Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Optimización por algoritmo genético del desplazamiento en microfotografías

Optimization by genetic algorithm of the displacement in microphotographs

Reynosa-Guerrero, J.*, Canseco-Pinacho, J.A., Vázquez-Cervantes, A., García-Huerta, J.M., Bringas-Rico, V., Jiménez-Hernández, H.

Laboratorio de Modelado, Simulado y Visión por Computadora, Dirección de Energías, CIDESI.76125, Querétaro, Querétaro.
reynosa.jaqueline@gmail.com*; jcanseco@cidesi.edu.mx, albertovcervantes@gmail.com; garciah.manuel@gmail.com; vbringas@cidesi.edu.mx; hugojh@gmail.com

Innovación tecnológica: Optimización de la estimación del desplazamiento en un par de imágenes basado en Motecarlo con el uso de un Algoritmo genético.

Área de aplicación Industrial: Este método se puede utilizar en el desplazamiento observable de regiones metálicas por diferentes causas.

Enviado: 13 Junio 2018.
Aceptado: 19 Abril 2019.

Abstract

In this paper, a proposal for the estimation of displacement in a pair of images of a zone of interest is presented. The displacement, in the literature, is usually modeled as an optimization problem where for a reference, we want to find the displacement in a second image, where a zone similar to the reference taken is located with less error.

The problem with classical techniques (differential equations and derivations of the Taylor series) is that although they are useful, they assume that they are close to the displaced area, which may result in suboptimal solutions that do not represent the actual displacement of the reference.

Therefore, a displacement estimation method based on Monte Carlo is proposed. This method consists of a Genetic Algorithm that makes a sampling in the solution space, so that it locates the zones that can minimize the error without having the neighborhood and connection restrictions of the topological space. This model starts from the formulation proposed by Shi-Tomasi to measure

the similarity error and the displacement components by an iterative method using genetic operators.

In an experimental stage it is observed that the obtained results behave better than the work of Shi-Tomasi, because the standard deviation is smaller than the referenced work, which concludes that this method is computationally efficient and precise for the calculation of displacement.

Key Words: Genetic Algorithm, Tracking, displacement.

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta para la estimación del desplazamiento en un par de imágenes de una zona de interés. El desplazamiento, en la literatura, por lo general se modela como un problema de optimización donde para una referencia, se desea encontrar el desplazamiento en una segunda imagen, donde se localiza con menor error una zona parecida a la referencia tomada.

El problema con técnicas clásicas (ecuaciones diferenciales y derivaciones de la serie de Taylor) es que a pesar de que son útiles, asumen que se encuentran cerca de la zona desplazada, pudiendo resultar soluciones subóptimas que no representan el desplazamiento real de la referencia.

Por lo cual se propone un método de estimación del desplazamiento basado en Montecarlo. Este método consiste en un Algoritmo Genético [1], que hace un muestreo en el espacio de solución, de manera que localiza las zonas que pueden minimizar el error sin tener las restricciones de vecindad y conexidad del espacio topológico. Este modelo parte de la formulación propuesta por Shi-Tomasi [2] [3] para medir el error de similitud y las componentes del desplazamiento por un método iterativo usando operadores genéticos.

En una etapa experimental se observa que los resultados obtenidos se comportan mejor que el trabajo de Shi-Tomasi, porque la desviación estándar es menor que el trabajo referenciado [4] [5], lo cual concluye que este método es computacionalmente eficiente y preciso para el cálculo del desplazamiento.

Palabras Clave: Algoritmo genético, Característica de seguimiento, desplazamiento.

1. Introducción

Para encontrar el desplazamiento en un área de alguna pieza metálica que sea de interés, se adquiere un par de imágenes, una antes de que ocurra el desplazamiento y otra después de que ha ocurrido el desplazamiento, una vez que se ha capturado ese momento donde ocurrió el desplazamiento físico se pueden procesar ese par de imágenes.

El procesamiento de imágenes tiene que ver con la adquisición, transmisión, procesamiento y representación visual de las imágenes, estas

técnicas se utilizan para mejorar la apariencia visual para el observador o para al extraer un patrón de seguimiento [6].

Las imágenes fueron adquiridas con una cámara proscillica G650 y un objetivo de 50 x. La figura 1 es la de referencia y la figura 2 es la ocurrida después de un desplazamiento, que en este caso se realiza con un micrómetro.

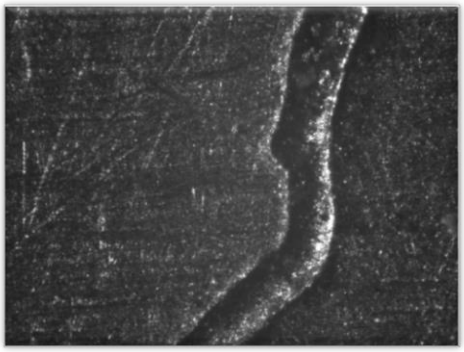


Figura 1. Imagen de referencia.

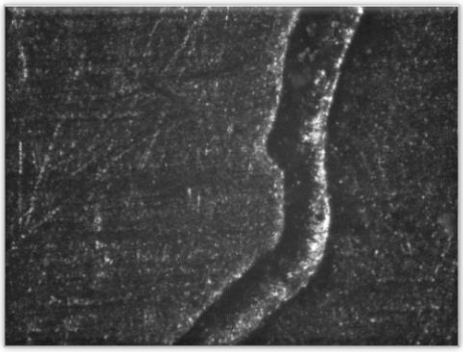


Figura 1. Imagen desplazada.

En el procesamiento de imágenes se puede aplicar un realce con el propósito de mejorar la apariencia. Se ha aplicado un suavizado con un filtro gaussiano que es un proceso muy importante ya que permite reducir el ruido en la imagen y mejorar el enfoque, este filtro utiliza un promediado ponderado por vecindad, donde los pesos de cada píxel corresponden a los pesos de una campana de gauss (los pixeles más cercanos tienen más influencia que los pixeles más alejados); y una trasformación local como es la extracción de características [6] [8].

Una imagen contiene una gran cantidad de datos la mayoría de los cuales proporciona muy poca información para interpretar la escena, los datos que proporcionan la máxima información posible se denominan características y se deben extraer de la forma más eficaz y robusta posible, su coste no debe suponer un coste excesivo al sistema en el cual está integrado, deben ser robustas y estables, las características denominadas esquinas obtienen los puntos de máxima curvatura de una imagen utilizando directamente los valores de la imagen, cuando ésta supera cierto umbral se considera que el punto es una esquina. Los puntos esquina son características de la imagen en las que la variación de la intensidad f(x, y) es alta en ambas direcciones X e Y.

El detector de Harris [7], es un operador matemático que se puede aplicar en las imágenes para encontrar características. Es de fácil cómputo y también es popular porque es independiente de la variación de rotación, escala e iluminación [9].

Cuando se selecciona una región de la imagen de referencia y es buscada en la imagen con desplazamiento la diferencia E entre la original y la desplazada está dada por la siguiente ecuación (Ec. 1):

$$E(u,v) = \sum_{x,y} w(x,y)[I(x+u, y+v) - I(x,y)]^2 \quad \textbf{(Ec. 1)}$$

Donde:

- u es la Ventana de desplazamiento en la dirección x
- v es la Ventana de desplazamiento en la dirección y
- w(x, y) es la Ventana en la posición (x, y).
- I es la intensidad de la imagen en la posición (x, y).

- I(x + u, y + v) es la intensidad de la ventana desplazada
- I(x, y) es la intensidad en la referencia.

Esta ecuación se puede resolver por la serie de Taylor.

$$E(u,v) \approx [u\ v]\left(\sum \begin{bmatrix} I_x^2 & I_xI_y \\ I_xI_y & I_y^2 \end{bmatrix}\right) \quad \textbf{(Ec. 2)}$$

$$E(u,v) \approx [u\ v]M\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad \textbf{(Ec. 3)}$$

$$M = \sum\ w(x,y)\begin{bmatrix} I_x^2 & I_xI_y \\ I_xI_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad \textbf{(Ec. 4)}$$

Donde todas las ventanas que tienen una puntuación R mayor que un valor determinado son esquinas (Ec. 5).

$$R = detM - k(traceM)^2 \quad \textbf{(Ec. 5)}$$

La imagen de referencia es de 659 x 493 pixeles. Como se puede observar en la Figura 3 están las características de Harris de la imagen.

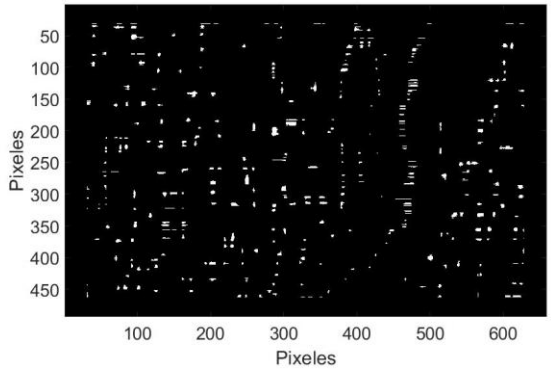


Figura 2. Características de Harris extraídas.

2. Espacio Métrico

Para poder estimar el desplazamiento entre las dos imágenes se utilizan las características encontradas con el detector de esquinas de Harris, como referencias a buscar en la imagen con desplazamiento, para determinar la correspondencia entre la imagen de referencia y la imagen con desplazamiento se utiliza una medida de distancia euclidiana, la similitud que produce altos valores de dependencia cuando hay un aumento en el parecido, o usando la disimilitud cuando las distancias disminuyen es porque hay un aumento en el parecido, los valores de disimilitud no son negativos y la distancia de la característica consigo misma es cero [10].

Entonces la ecuación que se utiliza es la siguiente (Ec. 1):

Ecuación 1 Espacio métrico dado por SSD.

$$E(u,v) = \sum_{x,y} w(x,y)[I(x+u, y+v) - I(x,y)]^2 \quad \textbf{(Ec. 1)}$$

En la figura 4 tenemos la superficie formada por el espacio métrico.

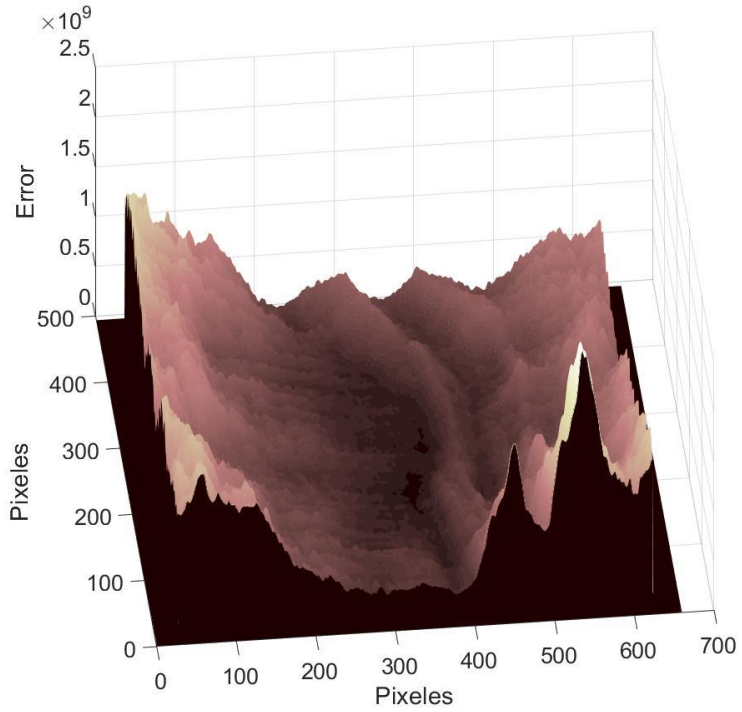


Figura 3. Espacio métrico dado por Suma de diferencias cuadradas.

3. Método de optimización con Algoritmo genético.

Para encontrar el mínimo de la medida de disimilitud o el máximo de la similitud existe un problema de optimización multidimensional, donde el número de dimensiones corresponde a los grados de libertad de la transformación geométrica. En este caso se utiliza un Algoritmo genético [11] con el cual se genera una cadena binaria para cada posición proporcionada por el espacio métrico a evaluar, lo cual permite tener un espacio de n dimensiones de acuerdo con la longitud de la cadena, y ésta se genera de la siguiente manera (Ec. 6):

Ecuación 2 Número de dígitos necesarios.

$$n = log_2\left(\frac{b_x - a_x}{e}\right) \text{ [3]} \qquad \textbf{(Ec. 6)}$$

Ejemplo:

$$n = log_2\left(\frac{388.1 - 71.7}{0.1}\right) = 10$$

Donde n es el número de dígitos para representar el espacio, [a_x,b_x] son el rango y "e" es la precisión.

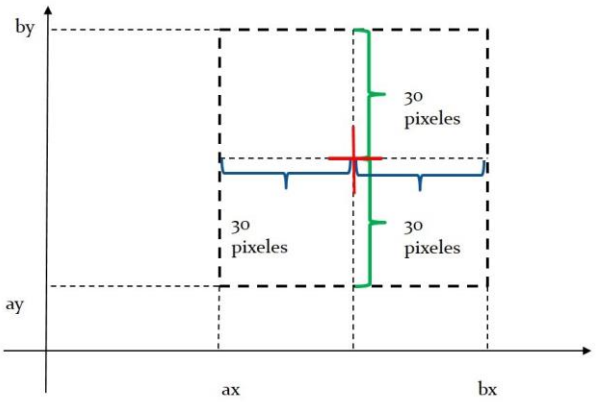


Figura 4. Ventana para aplicar la optimización con algoritmo genético.

Donde a_x y a_y son los límites inferiores del espacio de búsqueda, y b_x y b_y son los límites superiores de la región de búsqueda en el eje x e y correspondientemente [2].

Crear una aleatoriedad en el espacio de donde se encuentra la solución de la disimilitud nos permite evaluar diferentes posiciones para encontrar el valor óptimo de la solución.

4. Discusión de resultados

En la figura 6 y 7 se muestran los resultados al utilizar el método establecido en el artículo de Shi-Tomamsi "Good features to track" aplicado a éstas imágenes de microfotografías, figuras 1 y 2 [3]. En este artículo se utiliza el método de Newton-Rapson para encontrar el valor mínimo de la suma de diferencias cuadradas, sin embargo si se observa la gráfica de la figura 6 pareciera que los vectores de desplazamiento son de la misma magnitud y que tienden hacia la misma dirección, pero en la gráfica de la figura 7 se observa que no hay una tendencia clara de la magnitud del vector de desplazamiento.

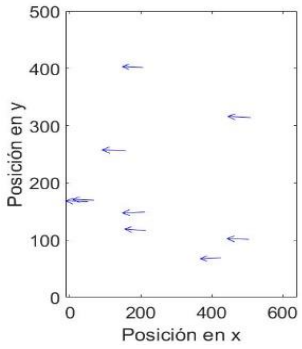


Figura 5. Vectores resultantes con el Método de Shi-Tomasi.

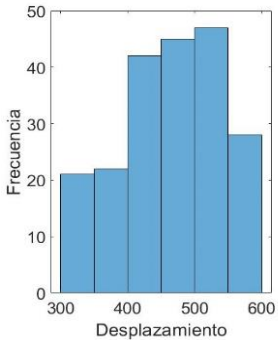


Figura 6. Histograma de los valores del desplazamiento.

En la tabla 1 se tienen 4 corridas del algoritmo que se realizó utilizando el Método descrito en el artículo de Shi-Tomasi, donde no repite el valor de la media y el valor de sigma es muy grande, lo cual nos indica que aunque a veces el método converge no siempre repite y además puede dar unos datos con mucha dispersión en este par de imágenes de las figuras 1 y 2.

Tabla 1. Muestreo utilizando Shi-Tomasi.

Parámetro	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Media (pixeles)	464.332	435.857	430.25	419.25
Sigma	76.0912	123	148.834	181.146

A continuación, se muestran los datos obtenidos aplicando la optimización con algoritmo genético, en la figura 8 se tiene el histograma de los datos y se puede observar que hay una tendencia hacia un valor de los datos y en la tabla 2 se tiene el valor de la media, así como un valor pequeño de la desviación estándar lo que nos indica que los datos no tienen una gran dispersión.

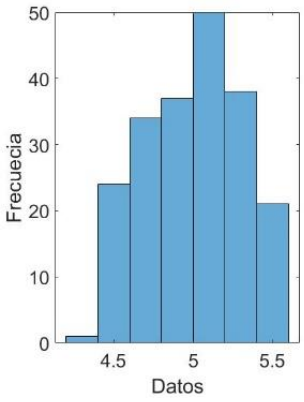


Figura 7. Histograma de los datos utilizando Algoritmo genético.

Tabla 2. Datos aplicando Algoritmo Genético.

Parámetro	Corrida
Media	4.9623
Desviación estándar	0.293034

En la figura 9 se pueden observar las soluciones encontradas aplicando la optimización con algoritmo genético, las cruces azules representan las características obtenidas con el detector de esquinas de Harris, y los círculos rojos son las diferentes soluciones que va encontrando el algoritmo genético hasta encontrar el valor óptimo después de un número grande de iteraciones sin que el coste computacional sea de gran significancia.

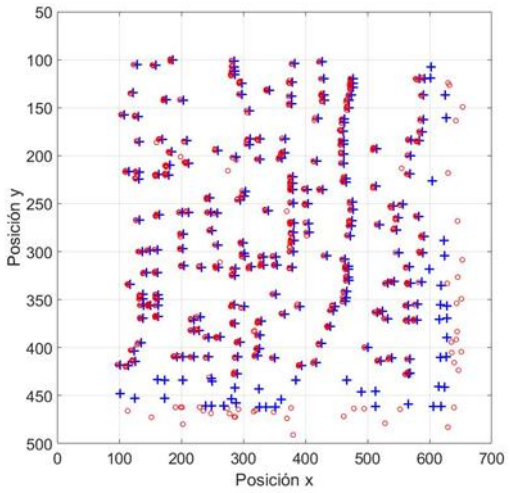


Figura 8. Soluciones obtenidas aplicando la optimización con algoritmo genético.

En la figura 10 se muestran los vectores de desplazamiento obtenidos con algoritmo genético.

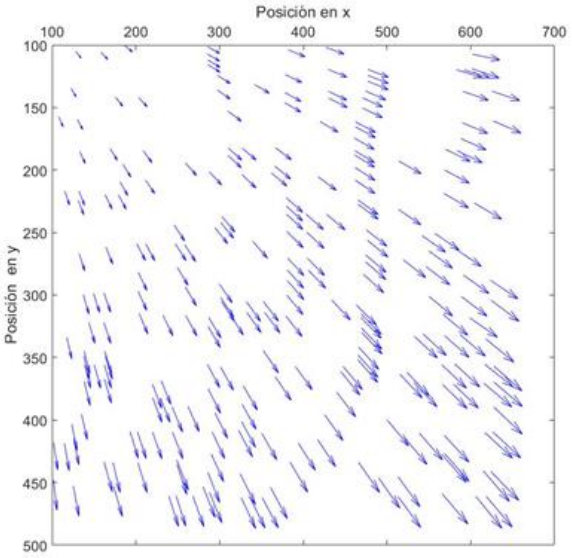


Figura 9. Vectores de desplazamiento resultantes.

5. Conclusiones

En este trabajo se utilizaron un par de imágenes que muestran el desplazamiento de una pieza metálica que tiene un desplazamiento micrométrico, donde se han tomado una antes del desplazamiento y otra después del desplazamiento, primeramente, se probó el método propuesto por Shi-Tomasi en las microfotografías de lo cual no se obtuvieron resultados confiables de la estimación del desplazamiento con una desviación estándar muy grande de la muestra.

Entonces se probó una optimización de la estimación del desplazamiento con algoritmo genético, lo que se pudo observar en el histograma de los datos que, si tienen una tendencia de los datos, el valor de la media es de 4.96 pixeles de desplazamiento con una desviación estándar de 0.29, con lo que podemos concluir que la estimación del desplazamiento en el par de microfotografías utilizando la optimización por algoritmo genético es un buen estimador del desplazamiento.

6. Referencias.

[1] Holland, John H. "Genetic algorithms" *Scientificamerican* Vol. 267, Num.1. 1992 66-73.

[2] Shi, Jianbo and Tomasi, Carlo. "Proceedings CVPR'94, IEEE Computer Society Conference on *Computer Vision and Pattern Recognition"* 1994, 593–600.

[3] Calderón Solorio, Félix and Zaleta, Marroquín and Luis, José. "Un nuevo algoritmo para el cálculo de flujo óptico y su aplicación al registro de imágenes" Computación y Sistemas Vol.6, Núm. 3. 2003 213–226.

[4] Reynosa-Guerrero, Jaqueline and Canseco Pinacho, Jose-Antonio and Jimenez Hernandez, Hugo and Martinez, Josue Rafael-Montes and Bringas-Rico, Vicente. "Displacement Estimation in Microphotographies through Genetic Algorithm" Research in Computing Science 2017.

[5] Reynosa Jaqueline. Jiménez Hugo, Bringas Vicente. 2014, Medición del desplazamiento a través del registro de imágenes con un patrón de moteado. Querétaro, CONIIN 2014.

[6] González Aguilera, Diego. Procesamiento de imágenes. Universidad de Salamanca, Consulta, 2005, vol. 28.

[7] M. S. Chis Harris, «A combined corner and edge detector» 1988.

[8] Cuevas, Erik and Zaldívar, Daniel and Pérez, Marco. 2010, *Procesamiento digital de imágenes con MATLAB y Simulink,* Alfaomega Ra-Ma (México).

[9] Trucco, Emanuele and Verri, Alessandro. 1998. Introductory techniques for 3-D computer vision. Prentice Hall Englewood Cliffs.

[10] Melbourne, A and Ridgway, G and Hawkes, DJ. "Image similarity metrics in image registration. "*SPIE Medical Imaging"* 2010, 762335–762335.

[11] Estévez Valencia, Pablo, 1997. "Optimización mediante algoritmos genéticos", *Research Gate,* 109, 2, 1997, 83—92.