinado por el modelo que queremos emplear
- Porcentaje de outliers e ($e = \#outliers / \#datapoints$)
 - No necesitamos el número exacto, basta una aproximación.
- Número de intentos (rounds/trials) T
 - Debemos escoger T , tal que, con probabilidad p , al menos un conjunto aleatorio esté libre de *outliers*

RANSAC

- Número de puntos muestreados s (número mínimo de puntos necesarios para ajustar nuestro modelo)
- Porcentaje de outliers e ($e = \text{\#outliers} / \text{\#datapoints}$)
- Número de intentos (rounds/trials) T
 - Debemos escoger T , tal que, con probabilidad p , al menos un conjunto aleatorio esté libre de *outliers*

¿Probabilidad de ser un *outlier*?

RANSAC

- Número de puntos muestreados s (número mínimo de puntos necesarios para ajustar nuestro modelo)
- Porcentaje de outliers e ($e = \#outliers / \#datapoints$)
- Número de intentos (rounds/trials) T
 - Debemos escoger T , tal que, con probabilidad p , al menos un conjunto aleatorio esté libre de *outliers*

Probabilidad de ser un *outlier*: e

¿Probabilidad de ser un *inlier*?

RANSAC

- Número de puntos muestreados s (número mínimo de puntos necesarios para ajustar nuestro modelo)
- Porcentaje de outliers e ($e = \text{\#outliers} / \text{\#datapoints}$)
- Número de intentos (rounds/trials) T
 - Debemos escoger T , tal que, con probabilidad p , al menos un conjunto aleatorio esté libre de *outliers*

Probabilidad de ser un *outlier*: e

Probabilidad de ser un *inlier* ($s=1$): $(1-e)$

¿Probabilidad de extraer $s > 1$ *inliers*?

RANSAC

- Número de puntos muestreados s (número mínimo de puntos necesarios para ajustar nuestro modelo)
- Porcentaje de outliers e ($e = \text{\#outliers} / \text{\#datapoints}$)
- Número de intentos (rounds/trials) T
 - Debemos escoger T , tal que, con probabilidad p , al menos un conjunto aleatorio esté libre de *outliers*

Probabilidad de ser un *outlier*: e

Probabilidad de ser un *inlier* ($s=1$): $(1-e)$

Probabilidad de extraer $s > 1$ *inliers*: $(1-e)^s$

p : Probabilidad de extraer s puntos y que ninguno de ellos sea un *outlier*

Probability of s samples all being inliers

$$\prod_{i=0}^{s-1} \frac{I-i}{D-i}$$

D data points and I inliers

For $s \ll D$ approximate by $(I/D)^s$ or $(1-e)^s$

RANSAC

Probabilidad de ser un *outlier*: e

Probabilidad de ser un *inlier* ($s=1$): $(1-e)$

Probabilidad de extraer $s>1$ *inliers*, es decir, probabilidad de éxito $p = (1-e)^s$

¿Probabilidad de extraer $s>1$ puntos y que alguno sea un *outlier*? Es decir, ¿cuál es nuestra probabilidad de fracaso?

p : Probabilidad de extraer s puntos y que ninguno de ellos sea un *outlier*



RANSAC

Probabilidad de ser un *outlier*: e

Probabilidad de ser un *inlier* ($s=1$): $(1-e)$

Probabilidad de extraer $s>1$ *inliers*, es decir, probabilidad de éxito $p = (1-e)^s$

Probabilidad de extraer $s>1$ puntos y que alguno sea un *outlier*, es decir, probabilidad de fracaso $1-p = 1-(1-e)^s$

¿Cuál es la probabilidad de fallar T veces?

p : Probabilidad de extraer s puntos y que ninguno de ellos sea un *outlier*

Probabilidad de fallar una vez. Es decir, no seleccionar solo *inliers*. Al menos un *outlier* está ahí.

RANSAC

Probabilidad de ser un *outlier*: e

Probabilidad de ser un *inlier* ($s=1$): $(1-e)$

Probabilidad de extraer $s>1$ *inliers*, es decir, probabilidad de éxito $p = (1-e)^s$

Probabilidad de extraer $s>1$ puntos y que alguno sea un *outlier*, es decir, probabilidad de fracaso $1-p = 1-(1-e)^s$

Probabilidad de fallar T veces: $1-p = (1-(1-e)^s)^T$

p : Probabilidad de extraer s puntos y que ninguno de ellos sea un *outlier*

Probabilidad de fallar una vez. Es decir, no seleccionar solo *inliers*.

Probabilidad de seleccionar al menos un *outlier* en cada uno de los T intentos.

RANSAC

¡Queremos resolver para T!
¿Cómo lo hacemos?

$$1-p = (1-(1-e)^s)^T$$

p: Probabilidad de extraer s puntos y que ninguno de ellos sea un *outlier*.
La fijamos nosotros. Por ejemplo, 99%

s viene determinada por nuestro modelo (una línea, $s=2$; una homografía, $s=4$ puntos en correspondencia)

RANSAC

$$\log(1-p) = \log((1-(1-e)^s)^T)$$

$$\log(1-p) = T \cdot \log(1-(1-e)^s)$$

$$T = \frac{\log(1-p)}{\log(1-(1-e)^s)}$$

RANSAC

$$T = \frac{\log(1 - p)}{\log(1 - (1 - e)^s)}$$

Elemento crítico: $s \rightarrow$ Si crece mucho, es decir, si nuestro modelo necesita muchos puntos, tengo que muestrear muchísimo



¡RANSAC funciona bien con modelos sencillos!

RANSAC

Required Number of Trials

p s	2	3	4	5	10	15	20
0,1	1	1	1	1	1	1	1
0,5	1	1	1	1	2	4	6
0,75	1	2	2	2	4	7	11
0,9	2	2	3	3	6	10	18
0,95	2	3	3	4	7	13	24
0,99	3	4	5	6	11	20	36
0,999	5	6	7	8	17	30	54
0,9999	6	8	9	11	22	40	72
0,1 Outlier Ratio							

Required Number of Trials

0,3	Outlier Ratio	
-----	---------------	--

RANSAC

Required Number of Trials

[illegible]

RANSAC

Required Number of Trials

[illegible]

RANSAC y el cálculo de homografías

- RANSAC loop:
 - Escoger 4 puntos en correspondencia aleatoriamente
 - Calcular H usando DLT (Direct Linear Transformation)
 - Contar *inliers*
 - Guardar H con el mayor número de *inliers*

RANSAC en OpenCV

- `cv2.findHomography(srcPoints, dstPoints, cv2.RANSAC)`
- https://docs.opencv.org/4.5.4/d9/d0c/group_calib3d.html#ga4abc2ece9fab9398f2e560d53c8c9780
- Valores por defecto en OpenCV
 - **p = 0.995**
 - **T = 2000**
 - «**RansacReprojThreshold** Maximum allowed reprojection error to treat a point pair as an inlier. That is, if
$$\| dstPoints_i - convertPointsToHomogeneous(H*srcPoints_i) \|_2 > RansacReprojThreshold$$
then the point i is considered as an outlier.» **3 píxeles**

Conclusiones

- RANSAC es
 - Un algoritmo muy sencillo (fácil de entender e implementar)
 - Robusto a *outliers*
 - Funciona bien si tu modelo necesita hasta 10 parámetros
 - De lo contrario el porcentaje de *outliers* debe ser bajo
 - Relativamente sensible a la selección del umbral
 - Si es demasiado grande, todas las hipótesis serán valoradas de modo similar
 - Pero, ¡el tiempo de cálculo computacional crece rápidamente con la fracción de *outliers* y el número de parámetros necesarios para ajustar el modelo!

Prácticas de Visión por Computador

Grupo 2

Repaso de RANSAC

Pablo Mesejo

Universidad de Granada

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

