

## I. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En primera instancia, se realizó una investigación acerca del estado del arte de este problema que se busca resolver. Este tema es extensivamente explicado en *Image inpainting: Overview and recent advances* por Christine Guillemot y Olivier Le Meur [?].

### I-A. Definición del problema de inpainting

En primer lugar se procede a definir matemáticamente el problema que en este trabajo se aspira a resolver.

Una imagen  $I$  puede definirse de la siguiente manera

$$I(\vec{x}) : R^n \rightarrow R^m \quad (1)$$

Donde  $I$  es una función que mapea un pixel  $\vec{x} = (x, y)$  a un color  $R^m$ . Como la imagen es bidimensional,  $n = 2$ , y utilizando un esquema RGB se tiene  $m = 3$ .

En el problema de inpainting se entiende que la imagen  $I$  fue degradada por un operador  $M$ , lo cual genera una imagen nueva  $F$  que tiene la imagen con algunos píxeles cambiados (que pertenecen a una región  $U$  conocida). Se suele escribir entonces:

$$F = M(I) \quad (2)$$

Lo que se busca en principio es reconstruir la imagen original  $I$  a partir de  $F$  conociendo  $M$  (qué píxeles fueron removidos y se quieren reconstruir). Este problema en el sentido estricto no tiene solución, se suele decir entonces que no es un problema bien definido con una única solución. Entonces el objetivo es lograr una aproximación de  $I$  (llamémosla  $I'$ ) que logre ser lo más parecida posible a  $I$ .

Otra consecuencia de este mal condicionamiento del problema es cómo definir el éxito a partir de  $I'$  y de  $F$ . Dado que se desconoce la imagen original  $I$ , que sería el resultado ideal, no existe una métrica cuantitativa que determine la calidad de una reconstrucción dada, y por lo tanto se debe recurrir a evaluaciones subjetivas. En general, lo que se espera como resultado es una imagen que parezca físicamente plausible, y que parezca natural al ojo humano.

### I-B. Primeras ideas

Existen una gran variedad de técnicas para afrontar el problema. Dentro de todas ellas se distinguen dos subgrupos principales, que son los métodos basados en difusión, y los métodos basados en ejemplares. Como no existe ninguna ventaja determinante de una variante y la otra en este trabajo práctico se procedió a investigar ambas familias de métodos. Acorde al tipo de imagen puede ser más conveniente un método u otro, incluso en algunos casos se puede usar una mezcla de ambos.

**I-B1. Métodos basados en difusión:** La primera categoría de métodos se denomina difusión, y la idea fundamental proviene de propagar información con restricciones usando ecuaciones diferenciales parciales. La idea consiste en mediante una ecuación propagar sobre la región  $U$  con píxeles cambiados (del exterior al interior) información que permita reconstruirla de una manera acorde. En este método juega

un papel fundamental que ecuación utilizar para realizar la propagación, en particular sobre qué direcciones propagar más, y sobre cuáles menos. Más adelante se describirá una variante del método con mayor detalle.

**I-B2. Métodos basados en ejemplares:** Una segunda categoría de métodos para resolver el problema de inpainting se basa en asumir que la imagen  $I$  posee ciertas probabilidades de estacionariedad y auto similaridad entre sus distintas regiones. Asumiendo que esto es cierto, se procede a rellenar la parte de la imagen que falta a partir del uso de ejemplares, o parches, de la región que se tiene.

Estos métodos, entonces, tienen a grandes rasgos dos criterios a desarrollar:

- cómo elegir por qué sección del contorno se comienza a rellenar, o qué región debe rellenarse a continuación
- cómo elegir el parche con el cual se rellenará dicha región

Un enfoque por fuerza bruta de estos problemas puede resultar excesivamente costoso en tiempo, ya que implicaría potencialmente comparar una región de la imagen con todas las demás. Por lo tanto, existen diversos criterios que pueden tomarse en este sentido.

Uno de ellos es desarrollado por Barnes, Shechtman, Finkelstein y Goldman, quienes desarrollaron un algoritmo con el nombre de PatchMatch [?]. El mismo hace uso de la asunción de ciertas propiedades de coherencia en la imagen para reducir el número de comparaciones que debe hacerse, sin perder la efectividad del algoritmo.

Una vez elegido un lugar donde se quiere rellenar, PatchMatch comienza comparando con algunas regiones aleatorias de la imagen original, y a partir del resultado más satisfactorio que obtiene hace dos suposiciones:

- si se tiene un buen match para una región que se quiere rellenar, es probable que, si existe un parche que es un match aún mejor, se encuentre cerca del bueno (es decir, se asume que estamos en la zona correcta de la imagen, y sólo debemos terminar de acercarnos al match óptimo)
- si un parche es un buen match para una cierta región a rellenar, es probable que también sea un buen match para regiones cercanas

De esta manera, según los autores del algoritmo, se logra obtener muy buenos resultados con menos comparaciones. La limitación que tiene este algoritmo es que no puede dejarse de introducir comparaciones random incluso habiendo encontrado un “buen” match, puesto que se corre el riesgo de quedarse en un mínimo local, que no sea el mínimo global.

### I-B3. Métodos híbridos: