
Proyecto Final. Poisson Blending.

Visión por Computador

Iván Garzón Segura

Víctor Alejandro Vargas Pérez



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Índice

1	Introducción	3
2	Fundamentos Teóricos	3
2.1	Importing Gradients	4
2.2	Mixing Gradients	5
3	Implementación	5
3.1	Función Principal: poissonBlending	5
3.2	Cálculo de la matriz de Poisson A	7
3.3	Cálculo del vector b: divergencia del campo guía v con criterios de contorno	8
3.4	Obtención de las Posiciones del Objeto y pegar y el Desplazamiento	10
3.4.1	Posiciones del Objeto	11
3.4.2	Desplazamiento en el Destino	11
4	Ejecución y Resultados	13
5	Referencias	28

1. Introducción

El objetivo de este proyecto es implementar una herramienta que permita recortar objetos de una imagen y pegarlos en otra imagen sin que aparentemente se note en la imagen final que los objetos han sido pegados. Para ello, existen diferentes métodos, como el uso de pirámides Laplacianas. Sin embargo, hemos optado por utilizar el método Poisson Blending, que obtiene mejores resultados. Dicho método se describe en detalle en el paper Poisson Image Editing (2003), e indicaremos a continuación lo más relevante del mismo.

Esta técnica tiene como elemento principal la ecuación diferencial de Poisson con la condición de frontera de Dirichlet, que especifica la Laplaciana de una función (imagen) desconocida en un dominio de interés, junto con sus valores para la frontera del dominio.

Resolver la ecuación de Poisson se puede ver como un problema de minimización en el que se calcula la función cuyo gradiente es el más cercano a un campo vectorial guía establecido bajo unas condiciones de contorno dadas. De esta forma, la función (imagen) reconstruida interpola las condiciones de contorno hacia dentro, mientras sigue las variaciones espaciales del campo vectorial guía de la forma más fiel posible.

2. Fundamentos Teóricos

Para presentar esta técnica, consideremos los siguientes elementos:

- S : dominio de la imagen (subconjunto cerrado de \mathbb{R}^2)
- Ω : subconjunto cerrado de S con frontera $\partial\Omega$ (zona de pegado en la imagen destino). Para nuestro caso concreto (imágenes) podemos definir $\partial\Omega$ como todos los píxeles de S fuera de Ω que tienen algún vecino (uno de los cuatro píxeles adyacentes) en Ω .
- f^* : función escalar definida en S menos el interior de Ω , que representa los valores de la imagen destino fuera del área de pegado.
- f : función desconocida dentro Ω , es decir, los píxeles finales de dicha zona tras pegar el objeto.
- g : función escalar dentro de Ω cuyos valores corresponden a los píxeles del objeto en la imagen fuente.
- v : campo vectorial guía definido sobre Ω . La elección de este campo guía determinará el efecto de la técnica, y en el presente proyecto se contemplarán las dos opciones presentadas en el paper relacionadas con la inserción de imágenes(importing gradients y mixing gradients).

La interpolación de f de f^* sobre Ω , con la restricción añadida de un campo vectorial v , corresponde al siguiente problema:

$$\min_f \iint_{\Omega} |\nabla f - v|^2 \text{ con } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega}$$

La solución de este problema corresponde a la siguiente ecuación diferencial de Poisson con condiciones de frontera de Dirichlet:

$$\Delta f = \text{div } v \text{ over } \Omega, \text{ con } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega}$$

Esta ecuación es fundamental, pues su solución para f contendrá los valores finales de los píxeles en la zona de pegado. Por consiguiente, la implementación del algoritmo consistirá en calcular la divergencia de v , y posteriormente obtener f como la solución de $Af=b$, donde:

- b es dicha divergencia (considerando las condiciones de frontera), en forma de un vector columna con tantos valores n como píxeles en Ω . Así, dado un píxel p en Ω , y cada uno de sus vecinos q , su valor en b corresponde a la suma de sus v_{pq} (depende del campo guía v elegido) y del valor en f^* de sus vecinos que se encuentren en $\partial\Omega$.
- f es otro vector columna del mismo tamaño (píxeles de la solución).
- A es el operador laplaciano, esto es, una matriz dispersa $n \times n$ con 4's (en la diagonal) y -1's, tal que al multiplicarla por un vector columna, calcula otro vector columna con la laplaciana de cada valor del primero. Dado un píxel, su laplaciana es la suma de sus gradientes, o dicho de otra forma, la suma de las diferencias con sus cuatro vecinos (dado $x_{i,j}$, su laplaciana sería $4 * x_{i,j} - x_{i-1,j} - x_{i+1,j} - x_{i,j-1} - x_{i,j+1}$)

Esta implementación se verá en detalle en la sección 3.

2.1. Importing Gradients

Para pegar un objeto de una imagen en otra, la elección básica para el campo v es el gradiente de la parte correspondiente al objeto en la imagen fuente (g). De esta forma, $v = \nabla g$, y por lo tanto la ecuación de Poisson pasaría a ser la siguiente:

$$\Delta f = \Delta g \text{ over } \Omega, \text{ con } f|_{\partial\Omega} = f^*|_{\partial\Omega}$$

De cara a su implementación, en este caso $v_{pq} = g_p - g_q$, donde g indica el valor del píxel correspondiente en la imagen fuente.

2.2. Mixing Gradients

Si bien la elección anterior para v funciona correctamente cuando se tratan objetos opacos, los resultados no serían satisfactorios para objetos con transparencias o agujeros, pues v no contiene información del fondo de la imagen destino. Por consiguiente, se propone usar para v variaciones tanto de g como de f^* , escogiendo en cada caso aquella de mayor valor:

$$\text{para todo } \mathbf{x} \in \Omega, v(\mathbf{x}) = \begin{cases} \nabla f^*(\mathbf{x}) & \text{si } |\nabla f^*(\mathbf{x})| > |\nabla g(\mathbf{x})| \\ \nabla g(\mathbf{x}) & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Por consiguiente, en este caso el cálculo de la divergencia de v se hará teniendo en cuenta que para cada vecino q de un píxel p en Ω :

$$v_{pq} = \begin{cases} f_p^* - f_q^* & \text{si } |f_p^* - f_q^*| > |g_p - g_q| \\ g_p - g_q & \text{en otro caso} \end{cases}$$

3. Implementación

3.1. Función Principal: poissonBlending

La implementación de esta herramienta se encuentra en el archivo **poisson_blending.py**. En ella, la función principal es **poissonBlending(objeto, fuente, destino, despl)**, que se encargará de realizar el pegado de un objeto de una imagen en otra mediante la técnica poisson blending. Concretamente, devolverá dos resultados: uno usando importing gradients y otro con mixing gradients. Sus parámetros son:

- **objeto**: posiciones en la fuente de la objeto a pegar.
- **fuente**: imagen en color (3 canales) que contiene el objeto que se va a pegar en el destino.
- **destino**: imagen en color (3 canales) en la que se va a pegar el objeto.
- **despl**: pareja de enteros que indica el desplazamiento que hay que realizar de las posiciones del objeto, para transformar sus coordenadas en las deseadas para la imagen destino.

Aunque no es necesario que fuente y destino coincidan en dimensiones, sí que es preciso que el objeto quepa dentro de la imagen destino, y que el desplazamiento indicado no permita que el objeto se salga por algún extremo de la imagen destino.

El objeto de este algoritmo es resolver la ecuación $Af=b$ (comentada en la sección anterior) para obtener f como los valores finales del objeto al pegarlo en la imagen destino. Para ello, en primer lugar se obtiene la matriz de Poisson A acorde a los píxeles del objeto. A continuación, de forma independiente en cada

Proyecto Final. Poisson Blending.

canal de la imagen, se obtiene el vector columna b (divergencia de v) tanto para importing_gradients como mixing_gradients, y se resuelve así la ecuación $Af=b$ con la ayuda de la biblioteca scipy, que implementa el método del gradiente conjugado (método iterativo) en linalg.cg(A,b). El motivo por el que se usa este método es que $Af=b$ (ecuación en derivadas parciales) es un sistema disperso demasiado grande para ser tratado por un método directo.

Finalmente, cada solución es igual a la imagen destino con los píxeles correspondientes a omega (posiciones del objeto + desplazamiento) modificados al valor obtenido en f. Como se trata de imágenes, estos valores han de ser truncados entre 0 y 255 (los negativos pasan a 0, y los valores mayores que 255 a este número), y serán transformados en enteros cuando se realice la visualización.

El código de esta función es el siguiente:

```
def poissonBlending(objeto, fuente, destino, despl):
    # Cada solución (import_gradients y mixing_gradients)
    # se inicializa con los valores de la imagen destino
    solucion_import = np.copy(destino)
    solucion_mix = np.copy(destino)
    # 1. Calcular matriz de coeficientes para omega
    A = matrizPoisson(objeto)
    # Para cada canal
    for canal in range(destino.shape[2]):
        # 2.1 Calcular vector columna b para importing y mixing
        b_import, b_mix = calcularDivGuia(
            objeto, fuente[:, :, canal], destino[:, :, canal], despl)

        # 2.2 Resolver A*f_omega=b
        f_omega_import, _ = linalg.cg(A, b_import)
        f_omega_mix, _ = linalg.cg(A, b_mix)

        # 2.3 Incorporar f_omega a f
        for i, posicion in enumerate(objeto):
            solucion_import[posicion[0]+despl[0], posicion[1]+despl[1],
                            canal] = f_omega_import[i]
            solucion_mix[posicion[0]+despl[0], posicion[1] +
                        despl[1], canal] = f_omega_mix[i]

    # Devolver todas las soluciones, con valores entre 0 y 255
    return np.clip(solucion_import, 0, 255), np.clip(solucion_mix, 0, 255)
```

Como se puede ver, se hace uso de dos funciones auxiliares: **matrizPoisson** para obtener la matriz A, y **calcularDivGuia** para obtener el vector b.

3.2. Cálculo de la matriz de Poisson A

Tal y como se introdujo en la sección 2, la matriz de A es una matriz cuadrada dispersa con tantas filas como píxeles en omega. De esta forma, su función es calcular la Laplaciana de cada uno de los elementos de un vector columna con el mismo número de elementos que filas tiene A.

Su cálculo se hace a partir de las posiciones del objeto a pegar, asignando para cada elemento (fila) un 4 en la diagonal y un -1 en la columna correspondiente a cada uno de sus vecinos dentro de omega (como máximo serán 4). La implementación sigue lo descrito:

```
def matrizPoisson(omega):
    # Calculamos el número de píxeles de omega
    N = len(omega)
    # Matriz dispersa de NxN
    A = sparse.lil_matrix((N, N))

    # Para cada pixel/posición
    for i, posicion in enumerate(omega):
        A[i, i] = 4 # 4 en la diagonal (pixel actual)

        # -1 en las columnas de los vecinos en omega
        for vecino in getVecindario(posicion):
            if vecino in omega:
                j = omega.index(vecino)
                A[i, j] = -1

    return A
```

La función `getVecindario(posicion)` es sencilla: devuelve los índices correspondientes a los 4 vecinos de una posición dada: (i+1,j), (i-1,j), (i,j+1), (i,j-1)

3.3. Cálculo del vector b: divergencia del campo guía v con criterios de contorno

El vector b consta de tantos elementos como píxeles hay en omega, calculando para cada píxel la suma de los valores en la imagen destino de aquellos vecinos que estén fuera de omega (frontera), junto a la divergencia del campo guía v en dicha posición. Esta divergencia depende del método usado, devolviéndose en esta función el resultado tanto para Importing Gradients como para Mixing Gradients, para así poder comparar ambos fácilmente. La función se define como sigue:

```
def calcularDivGuia(omega, fuente, destino, despl):  
    N = len(omega)  
    b_import = np.zeros(N)  
    b_mix = np.zeros(N)  
  
    # Para cada píxel en omega  
    for i in range(N):  
        # Condición contorno (común a ambos métodos)  
        valorBorde = calcularValorBorde(omega, omega[i], destino, despl)  
        # Divergencia de v + valorBorde  
        b_import[i] = getLaplaciana(fuente, omega[i]) + valorBorde  
        b_mix[i] = getLaplacianaMix(  
            fuente, destino, omega[i], despl) + valorBorde  
  
    return b_import, b_mix
```

Como se dijo previamente, el valor del borde se obtiene sumando el valor en la imagen destino de los vecinos fuera de omega. Por lo tanto, este valor será 0 para todos los píxeles en el interior de la máscara (que no colindan con la frontera).

```
def calcularValorBorde(omega, posicion, destino, despl):  
    valorBorde = 0  
    if (esBorde(omega, posicion)):  
        for vecino in getVecindario(posicion):  
            if not vecino in omega:  
                if dentroImagen(destino, vecino + despl):  
                    valorBorde += destino[tuple(vecino + despl)]  
                else:  
                    valorBorde += destino[tuple(posicion + despl)]  
  
    return valorBorde
```

La función esBorde simplemente comprueba si el píxel tiene algún vecino fuera de omega (pues, de ser así, valoBorde será 0). Por su parte, dentroImagen comprueba si una posición está dentro de la imagen, esto es: sus valores son mayores o igual que 0 y menores que sus dimensiones.

Un caso peculiar a tener en cuenta es el que se da cuando alguna posición de omega se encuentra en el borde de la imagen destino, y por lo tanto tiene un vecino (o dos) que no está ni en omega ni en los valores definidos fuera de este. Este caso no es baladí, pues de no tratarse, se estaría asumiendo que la condición de frontera en ese píxel es 0, lo que ensombrecería a partir de esa zona. Por este motivo, hemos decidido seguir una política de bordes de copia del último valor: el valor de un píxel exterior a la imagen es igual al valor en el píxel límite de la misma. De esta forma, si un vecino de un píxel p en omega se sale de la imagen, tomará el valor de la imagen destino en p.

Respecto al cálculo de la divergencia de v, en el caso de Importing Gradients se realiza sumando las diferencias de los valores (en la imagen fuente) con sus vecinos que se encuentran en omega (es decir, calculando la laplaciana).

```
def getLaplaciana(fuente, posicion):
    laplaciana = 0
    for vecino in getVecindario(posicion):
        if dentroImagen(fuente, vecino):
            laplaciana += fuente[posicion] - fuente[vecino]

    return laplaciana
```

En el caso de Mixing Gradients, se consideran también los gradientes en la imagen destino, comparando ambos y eligiendo en cada caso el de mayor intensidad (valor absoluto). Casos especiales a tener en cuenta se dan cuando el vecino de un elemento de omega se sale de la imagen fuente o destino. En esos casos, como usamos política de bordes de copia, el gradiente correspondiente es 0 (la resta es entre valores iguales), por lo que se utiliza directamente el gradiente en la otra imagen (si esta sí que contiene al vecino). La implementación se encuentra en la siguiente página.

```
def getLaplacianaMix(fuente, destino, posicion, despl):  
    laplaciana = 0  
    for vecino in getVecindario(posicion):  
        # Caso general: calcular y comparar gradientes en las dos imágenes  
        if dentroImagen(destino, vecino+despl) and  
            dentroImagen(fuente, vecino):  
                grad_fuente = fuente[posicion] - fuente[vecino]  
                grad_destino = destino[tuple(  
                    posicion+despl)] - destino[tuple(vecino+despl)]  
                if abs(grad_fuente) > abs(grad_destino):  
                    laplaciana += grad_fuente  
                else:  
                    laplaciana += grad_destino  
        # Si una de las imágenes no contiene al correspondiente vecino:  
        # -> política de bordes de copia: gradiente intensidad 0.  
        # -> Se usa directamente el gradiente de la otra  
        elif dentroImagen(destino, vecino+despl):  
            grad_destino = destino[tuple(  
                posicion+despl)] - destino[tuple(vecino+despl)]  
            laplaciana += grad_destino  
        elif dentroImagen(fuente, vecino):  
            grad_fuente = fuente[posicion] - fuente[vecino]  
            laplaciana += grad_fuente  
  
    return laplaciana
```

3.4. Obtención de las Posiciones del Objeto y pegar y el Desplazamiento

Hasta ahora, se ha descrito el proceso por el que, a partir de una imagen fuente, posiciones de un objeto en la fuente, una imagen destino y un desplazamiento, se obtiene una imagen final con el objeto pegado en el destino mediante Poisson Blending.

Sin embargo, es preciso detallar el procesamiento previo a esta función, necesario para obtener las posiciones del objeto y el desplazamiento en el destino.

3.4.1. Posiciones del Objeto

Para obtener estas posiciones, se requiere el uso de una imagen en blanco y negro (máscara) con las mismas dimensiones que la imagen fuente, de forma que el color blanco representa al objeto seleccionado. Estas máscaras deben crearse de forma externa, y en nuestro caso las hemos creado con el programa de edición de imágenes GIMP, que es de software libre.

Por lo tanto, una vez se dispone de dicha imagen máscara, se puede pasar su ruta como parámetro a la función **getObjeto(nombre_mascara)**, que devuelve una lista con las posiciones correspondientes al objeto, además de la imagen máscara. Para ello, se carga la imagen en blanco y negro con valores enteros, y, para asegurar que no hay outliers en la representación, se utiliza la función de openCV cv2.threshold(mascara, 0, 255, cv2.THRESH_OTSU), que con estos parámetros cambia a 255 el valor de los píxeles próximos a 255, y a 0 el resto. Es decir, binariza la máscara.

Hecho esto, se utiliza la función **getPosicionesObjeto(mascara)** para crear la lista de posiciones, recorriendo la máscara y añadiendo las posiciones de los píxeles con valor no cero (blanco).

3.4.2. Desplazamiento en el Destino

La posición del objeto en la imagen fuente es independiente de la que va a tener en el destino. Por lo tanto, debe indicarse cuál es el lugar del destino en el que ha de pegarse el objeto. Para ello, se declara una lista con la posición central en la que debe ubicarse el objeto, que puede ser bien en forma de coordenadas concretas en el destino, o, si se utilizan valores reales, la posición relativa respecto a las dimensiones (un porcentaje). Por ejemplo, si tenemos una imagen de 200x200, el punto central 100x100 se podría indicar como [100, 100] o como [0.5, 0.5], e incluso podría indicarse cada eje de forma distinta (uno de forma absoluta y el otro de forma relativa).

Definidas las coordenadas destino, se hace uso de una función **calcularDesplazamiento(pos_dest, objeto, destino)** que obtiene el desplazamiento a aplicar a los píxeles del objeto (en la imagen fuente) para obtener las posiciones correspondientes en la imagen destino, de forma que el centro del objeto se ubique finalmente en la posición dada por *pos_dest*.

Cabe destacar que, con el fin de evitar desplazamientos no deseados (objeto queda parcial o totalmente fuera de la imagen) esta función también devuelve un valor booleano que indica si el desplazamiento resultante de la posición dada es válido. Para ello, se comprueba que al aplicar dicho desplazamiento al objeto, este queda completamente contenido en la imagen destino, comprobando para ello el resultado de aplicar el desplazamiento a los extremos del objeto (*max_x, min_x, max_y, min_y*).

```
def calcularDesplazamiento(pos_dest, objeto, destino):

    # Si se pasan reales en pos_dest, se interpreta como un porcentaje
    # respecto al tamaño de la imagen destino. En caso contrario,
    # son coordenadas directas.
    if not type(pos_dest[0]) is int:
        pos_dest[0] = int(destino.shape[0]*pos_dest[0])
    if not type(pos_dest[1]) is int:
        pos_dest[1] = int(destino.shape[1]*pos_dest[1])
    pos_dest = np.array(pos_dest, dtype=np.uint32)

    # Obtener los extremos de la máscara y calcular su centro
    posiciones = np.array(objeto)
    max_x = np.max(posiciones[:, 1])
    min_x = np.min(posiciones[:, 1])
    max_y = np.max(posiciones[:, 0])
    min_y = np.min(posiciones[:, 0])

    x_centro = int((max_x + min_x) / 2)
    y_centro = int((max_y + min_y) / 2)

    # Obtener el desplazamiento como la diferencia del objetivo con el
    # centro de la máscara
    despl = pos_dest - (y_centro, x_centro)

    # Comprobar si es un desplazamiento válido
    despl_valido = False
    if dentroImagen(destino, [max_y, max_x] + despl) and
       dentroImagen(destino, [min_y, min_x] + despl):
        despl_valido = True

    return despl, despl_valido
```

Tal y como se puede observar, tras interpretar la posición destino dada apropiadamente, en esta función se calcula el centro de la máscara obteniendo la media de sus extremos ($\text{max}_y-\text{min}_y/2$, $\text{max}_x+\text{min}_x/2$). Posteriormente, se calcula el desplazamiento como la diferencia entre la posición destino y este centro, y se comprueba si es válida.

Un detalle a señalar a la hora de mostrar los resultados del pegado de imágenes es que, aunque los valores deben convertirse a entero, no se deben normalizar, pues eso podría alterar el valor de los píxeles fuera del área de pegado (así como los de dentro), lo cual no es deseable, pues alteraría el resultado. Por este motivo, las funciones auxiliares mostrarImagen y mostrarVariasImagenes (implementadas en las prácticas iniciales) tiene el parámetro de normalización desactivado por defecto.

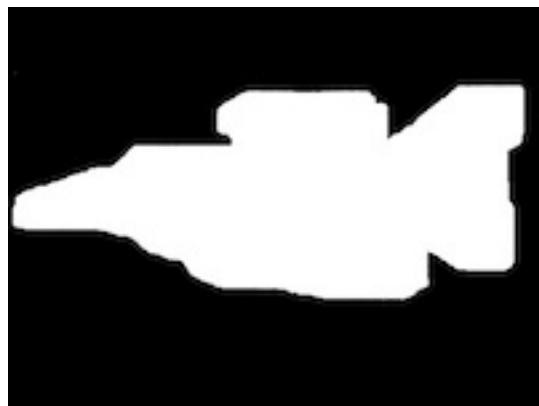
4. Ejecución y Resultados

Con el fin de comprobar el funcionamiento de esta técnica, es el momento de utilizarla con diferentes imágenes ejemplo. Para ello, hemos buscado diferentes imágenes (unas como fuente y otras como destino), y hemos creado las máscara de las imágenes fuente. El objetivo es aplicar la técnica de Poisson Blending (con Importing Gradients y Mixing Gradients) y el solapado directo, para poder ver una comparativa. La posición concreta en la que se va pegar cada objeto la hemos obtenido experimentalmente, tratando de colocarlos en lugares que tengan sentido (como una taza de café encima de una mesa).

En primer lugar veamos como ejemplo un avión como imagen fuente y un paisaje en una montaña como destino.



(a) Imagen fuente



(b) Máscara



(a) Imagen destino



(b) Pegado directo



(c) Poisson Blending Importing Gradients

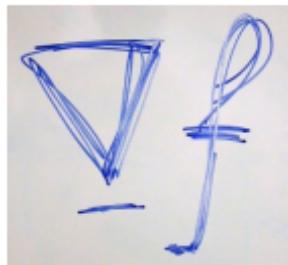


(d) Poisson Blending Mixing Gradients

Como se puede ver, pese a que la máscara no delimita al avión de forma precisa (hay cierto borde alrededor), la técnica Poisson Blending logra realizar un pegado de calidad. Si nos fijamos bien en el resultado con Importing Gradients, se puede ver un poco de ese borde (bruma blanca), mientras que en el método Mixing Gradients ha sido completamente removido este borde. Por contra, en la parte trasera inferior del avión podemos ver que ha aparecido la textura de la montaña de fondo, algo que no ocurre en Importing Gradients, pues en su interior solo se computan los gradientes del propio avión. En cualquier caso, los resultados son favorables.

Proyecto Final. Poisson Blending.

Veamos ahora un caso más difícil, que además se encuentra en el paper de referencia:



(a) Imagen fuente



(b) Máscara



(c) Imagen destino



(d) Pegado directo



(e) Poisson Blending Importing Gradients

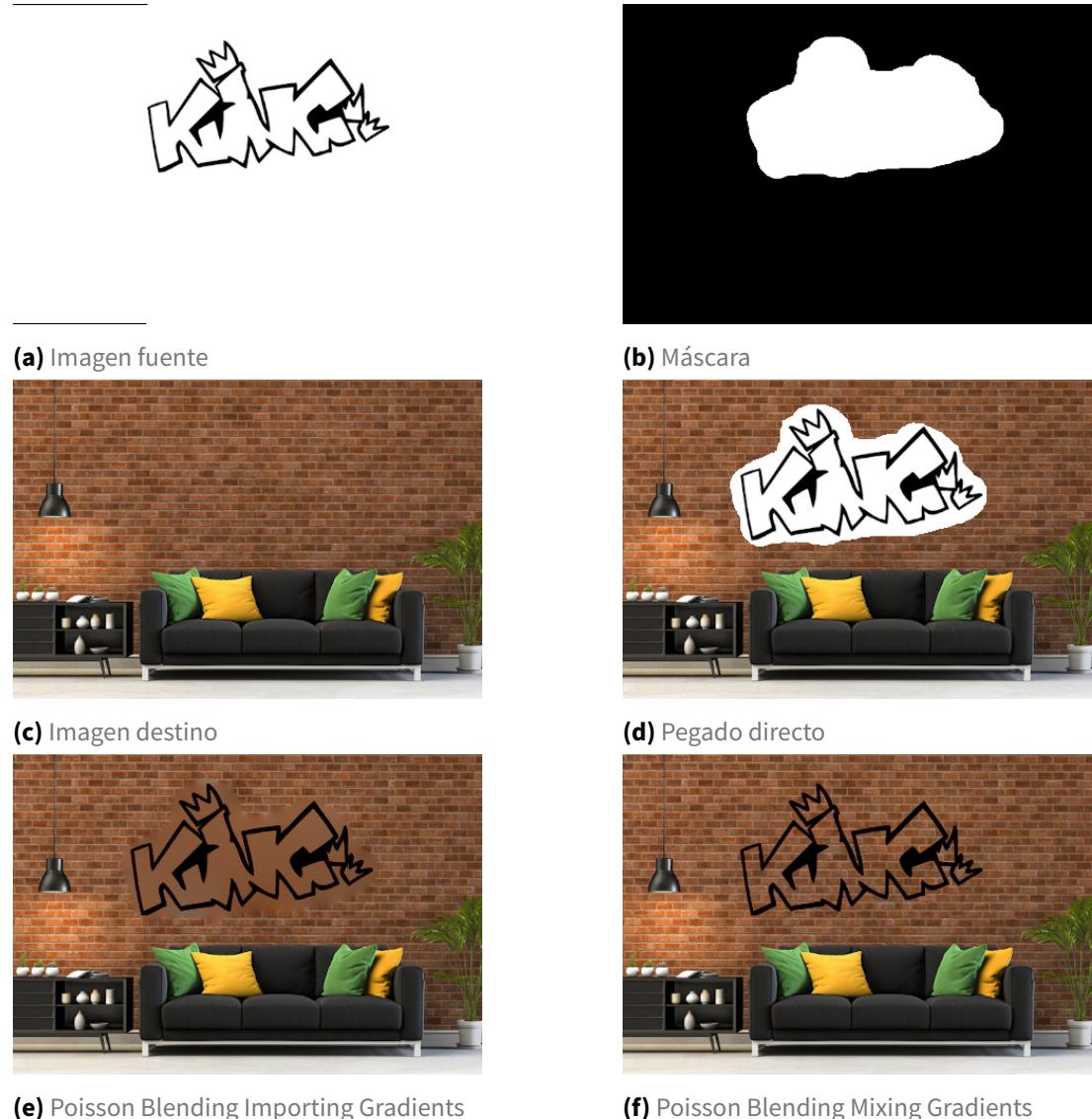


(f) Poisson Blending Mixing Gradients

En esta ocasión, el método Mixing Gradients sí ha podido demostrar su ventaja de forma clara: mientras que con importing gradients se obtiene un fondo liso (el del papel) pero anaranjado (muro), con mixing, al considerar los gradienes de la imagen destino en el interior de omega, consigue pegar objetos con agujeros conservando el fondo de la imagen destino en estos. De esta forma, imágenes con escrituras pueden ser pegadas en diversas superficies con resultados realistas. Cabe destacar que el resultado coincide con el paper, lo que es buen indicativo de que la implementación es correcta.

Proyecto Final. Poisson Blending.

A continuación mostramos un ejemplo similar, esta vez pegando un graffiti en una pared.



Tal y como pasaba en el ejemplo anterior, el método Mixing Gradients logra una solución claramente mejor.

A continuación volvemos a usar un ejemplo que estaba presente en el paper, en el que se pega un oso y unos niños en el agua. En esta ocasión, se tienen dos imágenes fuente diferentes, y además para una de ellas se tienen dos máscara (una para cada niño).

Proyecto Final. Poisson Blending.



(a) Imagen fuente Oso



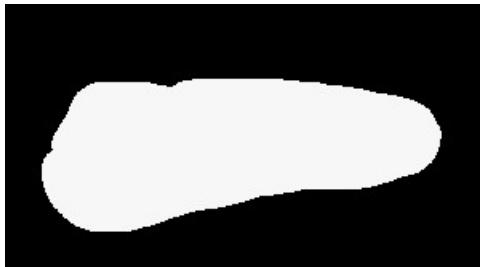
(b) Imagen fuente Niños



(c) Máscara niña



(d) Máscara niño



(e) Máscara oso



(f) Destino



(g) Pegado Directo

Proyecto Final. Poisson Blending.



(a) Poisson Blending Importing Gradients



(b) Poisson Blending Mixing Gradients

Una vez más, el resultado concuerda con el mostrado en el paper. En esta ocasión, Importing y Mixing obtienen resultados similares, aunque tienen sus pros y contras: mientras que importing da peores bordes, mixing provoca la aparición de texturas del fondo del destino en el objeto (por ejemplo, la cara del niño tiene las texturas de las olas). Aún con todo, ambas soluciones son buenas, siendo necesario fijarse en la imagen para detectar las anomalías.

El siguiente ejemplo toma una luna y su reflejo (máscaras diferentes) de una imagen por la noche y la pone en otra imagen de una playa al atardecer. La idea de tener el reflejo en otra máscara es poder cuadralo bien con el agua de la imagen destino.

Proyecto Final. Poisson Blending.



(a) Imagen fuente



(b) Máscara luna



(c) Máscara brillo



(d) Destino



(e) Pegado Directo



(a) Poisson Blending Importing Gradients



(b) Poisson Blending Mixing Gradients

Proyecto Final. Poisson Blending.

El resultado, sin llegar a ser completamente realista, tiene una calidad razonable en la inserción del brillo en el agua. Tanto dicho brillo como la luna han adquirido la tonalidad naranja de la imagen. En esta ocasión, la diferencia entre importing y mixing es complicado de apreciar, siendo esta más notoria en la parte izquierda del brillo, donde importing mantiene más de la imagen fuente y se ve más oscuro. De nuevo, mixing consigue mejor resultado en el contorno.

El siguiente ejemplo consistirá en tomar un astronauta de una imagen del espacio, y colocarlo bajo el agua en un océano. A priori no es un ejemplo muy complicado debido a que el fondo del astronauta es totalmente liso, lo cual hará que el algoritmo no tenga muchos problemas a la hora de realizar el pegado.



(a) Imagen fuente



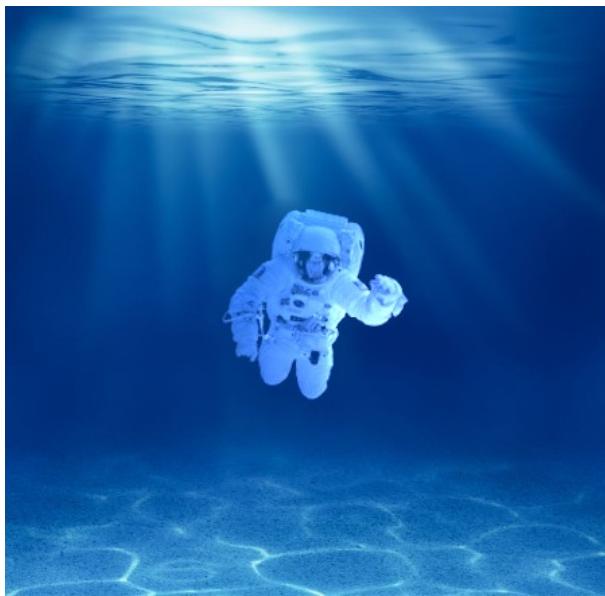
(b) Máscara



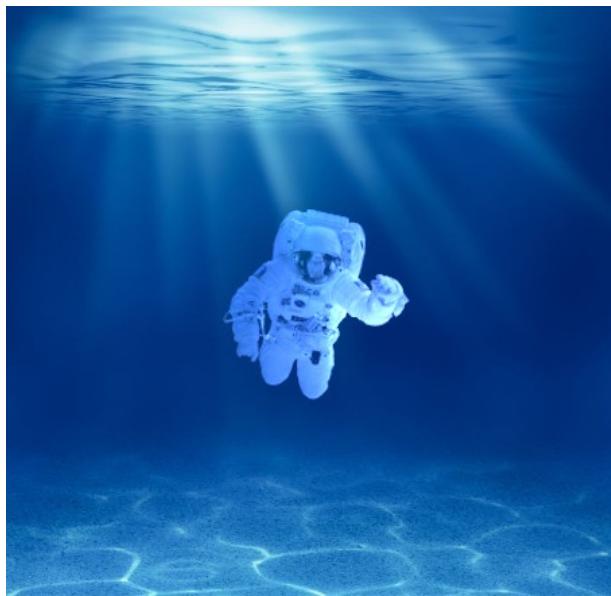
(c) Imagen destino



(d) Pegado directo



(a) Poisson Blending Importing Gradients

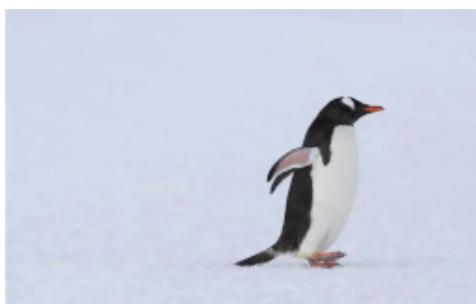


(b) Poisson Blending Mixing Gradients

Como podemos observar, en ambos métodos se obtiene un buen resultado y a priori no seríamos capaces de ver diferencia alguna. Sin embargo, si nos fijamos detenidamente tanto en el método de Importing Gradients como en el de Mixing Gradients, podemos apreciar una pequeña diferencia entre ambos que hace que sea mejor Mixing Gradients.

Esta pequeña diferencia es observable en el rayo de luz que se dirige hacia el casco del astronauta. En el caso de Importing Gradients, se observa cómo el haz de luz se corta justo donde empieza el borde de la máscara, mientras que en el caso de Mixing Gradients, este haz de luz continúa su camino hasta el propio astronauta. Por lo tanto, vemos que de nuevo, Mixing Gradients obtiene un mejor resultado.

A continuación, se va a ver un ejemplo en el que el resultado no es favorable, con el fin de mostrar que, aunque Poisson Blending es una técnica de calidad, no es infalible. La prueba consiste en pegar un pingüino en el césped de un parque.



(a) Imagen fuente



(b) Máscara



(a) Imagen destino



(b) Pegado directo



(c) Poisson Blending Importing Gradients



(d) Poisson Blending Mixing Gradients

El problema salta a la vista: el blanco del pingüino a pasado a ser verde. De hecho, en el caso de mixing gradients es aún peor, pues ha obtenido la textura del césped por completo, viéndose transparente. El motivo es que al ser completamente blanco, la intensidad de los gradientes es nula, por lo que coge los gradientes del césped. Se podría decir que el cuerpo del pingüino se interpreta como un fondo liso (como con el fondo del graffiti anterior), de ahí este resultado. Además, el contorno entre el cuerpo del pingüino (parte blanca) y su fondo (hielo) es poco apreciable, ya que ambos son blancos. Esto podría favorecer la adquisición del tono/texturas de la imagen destino.

Otro ejemplo similar, aunque con mejor resultado, es el siguiente:



(a) Imagen fuente



(b) Máscara



(a) Imagen destino



(b) Pegado directo



(c) Poisson Blending Importing Gradients



(d) Poisson Blending Mixing Gradients

En esta ocasión, se ha usado la imagen de otro pingüino con un fondo de color diferente al mismo, teniendo contornos más notables. Además, en su cuerpo pueden apreciarse más texturas, por lo que no llega a interpretarse como un fondo uniforme. Dicho esto, en los resultados su color también ha adquirido la tonalidad de la escena, pero en esta ocasión no es problemático, pues se trata del color de los rayos de sol en el atardecer, que impregnán todas la escena, y por lo tanto el objeto encaja bien en ella. Cabe mencionar que en este caso, importing gradients da, a nuestro juicio, un mejor resultado, pues mixing gradients provoca que el cuerpo del pingüino adquiera las texturas de la arena de forma notable (aunque no tanto como en el ejemplo anterior).

Ahora veremos el ejemplo de una taza que se añade en la encimera de una cocina.



(a) Imagen fuente



(b) Máscara

Proyecto Final. Poisson Blending.



(a) Imagen destino



(b) Pegado directo



(c) Poisson Blending Importing Gradients



(d) Poisson Blending Mixing Gradients

En este caso, podemos observar que los resultados obtenidos son prácticamente iguales, y no hay diferencias demasiado apreciables entre ambos métodos. Lo más interesante en este caso es ver cómo la sombra de dicha taza se realiza correctamente sobre la encimera.

Ahora pasaremos a ver un ejemplo que hemos creado uniendo una imagen de un meteorito a la imagen de una ciudad, simulando como si el meteorito se dirigiera hacia la misma.



(a) Imagen fuente



(b) Máscara



(c) Imagen destino



(d) Pegado directo



(e) Poisson Blending Importing Gradients



(f) Poisson Blending Mixing Gradients

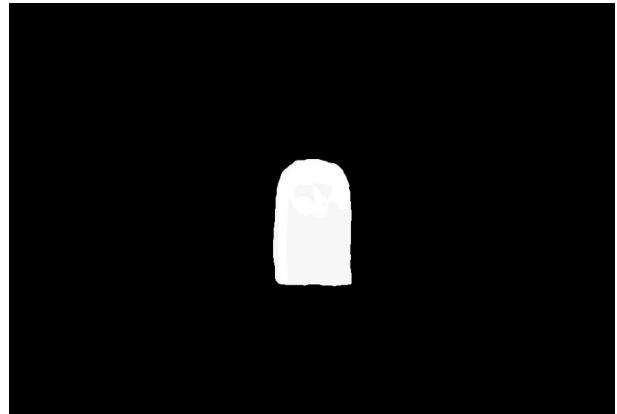
De nuevo se obtienen resultado prácticamente iguales con ambos métodos. Mixing Gradients suaviza un poco más el borde de la máscara, pero no es nada apreciable a simple vista. Por otro lado, vemos cómo las estrellas que se ven alrededor se trasmiten también a la imagen destino, lo cual lleva a que la imagen sea poco realista. Sin embargo, eso es más bien un tema semántico del cual nuestra herramienta no se encarga. Si analizamos el pegado como tal, vemos que se realiza correctamente.

Proyecto Final. Poisson Blending.

Finalmente, como último ejemplo y el que creemos que es el que mejor manifiesta la calidad del Poisson Blending, vamos a añadir una verja al Arco del Triunfo de París.



(a) Imagen fuente



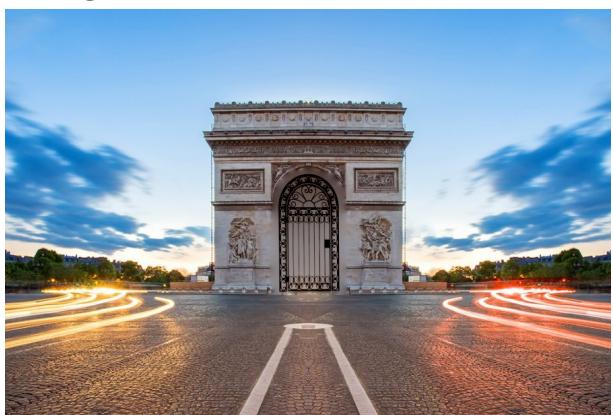
(b) Máscara



(c) Imagen destino



(d) Pegado directo



(e) Poisson Blending Importing Gradients



(f) Poisson Blending Mixing Gradients

Proyecto Final. Poisson Blending.

Como dijimos anteriormente, el método de Mixing Gradients destaca especialmente en aquellas figuras que tienen agujeros o zonas huecas entre medias, como era el caso por ejemplo de las letras en la pared, o el graffiti. En este caso, ese tipo de objeto es la verja. Si esta verja la colocamos en el interior del Arco del Triunfo, vemos que obtenemos diferencias apreciables (y esperables) entre los métodos de Importing y Mixing Gradients. En el Importing vemos que en el interior de las rejas, y en los laterales, obtenemos un fondo liso emborronado marrón. Esto se produce al importar el gradiente del fondo liso blanco que tiene la imagen de la verja original.

Sin embargo, en Mixing Gradients, dado que nos quedamos únicamente con el gradiente de mayor tamaño entre ambas imágenes, conseguimos que entre las rejas de la puerta se pueda ver el paisaje de fondo dado que el gradiente del fondo blanco de la reja es nulo o prácticamente nulo, por lo que en cualquier caso, en el fondo siempre nos quedamos con el paisaje, consiguiendo así este efecto deseado.

5. Referencias

- Paper en el que se basa el proyecto: Poisson Image Editing (2003), de Patrick Pérez, Michel Gangnet y Andrew Blake
- Software usado para la creación de las máscaras: GIMP
- Librerías de Python:
 - Manejo matriz dispersa A y método gradiente conjugado: Scipy
 - Manejo de imágenes: OpenCV