

# Stable Marriage Problem en Image Registration

Gonzalo Vallejos Bobadilla  
gonzalo.vallejos@gled.cl  
<http://gonzalo.gled.cl>

Departamento de Informática  
Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso

**Abstract.** Stable Marriage Problem es un clásico problema de matching donde se debe encontrar la mejor relación 1-1 entre elementos de dos grupos. En este informe daremos a conocer una aplicación de este problema a la técnica llamada Image Registration para encontrar una correspondencia entre puntos característicos de dos imágenes.

## 1 Introducción

En numerosas aplicaciones relacionadas con visión computacional es fundamental encontrar similitudes entre dos imágenes que contienen un lugar en común. Existen varios algoritmos para encontrar características similares en ambas imágenes, pero eso no es suficiente ya que además es necesario saber identificar la correspondencia de las características encontradas. Para este proceso de encontrar correspondencias debemos realizar un matching que permita enlazar las características de ambas imágenes de manera estable, es decir, que permita asegurar las relaciones según el parecido que tengan. Para este procedimiento es necesario un matching de relaciones uno-a-uno, por lo cual utilizaremos un problema clásico para este tipo de asignación: el Stable Marriage Problem. Como el nombre lo dice, el objetivo es encontrar relaciones entre dos grupos (metafóricamente, un grupo de hombres y otro de mujeres) de tal forma que se puedan armar matrimonios entre los miembros de ambos grupos de manera estable, es decir, que no corran riesgo de que se pueda formar una pareja mejor entre miembros ya emparejados. Esta metáfora la llevaremos a píxeles, donde se obtendrá un valor que relacione el parecido entre las características de ambas imágenes. Luego utilizando esos valores se buscará la mejor estabilidad para poder asegurar las correspondencias. Finalmente, al tener las correspondencias las utilizaremos para encontrar una relación espacial entre las imágenes, de tal forma que permita transformar una de ellas y pueda superponer sobre la otra los lugares comunes. De esta forma el resultado es una sola imagen en vez de dos, lo que permite una mejor interpretación de los lugares registrados.

## 2 Definición del Problema

Separaremos esta sección en dos partes, una correspondiente al problema clásico de optimización, y la otra sobre el problema particular donde uno de sus procedimientos requiere una modificación del problema clásico.

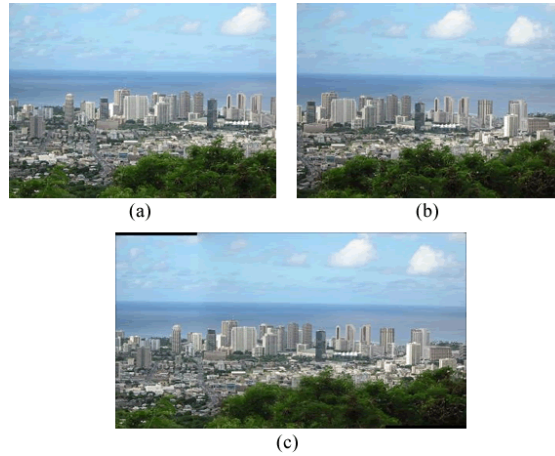


Fig. 1. Ejemplo de Image Registration en (c) obtenido de (a) y (b)

## 2.1 Problema Clásico: Stable Marriage Problem

Este problema es bastante sencillo de modelar, y se caracteriza por tener una gran cantidad de aplicaciones útiles tanto en las ciencias como en aspectos sociales. Consiste en la idea de tener un grupo de hombres y otro de mujeres con la misma cardinalidad, y cada uno de ellos tiene una lista de preferencia sobre las personas pertenecientes al sexo opuesto. El objetivo es encontrar parejas estables entre estos dos grupos según sus preferencias.

Explicaremos el problema con el siguiente ejemplo:

- Tenemos un grupo de mujeres: M1, M2, M3, M4 y M5.
- Tenemos un grupo de hombres: H1, H2, H3, H4 y H5.
- Tenemos la siguiente lista de preferencias para los hombres y mujeres (menor número indica mayor preferencia):

	M1	M2	M3	M4	M5
H1	4	2	1	5	3
H2	1	2	4	5	3
H3	4	3	2	1	5
H4	1	4	2	3	5
H5	1	2	5	3	4

	M1	M2	M3	M4	M5
H1	4	3	4	1	4
H2	3	2	5	2	1
H3	1	5	2	3	2
H4	5	4	1	4	3
H5	2	1	3	5	5

**Table 1.** Preferencia de los hombres      **Table 2.** Preferencia de las mujeres

Ya tenemos todos los datos necesarios para formar matrimonios. Supongamos que entre los hombres se ponen de acuerdo para ver quién se queda con cada

mujer, y forman las siguientes parejas: H1-M3, H2-M1, H3-M4, H4-M2, H5-M5. Si analizamos el caso de las dos parejas H1-M3 y H4-M2 nos encontramos con un grave problema, ya que M3 prefiere más a H4 que a su marido H1, y de la misma forma H4 prefiere más a M3 que a su mujer M2. Cuando se da esta situación, es muy probable que ambos matrimonios se divorcien ya que H4 y M3 van a querer estar juntos, por lo tanto los dos matrimonios creados inicialmente no son **estables**.

Entonces, los métodos de solución para este problema deben encontrar parejas de tal forma que todos los enlaces queden estables.

## 2.2 Problema Particular: Image Registration

Image Registration es una técnica que sirve para encontrar la relación espacial entre dos fotografías de un mismo lugar (es decir, hay elementos comunes) pero tomadas desde posiciones y rotaciones diferentes. Un uso común se encuentra en las fotografías satelitales ya que permiten formar un gran mapa acoplando automáticamente las diferentes imágenes capturadas.

Para realizar este proceso, debemos realizar los siguientes procedimientos:

- Encontrar puntos característicos en ambas imágenes.
- **Realizar matching entre los puntos de ambas imágenes para encontrar correspondencias.**
- Calcular la relación espacial entre ambas imágenes con las correspondencias.

Nos concentraremos en el segundo paso, pero haremos una breve descripción sobre los otros.

- **Puntos Característicos:** El primer procedimiento es encontrar características que se relacionen entre las dos imágenes a analizar. Estas características pueden ser obtenidas por diversos algoritmos, el más común es un algoritmo que encuentre esquinas como el método de Harris.
- **Matching:** Una vez que tenemos los puntos característicos de ambas imágenes, necesitamos encontrar correspondencias entre ambos grupos de puntos. Para esto, usaremos el cálculo de la correlación-cruz normalizada entre ventanas que rodeen los puntos a comparar. El resultado de la correlación nos entregará un valor entre -1 y 1, el cual nos indicará qué tan parecidas son las ventanas. Este valor nos servirá para asignar las preferencias de cada punto respecto al grupo de la otra imagen y poder encontrar las correspondencias como si se tratara del caso Stable Marriage Problem. Un detalle importante, es que debemos modificar el modelo general ya que es muy usual que la cardinalidad entre los dos grupos de puntos sea diferente.

- **Relación Espacial:** Para este procedimiento usaremos la Homografía, la cual es una relación geométrica entre dos sistemas de coordenadas que permite a través de una matriz de transformación pasar puntos de un sistema al otro. Para obtener la matriz de transformación necesitamos al menos 4 puntos correspondientes no colineales. Para esto se puede utilizar el algoritmo DLT (Direct Linear Transformation) el cuál es un método directo pero sensible al ruido, pudiendose refinar con algún algoritmo iterativo como Gauss-Newton o Levenberg-Marquardt.

### 3 Modelo del Problema

Separaremos dos modelos, uno para el caso clásico Stable Marriage Problem, y otro modificado para el caso particular.

#### 3.1 Modelo General Stable Marriage Problem

El modelo para Stable Marriage Problem se describe a continuación:

- **Datos:**

$H_{n \times n}$  = matriz de datos con la preferencia de cada hombre.

$M_{n \times n}$  = matriz de datos con la preferencia de cada mujer.

- **Variables:**

$X_{n \times n}$  = matriz de asignación para las parejas formadas (binarios)

$w$  = variable a minimizar, valor de la peor preferencia asignada

- **Restricciones:**

Forzaremos la monogamia y haremos que todos queden asignados

$$\begin{aligned} X_{ij} &\in \{0, 1\} \\ \sum_{i=1}^n X_{ij} &= 1 & \forall j = \{1 \dots n\} \\ \sum_{j=1}^n X_{ij} &= 1 & \forall i = \{1 \dots n\} \end{aligned}$$

Haremos que se encuentre estabilidad

$$X_{ij} + (*) \sum_{k=1}^n X_{ik} + (**) \sum_{k=1}^n X_{kj} \geq 1 \quad \forall i \times j = \{1 \dots n\} \times \{1 \dots n\}$$

(\*) = sólo se sumarán aquellos  $X_{ik}$  cuando  $H_{ik} < H_{ij}$

(\*\*) = sólo se sumarán aquellos  $X_{kj}$  cuando  $M_{kj} < M_{ij}$

Obtenemos el valor de la peor asignación para intentar minimizarla

$$\begin{aligned} w &\geq \sum_{k=1}^n H_{ik} X_{ik} & \forall i = \{1 \dots n\} \\ w &\geq \sum_{k=1}^n M_{kj} X_{kj} & \forall j = \{1 \dots n\} \end{aligned}$$

– **Función Objetivo:**

$$\text{Min}(w)$$

### 3.2 Modelo Particular Modificado

Como vimos en la parte de Matching para realizar Image Registration, necesitamos modificar el modelo general para poder encontrar correspondencias entre grupos que no tienen la misma cardinalidad.

– **Datos:**

$$\begin{aligned} P_{m \times n} &= \text{matriz con la preferencia de los puntos con cardinalidad } m, m \leq n \\ Q_{m \times n} &= \text{matriz con la preferencia de los puntos con cardinalidad } n, m \leq n \end{aligned}$$

– **Variables:**

$$\begin{aligned} X_{n \times n} &= \text{matriz de asignación para las parejas formadas (binarios)} \\ w &= \text{variable a minimizar, valor de la peor preferencia asignada} \end{aligned}$$

– **Restricciones:**

Forzaremos la monogamia y haremos que todos los puntos Q queden asignados

$$\begin{aligned} X_{ij} &\in \{0, 1\} \\ \sum_{j=1}^n X_{ij} &= 1 & \forall i = \{1 \dots m\} \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} &\leq 1 & \forall j = \{1 \dots n\} \end{aligned}$$

Haremos que se encuentre estabilidad

$$X_{ij} + (*) \sum_{k=1}^n X_{ik} + (**) \sum_{k=1}^m X_{kj} \geq 1 \quad \forall i \times j = \{1 \dots m\} \times \{1 \dots n\}$$

(\*) = sólo se sumarán aquellos  $X_{ik}$  cuando  $P_{ik} < P_{ij}$

(\*\*) = sólo se sumarán aquellos  $X_{kj}$  cuando  $Q_{kj} < Q_{ij}$

Obtenemos el valor de la peor asignación para intentar minimizarla

$$\begin{aligned} w &\geq \sum_{k=1}^n P_{ik} X_{ik} & \forall i = \{1 \dots m\} \\ w &\geq \sum_{k=1}^m Q_{kj} X_{kj} & \forall j = \{1 \dots n\} \end{aligned}$$

– **Función Objetivo:**

$$\text{Min}(w)$$

## 4 Instancia de Ejemplo

Se han encontrado 7 puntos característicos en una imagen, y 6 en la otra (ambas se encuentran en el anexo). Se calcularon las correlaciones usando una ventana de  $9 \times 9$  píxeles cuyos valores están indicados en la siguiente tabla:

	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
p1	-0.1095	0.9351	-0.3487	0.6684	-0.4589	0.4131	0.1915
p2	0.1062	-0.2332	0.8311	0.1570	-0.1552	-0.4620	-0.4093
p3	-0.0857	0.8543	-0.0279	0.8452	-0.3892	0.1211	-0.1884
p4	-0.4113	-0.5499	0.0750	-0.3924	0.9123	-0.1749	-0.2811
p5	-0.2637	0.1665	-0.3536	-0.1671	0.0814	0.8941	0.1100
p6	0.0622	0.4282	-0.5095	-0.0325	-0.3777	0.7202	0.5002

**Table 3.** Correlación entre características de dos diferentes imágenes

### 4.1 Modelo en extenso

Con la matriz de correlaciones obtenemos la preferencia para cada punto respecto a los otros:

	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
p1	5	1	6	2	7	3	4
p2	3	5	1	2	4	7	6
p3	5	1	4	2	7	3	6
p4	6	7	2	5	1	3	4
p5	6	2	7	5	4	1	3
p6	4	2	7	5	6	1	3

	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
p1	4	1	4	2	6	3	2
p2	1	5	1	3	3	6	6
p3	3	2	3	1	5	4	4
p4	6	6	2	6	1	5	5
p5	5	4	5	5	2	1	3
p6	2	3	6	4	4	2	1

**Table 4.** Preferencia de los puntos P

**Table 5.** Preferencia de los puntos Q

#### – Variables:

$$x_{ij} \begin{cases} 1 & \text{si se asigna el punto } p_i \text{ al punto } q_j \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$w$  = variable a minimizar, la cual tendrá el valor del peor caso preferencial

#### – Restricciones:

Forzaremos las relaciones 1-1 y haremos que todos los elementos del grupo con menor cardinalidad queden asignados

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} \leq 1$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} + x_{62} \leq 1$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} + x_{63} \leq 1$$

$$\begin{aligned}
x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} + x_{54} + x_{64} &\leq 1 \\
x_{15} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{55} + x_{65} &\leq 1 \\
x_{16} + x_{26} + x_{36} + x_{46} + x_{56} + x_{66} &\leq 1 \\
x_{17} + x_{27} + x_{37} + x_{47} + x_{57} + x_{67} &\leq 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} &= 1 \\
x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} &= 1 \\
x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} &= 1 \\
x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} + x_{46} + x_{47} &= 1 \\
x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} + x_{56} + x_{57} &= 1 \\
x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{66} + x_{67} &= 1
\end{aligned}$$

Haremos que se encuentre estabilidad

$$\begin{aligned}
x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{21} + x_{31} + x_{61} &\geq 1 \\
x_{12} &\geq 1 \\
x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{33} + x_{43} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{14} + x_{34} &\geq 1 \\
x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{55} + x_{65} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{14} + x_{16} + x_{56} + x_{66} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{21} + x_{23} + x_{24} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{32} + x_{52} + x_{62} &\geq 1 \\
x_{23} &\geq 1 \\
x_{14} + x_{23} + x_{24} + x_{34} &\geq 1 \\
x_{21} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{45} + x_{55} &\geq 1 \\
x_{16} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{36} + x_{46} + x_{56} + x_{66} &\geq 1 \\
x_{17} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{27} + x_{37} + x_{47} + x_{57} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{21} + x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{36} + x_{61} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{32} &\geq 1 \\
x_{23} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{36} + x_{43} &\geq 1 \\
x_{32} + x_{34} &\geq 1 \\
x_{25} + x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} + x_{45} + x_{55} + x_{65} &\geq 1 \\
x_{16} + x_{32} + x_{34} + x_{36} + x_{56} + x_{66} &\geq 1 \\
x_{17} + x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{36} + x_{37} + x_{57} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{43} + x_{44} + x_{45} + x_{46} + x_{47} + x_{51} + x_{61} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} + x_{46} + x_{47} + x_{52} + x_{62} &\geq 1 \\
x_{23} + x_{43} + x_{45} &\geq 1 \\
x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{43} + x_{44} + x_{45} + x_{46} + x_{47} + x_{54} + x_{64} &\geq 1 \\
x_{45} &\geq 1 \\
x_{16} + x_{36} + x_{43} + x_{45} + x_{46} + x_{56} + x_{66} &\geq 1 \\
x_{17} + x_{37} + x_{43} + x_{45} + x_{46} + x_{47} + x_{57} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{51} + x_{52} + x_{54} + x_{55} + x_{56} + x_{57} + x_{61} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{32} + x_{52} + x_{56} + x_{62} &\geq 1 \\
x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} + x_{56} + x_{57} &\geq 1 \\
x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{52} + x_{54} + x_{55} + x_{56} + x_{57} + x_{64} &\geq 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_{45} + x_{52} + x_{55} + x_{56} + x_{57} &\geq 1 \\
x_{56} &\geq 1 \\
x_{17} + x_{52} + x_{56} + x_{57} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{21} + x_{61} + x_{62} + x_{66} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{12} + x_{32} + x_{62} + x_{66} &\geq 1 \\
x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} + x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{66} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{61} + x_{62} + x_{64} + x_{66} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{25} + x_{45} + x_{55} + x_{61} + x_{62} + x_{64} + x_{65} + x_{66} + x_{67} &\geq 1 \\
x_{56} + x_{66} &\geq 1 \\
x_{62} + x_{66} + x_{67} &\geq 1
\end{aligned}$$

Obtenemos el valor de la peor asignación para intentar minimizarla

$$\begin{aligned}
w &\geq 5x_{11} + x_{12} + 6x_{13} + 2x_{14} + 7x_{15} + 3x_{16} + 4x_{17} \\
w &\geq 3x_{21} + 5x_{22} + x_{23} + 2x_{24} + 4x_{25} + 7x_{26} + 6x_{27} \\
w &\geq 5x_{31} + x_{32} + 4x_{33} + 2x_{34} + 7x_{35} + 3x_{36} + 6x_{37} \\
w &\geq 6x_{41} + 7x_{42} + 2x_{43} + 5x_{44} + x_{45} + 3x_{46} + 4x_{47} \\
w &\geq 6x_{51} + 2x_{52} + 7x_{53} + 5x_{54} + 4x_{55} + x_{56} + 3x_{57} \\
w &\geq 4x_{61} + 2x_{62} + 7x_{63} + 5x_{64} + 6x_{65} + x_{66} + 3x_{67} \\
w &\geq 4x_{11} + x_{21} + 3x_{31} + 6x_{41} + 5x_{51} + 2x_{61} \\
w &\geq x_{12} + 5x_{22} + 2x_{32} + 6x_{42} + 4x_{52} + 3x_{62} \\
w &\geq 4x_{13} + x_{23} + 3x_{33} + 2x_{43} + 5x_{53} + 6x_{63} \\
w &\geq 2x_{14} + 3x_{24} + x_{34} + 6x_{44} + 5x_{54} + 4x_{64} \\
w &\geq 6x_{15} + 3x_{25} + 5x_{35} + x_{45} + 2x_{55} + 4x_{65} \\
w &\geq 3x_{16} + 6x_{26} + 4x_{36} + 5x_{46} + x_{56} + 2x_{66} \\
w &\geq 2x_{17} + 6x_{27} + 4x_{37} + 5x_{47} + 3x_{57} + x_{67}
\end{aligned}$$

– **Función Objetivo:**

$$Min(w)$$

## 4.2 Modelo en LINGO

El siguiente código LINGO permite determinar la solución anterior y de cualquier caso con diferentes variables:

```

SETS:
  PUNTOSP;
  PUNTOSQ;
  PXQ(PUNTOSP,PUNTOSQ): P, Q, X;
ENDSETS

DATA:
  PUNTOSP = P1 P2 P3 P4 P5 P6;
  PUNTOSQ = Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7;

```

```

! Preferencias de Puntos P;
P =
  5 1 6 2 7 3 4
  3 5 1 2 4 7 6
  5 1 4 2 7 3 6
  6 7 2 5 1 3 4
  6 2 7 5 4 1 3
  4 2 7 5 6 1 3;

! Preferencias de Puntos Q;
Q =
  4 1 4 2 6 3 2
  1 5 1 3 3 6 6
  3 2 3 1 5 4 4
  6 6 2 6 1 5 5
  5 4 5 5 2 1 3
  2 3 6 4 4 2 1;

ENDDATA

! Todos los puntos P deben estar asignados;
@FOR(PUNTOSP(i): @SUM(PUNTOSQ(j): X(i,j)) = 1;);

! Los puntos P no pueden tener mas de una asignación;
@FOR(PUNTOSQ(j): @SUM(PUNTOSP(i): X(i,j)) <= 1;);

! Forzamos monogamia al hacer las variables X(i,j) binarias;
@FOR(PXQ(i,j): @BIN(X(i,j)));

! Condicion de estabilidad;
@FOR(PXQ(i,j): X(i,j)
+ @SUM(PUNTOSQ(k) | P(i,k) #LT# P(i,j): X(i,k))
+ @SUM(PUNTOSP(k) | Q(k,j) #LT# Q(i,j): X(k,j)) >= 1 );

! Obtenemos la peor asignación;
@FOR(PUNTOSP(i): W >= @SUM(PUNTOSQ(k): P(i,k)*X(i,k)););
@FOR(PUNTOSQ(j): W >= @SUM(PUNTOSP(k): Q(k,j)*X(k,j)););

! Minimizar lo maximo posible el peor caso;
MIN = W;

```

### 4.3 Resultados

El modelo implementado en LINGO entregó el siguiente resultado para el caso de ejemplo presentado (se muestran solamente las variables asignadas):

Global optimal solution found.  
 Objective value: 3.000000  
 Extended solver steps: 0  
 Total solver iterations: 0

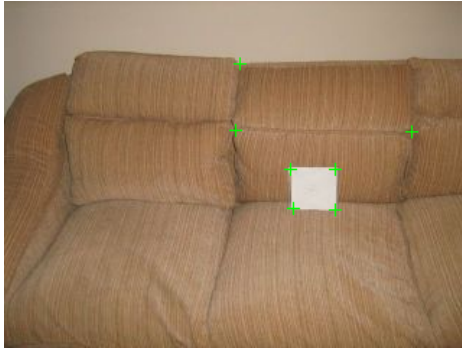
Variable	Value	Reduced Cost
W	3.000000	0.000000
X( P1, Q2)	1.000000	0.000000
X( P2, Q3)	1.000000	0.000000
X( P3, Q4)	1.000000	0.000000
X( P4, Q5)	1.000000	0.000000
X( P5, Q6)	1.000000	0.000000
X( P6, Q7)	1.000000	3.000000

De este resultado, eligiremos todos los enlaces creados con correlación mayor o igual a 0.7 para asegurar la correspondencia (si existen 4 o más correspondencias entonces se puede obtener la relación espacial entre las imágenes). En este caso los enlaces que eligiremos son todos menos el p6-q7 ya que su correlación es muy baja (0.5002). Observamos además que se eliminó el punto q1 ya que su correlación era muy baja con todos los otros puntos. Los resultados visuales se encuentran en el anexo.

## References

1. Drago Torkar, Nikola Pavesic: Feature Extraction from Aerial Images and Structural Stereo Matching
2. Chung-Piaw Teo, Jay Sethuraman, Wee-Peng Tan: Gale-Shapley Stable Marriage Problem Revisited: Strategic Issues and Applications
3. Nikom SUVONVORN, Samia BOUCHAFA, Bertrand ZAVIDOVIQUE: Marrying level lines for stereo or motion
4. TARMO VESKIOJA: Stable Marriage Problem and College Admission

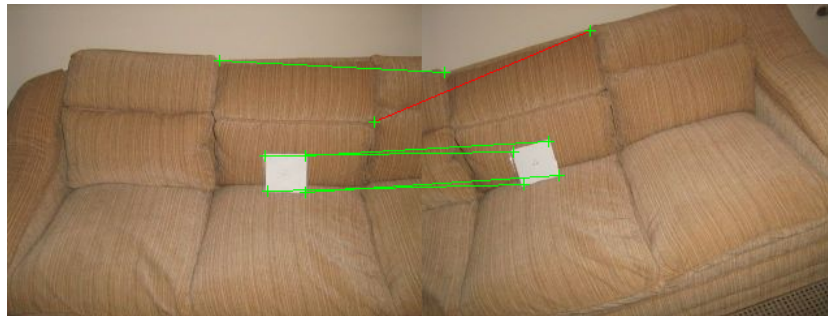
## 5 Anexo



**Fig. 2.** Imagen con puntos  $q_1 - q_7$



**Fig. 3.** Imagen con puntos  $p_1 - p_6$



**Fig. 4.** Matching de las relaciones encontradas con color verde, el color rojo muestra la relación eliminada



**Fig. 5.** Resultado al aplicar una transformación espacial sobre la imagen con puntos  $p$ . En los lugares comunes se calculó el promedio entre los píxeles