

# Retoque fotográfico mediante reconstrucciones geométricas heurísticas

Ariel Nowik, Joaquin Mestanza, Rocio Parra, Martina Máspero, Marcelo Regueira  
22.05 - Análisis de Señales y Sistemas Digitales - Grupo 1

ITBA: Instituto tecnológico de Buenos Aires  
Ciudad de Buenos Aires, Argentina

**Resumen**—En este trabajo se estudiaron diversos métodos de retoque de imágenes para eliminar elementos no deseados presentes en diversas fuentes. Finalmente se procedió a realizar una implementación en función de las técnicas analizadas seguida de un análisis de sus ventajas y desventajas.

## I. INTRODUCCIÓN

El problema elemental a resolver consiste en la eliminación de un objeto no deseado en una imagen. Naturalmente no es posible “divinar” lo que se encuentre por detrás, ya que requiere información adicional, la cual en principio no es accesible, solo se dispone de la imagen. Por lo tanto la idea es, de algún modo asimilar la zona de la imagen a reemplazar con el resto de la misma. En lo que continúa de este trabajo describiremos con un mayor detalle diversos métodos para llevar a cabo este proceso.

### I-A. Descripción general del algoritmo

El algoritmo trabaja en varias etapas. En cada iteración del algoritmo se ejecuta cada paso una vez.

- Cálculo del borde
- Selección del punto del borde a eliminar
- Selección de rectángulo correspondiente para el reemplazo

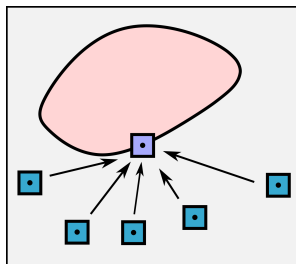


Figura 1. Descripción gráfica de una iteración del algoritmo

A medida que avanza el algoritmo se va disminuyendo el tamaño de la región a eliminar ya que se la asimila a los píxeles que están por fuera. Cuando dicha región ya no existe se termina de correr el programa.

### I-B. Descripción de la zona a eliminar

Es muy importante que el usuario que necesite retocar la imagen indique qué región sea necesaria eliminar. En nuestro

algoritmo decidimos que se ingrese como entrada una imagen de dos colores “blanco” y “negro” donde la zona negra sea aquella que se necesite borrar. En el desarrollo de el método muchas veces es necesario trabajar con el borde de esta región; se estudió entonces como utilizar la librería opencv que es muy conocida en el ámbito de procesamiento de imágenes, la cual ofreció métodos optimizados para la detección de bordes de tanto regiones conexas, como regiones “multiplemente conexas”

### I-C. Cálculo de gradientes de imagen

Para el funcionamiento del algoritmo fue necesario el cálculo de los gradientes de la imagen. Para ello se calculó primero la imagen en una escala de grises y luego se aplicó el operador Sobel, el cual combinó tanto derivada como suavización gaussiana.

### I-D. Determinación de prioridades

En cada iteración se necesita calcular de todos los píxeles del borde aquellos con una mayor prioridad para ser asimilados. En los papers citados se muestran fundamentos por los cuales es más apropiado poder por un lado el gradiente de la imagen y por el otro la confianza. La fórmula que determina

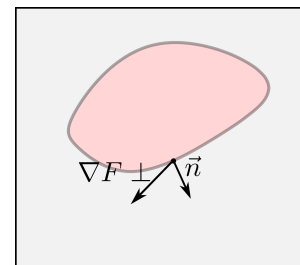


Figura 2. Gradiente y normal

la prioridad está dada por

$$P_i = C_i \nabla F_i \perp \vec{n}_i \quad (1)$$

Donde  $\nabla F_i \perp$  es la perpendicular al gradiente de la imagen en el píxel  $i$ . Es el punto donde ocurre el cambio más suave en la intensidad del color de la imagen. El algoritmo realiza el producto escalar entre  $\nabla F_i \perp \vec{n}_i$  lo cual consigue la componente normal de la perpendicular al gradiente, que nos

indica que tan suave cambia la intensidad de la imagen en la dirección normal al borde de la región

#### I-E. Determinación del rectángulo a reemplazar

Para mejorar la eficiencia del algoritmo se decidió elegir rectángulos eficientes al rededor del pixel para asimilar el pixel de la imagen a la textura. Se comparó entre todos los candidatos utilizando la norma 2 comparando el cuadrado de la región a reemplazar y el candidato. A continuación se muestra la fórmula utilizada para el cálculo de de norma 2

$$\sum (R_{1i} - R_{2i})^2 + (G_{1i} - G_{2i})^2 + (B_{1i} - B_{2i})^2 \quad (2)$$

Se utilizó una distribución normal para elegir al azar los candidatos

#### I-F. Parámetros, ventajas y desventajas

Finalmente con el algoritmo implementado se probó variar diversos parámetros, entre ellos:

- Tamaño de los cuadrados
- Region para buscar cuadrados
- Cantidad de muestras

Variando dichos parámetros en generar el "tradeoff" fue eficiencia vs una mejor calidad en el procesamiento de la imagen

## II. RESULTADOS

A continuación se mostrará una selección con los resultados del algoritmo

#### II-A. Ejemplo 1

Se procedió a probar el algoritmo con una moneda en un fondo de textura prácticamente uniforme

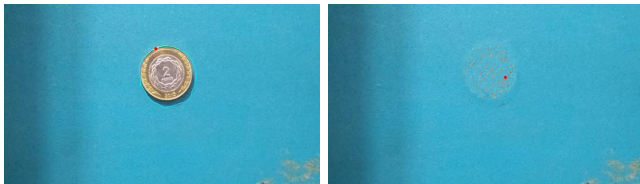


Figura 3. Resultados - ejemplo 1

Si bien se notaron algunas impurezas dado que fue la primera versión del algoritmo, los resultados fueron satisfactorios

#### II-B. Ejemplo 2

Se probó el algoritmo esta vez con un fondo gris y unas piedritas de decoración

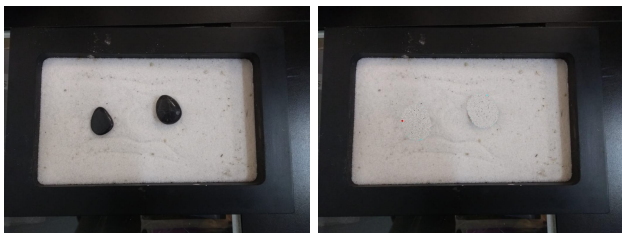


Figura 4. Resultados - ejemplo 2

Se observó que si bien se logró cubrir correctamente las áreas a eliminar, la transición de colores no fue totalmente continua. Esto induce a que en un futuro se desarrolle algún procedimiento adicional que suavice dicha transición

#### II-C. Ejemplo 3

El tercer ejemplo fue corrido luego de convertir la distribución de la elección de cuadrados de lineal a gaussiana

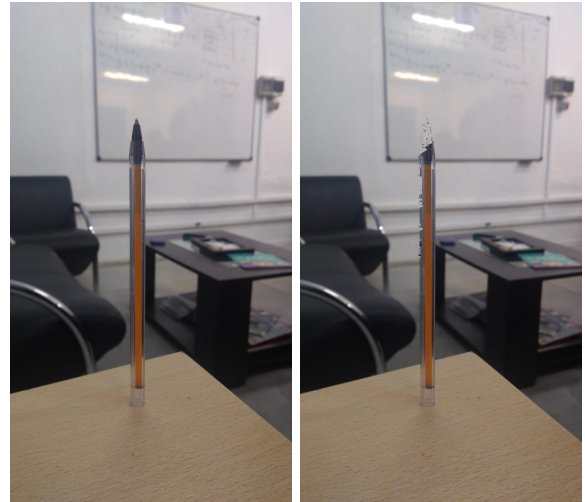


Figura 5. Resultados - ejemplo 3

Se corrieron solo 280 iteraciones del algoritmo pero se observaron resultados satisfactorios, el algoritmo tendió a absorber la lapicera.

## III. CÓDIGO

```
import cv2
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
import matplotlib.image as mpimg
import imutils
from numpy import random
import scipy.misc
from PIL import Image
from numpy import sqrt
import time

# imagen a procesar
img = cv2.imread('output3/imagen.jpeg', 3)
# mascara con area a remover.
# la zona negra (0,0,0) es la que se remueve,
# la blanca se deja como esta (255,255,255)
mask = cv2.imread("output3/mask.jpeg")
# imagen pasada a escala de grises se guarda
# en esta variable
grey_scale = np.zeros(img.shape, dtype=np.
uint8) #uint8

#lado de los cuadrados que utilizaremos para
rellenar la imagen
square_size = 5
square = []
```

```

# guardamos en un arreglo las coordenadas que
# describen al cuadrado
for i in range(square_size):
    for j in range(square_size):
        square.append(
            [
                i - square_size//2,
                j - square_size//2
            ]
        )

# tamaño del cuadrado de búsqueda para el
# parche que reemplaza la posición a
# rellenar
search_square_size = 1000

# cuantas veces buscamos al azar por un parche
search_times = 100

def procesar(imagen, mask):
    iteraciones = 1000

    lower = np.array([0, 0, 0])
    upper = np.array([15, 15, 15])
    # re-mapeamos a 0-1 la máscara. 1 es para
    # la zona retocada, 0 para la que no
    shapeMask = cv2.inRange(mask, lower, upper)

    c = shapeMask[:, :] == 0 # máxima confianza
    # en la zona que no se retoca

    for iteracion in range(iteraciones):
        # primero detectamos el borde de la
        # máscara

        lower = np.array([0, 0, 0])
        upper = np.array([15, 15, 15])
        shapeMask = cv2.inRange(mask, lower,
                                upper)

        ## conseguimos un arreglo con todos los
        # contornos

        cnts = cv2.findContours(shapeMask.copy(),
                                cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.
                                CHAIN_APPROX_NONE)
        cnts = imutils.grab_contours(cnts)
        # cada contorno cerrado forma un arreglo

        # luego tenemos que calcular la función
        # de costos
        best_benefit = 0
        best_benefit_point = None

        # conseguimos la escala de grises
        grey_scale = cv2.cvtColor(img, cv2.
                                   COLOR_BGR2GRAY)

        # conseguimos el gradiente en x e y de
        # la escala de grises, la función
        # sobel no solo hace gradiente
        # sino que suaviza
        sobel_x = cv2.Sobel(grey_scale, cv2.
                             CV_64F, 1, 0, ksize=5)
        sobel_y = cv2.Sobel(grey_scale, cv2.
                             CV_64F, 0, 1, ksize=5)

```

```

sobel_x, sobel_y = -sobel_y, sobel_x

# por cada contorno cerrado
for contorno in range(len(cnts)):

    ## necesitamos generar las normales
    # de cada punto del contorno
    border_normal = []

    n = len(cnts[contorno])

    for i in range(n):
        #print(cnts[0][i])

        dx = cnts[contorno][i][0][0] -
            cnts[contorno][(i-1) % n
                           ][0][0]
        dy = cnts[contorno][i][0][1] -
            cnts[contorno][(i-1) % n
                           ][0][1]

        border_normal.append((dy, -dx))
        # esta fórmula nos da la normal.
        # no le damos importancia a la
        # orientación

    index = 0

    for border_point in cnts[contorno]:
        x, y = border_point[0]

        # consigo la confianza del punto
        # del contorno actual
        confidence = 0

        for dx, dy in square:
            if shapeMask[y + dy, x + dx] ==
                0: # si fuera de la región
                # a retocar
                confidence += c[y + dy, x +
                                dx]

        confidence /= len(square)

        # consigo la componente normal del
        # gradiente
        nx, ny = border_normal[index]

        # consigo el gradiente más grande
        # de la región

        max_grad = 0
        max_grad_value = 0, 0

        for dx, dy in square:
            # solo sumamos si está fuera de
            # la zona a retocar
            if shapeMask[y + dy, x + dx] ==
                0:

                dx = np.sum(sobel_x[y][x])/3
                # promediamos los tres
                # componentes del
                # gradiente
                dy = np.sum(sobel_y[y][x])/3

                p = dx ** 2 + dy ** 2

```

```

        if p > max_grad: # buscamos
            el mayor gradiente en
            norma
            max_grad = p
            max_grad_value = dx, dy

    # producto escalar del gradiente
    con la normal acorde a la
    formula

    d = max_grad_value[0] * nx +
        max_grad_value[1] * ny

    # el beneficio es la confianza por
    el factor d

    benefit = abs(d * confidence)

    # buscamos maximizar el beneficio
    if benefit > best_benefit:
        best_benefit = benefit
        best_benefit_point = x, y

if not best_benefit_point:
    print("No hay mas borde. Fin")
    break

# ahora vamos a calcular el parche que
minimize la distancia

px, py = best_benefit_point

best_patch = px, py # default
patch_distance = np.Infinity

for i in range(search_times):
    # x = random.randint(px -
        search_square_size//2, px +
        search_square_size//2)
    # y = random.randint(py -
        search_square_size//2, py +
        search_square_size//2)
    x = int(random.normal(px,
        search_square_size//2*5,1))
    y = int(random.normal(py,
        search_square_size//2*5,1))

    if shapeMask[y, x] == 255:
        continue # no es de interes ya que
            esta en la region blanca

    #patch = imagen[y - square_size//2:y
        + square_size//2, x - square_size
        //2:x + square_size//2]
    #original = imagen[py - square_size
        //2:py + square_size//2, px -
        square_size//2:px + square_size
        //2]
    #total_sum = np.array([0])
    total_sum = 0
    # decidi usar fors porque se me
    estaban copiando los arreglos y
    en definitiva como son
    # todas operaciones elemento a
    elemento no son optimizables

    for yi in range(-square_size//2,

```

```

        square_size//2):
            for xi in range(-square_size//2,
                square_size//2):
                sum = 0
                for cmp in range(3):
                    patch = int(imagen[y + yi][x
                        + xi][cmp])
                    original = int(imagen[py +
                        yi][px + xi][cmp])

                    sum += (patch - original)**2
                sum = sqrt(sum)
                #np.append(total_sum, sum**2)
                total_sum += sum**2
            #total_sum = total_sum.sum()
            #print(np.square(patch-original))

            if total_sum < patch_distance:
                patch_distance = sum
                best_patch = x, y

bx, by = best_patch # best_patch_x,
best_patch_y

imagen[py - square_size//2: py +
    square_size//2, px - square_size//2:
    px + square_size//2] = \
imagen[by - square_size//2: by +
    square_size//2, bx - square_size
    //2: bx + square_size//2]

## copiamos la confianza del parche
elegido a la la confianza del lugar
donde copiamos el parche
c[py - square_size // 2: py +
    square_size // 2, px - square_size
    // 2: px + square_size // 2] = \
c[by - square_size // 2: by +
    square_size // 2, bx -
    square_size // 2: bx +
    square_size // 2]*0.99

## marcamos la zona reemplazada como
blanca
mask[py - square_size // 2: py +
    square_size // 2, px - square_size
    // 2: px + square_size // 2] = \
[255, 255, 255]

im2 = np.copy(imagen)

if iteracion % 20 == 0:
    print("Iteracion ", iteracion)
    #for cnt in cnts:
    # cv2.drawContours(im2, [np.array(cnt
        )], 0, (255, 255, 0), 1)

    #cv2.drawContours(im2, [np.array([
        best_benefit_point])], 0, (0, 0,
        255), 5)
    im = Image.fromarray(cv2.cvtColor(im2
        , cv2.COLOR_BGR2RGB))
    im.save("output3/imagen" + str(
        iteracion) + ".jpeg")

#plt.imshow(cv2.cvtColor(im2, cv2.
    COLOR_BGR2RGB))

```

```

plt.savefig("output/imagen" + str(
    iteracion) + ".jpeg", dpi=1000)
#scipy.misc.toimage(im2).save("output/
    imagen" + str(iteracion) + ".jpeg")

plt.imshow(cv2.cvtColor(mask, cv2.
    COLOR_BGR2RGB))
plt.savefig("output_mask/image/n" + str
    (iteracion) + ".jpeg", dpi=1000)
plt.show()

plt.imshow(cv2.cvtColor(imagen, cv2.
    COLOR_BGR2RGB))
plt.show()

img_intensity = cv2.cvtColor(img, cv2.
    COLOR_BGR2GRAY)

cv2.mixChannels(img, img_intensity)

print(img_intensity)
#
start_time = time.time()
procesar(img, mask)
end_time = time.time()
print("se calculo en:" , (end_time-start_time)
    /60, " minutos")
#
# plt.imshow(img2, cmap="gray")

#sobelx = cv2.Sobel(img_intensity, cv2.CV_64F,
    1, 0, ksize=9)
#sobely = cv2.Sobel(img_intensity, cv2.CV_64F,
    0, 1, ksize=9)

print(img)

plt.imshow(cv2.cvtColor(img, cv2.
    COLOR_BGR2RGB))

plt.imshow(sobelx, cmap="gray")

plt.show()

```

## REFERENCIAS

- [1] A. Criminisi, P. Perez, and K. Toyama, "Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting," IEEE T. Image Process., vol. 13, no. 9, pp. 1200–1212, Sep. 2004.
- [2] Pierre Buysens, Maxime Daisy, David Tschumperlé, Olivier Lézoray. Exemplar-based Inpainting: Technical Review and new Heuristics for better Geometric Reconstructions. IEEE Transactions on Image Processing, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015, 24 (6), pp.1809 - 1824. [ff10.1109/TIP.2015.2411437](https://doi.org/10.1109/TIP.2015.2411437)ff. [ffhal-01147620f](https://doi.org/10.1109/TIP.2015.2411437)