

Segmentación de imágenes con algoritmos de agrupamiento utilizando la base de datos *The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark*

El desarrollo e innovación de nuevas tecnologías computacionales ha permitido el crecimiento de nuevas técnicas capaces de analizar y resolver problemas con un alto grado de dificultad. El mundo y la naturaleza que nos rodea envuelven situaciones que representan estudios de interés en el aspecto visual. El área de estudio encargada de la observación y/o experimentación de imágenes, fotografías, entre otras, es el área de procesamiento digital, específicamente las metodologías enfocadas al análisis de segmentación permiten llevar a cabo procesos de aprendizaje (prueba, entrenamiento y validación) mediante el uso de algoritmos supervisados o no, capaces de establecer y definir una clasificación óptima de los diferentes grupos o conjuntos de características presentes en un objeto de estudio.

La segmentación de imágenes comprende un tema en donde se han desarrollado importantes avances, los conocimientos y métodos que se emplean resultan relevantes en aplicaciones de la vida cotidiana como lo son: el área de medicina (localización de tumores en imágenes de resonancia magnética) aplicaciones en temas de seguridad, sensor de huellas digitales, reconocimiento facial, reconocimiento de iris, entre otras. Su importancia reside en la facilidad de implementación y en la confiabilidad de los resultados.

Con el fin de validar los diferentes algoritmos que se proponen en la literatura para tareas de segmentación, se han desarrollado distintas y variadas bases de datos en donde se pueden utilizar estas imágenes para estudios experimentales. *The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark*, es una de ellas y es utilizada por distintos autores con el propósito de validar los nuevos algoritmos que se desarrollan y así lograr una minuciosa comparación de los mismos.

El presente trabajo tiene la finalidad de realizar un comparativo entre dos algoritmos de agrupamiento populares en la literatura para segmentación de imágenes, *K-Means* y *Fuzzy C-Means*, además de mostrar el empleo de dos operaciones morfológicas, erosión y relleno, con el propósito de mostrar su uso para mejorar la calidad en la segmentación. La base de datos de *Berkeley* no sólo provee las fotografías con



Imagen original



Ground Truth de la segmentación



Segmentación con *K-Means*



Segmentación con *Fuzzy C-Means*

las cuales comparar estos dos algoritmos, algunas de las imágenes tienen un *Ground Truth*, que es el resultado óptimo al cual deben de llegar los algoritmos, de esta manera se puede establecer una validación real entre los distintos modelos que utilicen esta base de datos. Comúnmente, los *Ground Truth* suelen realizarse manualmente, es decir, a diferentes personas se les da una imagen y su tarea es separar las distintas regiones de la misma según sea el caso.

A continuación se describe el funcionamiento general de los dos algoritmos utilizados en este trabajo.

2. Desarrollo

2.1 K-Means

El algoritmo de *K-Means* es un algoritmo de aprendizaje no supervisado el cual realiza los siguientes pasos (Marsland, 2014):

Paso 1. Definir el número de grupos k que se desean formar. La posición de los centros de los grupos se definirá de manera aleatoria.

Paso 2. Para cada dato de entrada calcular la distancia a cada centro de los grupos y asignar el dato al centro más cercano. Por lo general se emplea la distancia *Euclidiana*.

Paso 3. Mover la posición de los centros a la media de los N datos que pertenecen a él.

$$\text{Media} = \mu_j = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} x_i$$

Donde N_j es el número de puntos en el centro j . Si los centros dejan de moverse o se mueven muy poco el algoritmo se detiene, de lo contrario se regresa al paso 2.



2.2 Fuzzy C-Means

El algoritmo de agrupamiento *Fuzzy C-Means* fue propuesto por Dunn en 1973 e implementado por Bezdek en 1981. El algoritmo FCM basado en una función objetivo, está sujeto al principio de que cada punto de los datos pertenece a más de un grupo con diferentes valores de pertenencia (entre 0 y 1). Adicionalmente se tiene que la suma de todos los valores de pertenencia para cada punto debe de ser igual a 1 (Höppner, Klawonn, Kurse, & Runkler, 2000).

Sea $X = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ una muestra de M observaciones. El agrupamiento es el proceso en el cual se separa este conjunto de datos en C subconjuntos cuyos centros son $\{v_1, v_2, \dots, v_C\}$. El algoritmo intenta minimizar la siguiente función objetivo:

$$J_m = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^C \mu_{ij}^m \|x_i - v_j\|^2$$

Donde m es el grado de fusificación y μ_{ij} es el grado de pertenencia del dato x_i al grupo j (Kesemen, Tezel, & Özkul, 2015).

El algoritmo FCM se puede resumir como:

Paso 1. Seleccionar $C \in [2, M)$, $(m > 0)$ y $(\epsilon > 0)$ y donde ϵ es el cambio mínimo que se desea entre los grados de pertenencia en el tiempo t y el tiempo $t+1$ definido por $\max_j \{|\mu_{ij}^{(t+1)} - \mu_{ij}^{(t)}|\} < \epsilon$

Paso 2. Iniciar aleatoriamente la matriz de partición difusa U con los valores de μ_{ij}

Paso 3. Calcular la posición de los centros

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^M \mu_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^M \mu_{ij}^m}, (j = 1, 2, \dots, C)$$

Paso 4. Actualizar μ_{ij} con v_j

$$\mu_{ij} = \left(\frac{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - v_j\|}{\|x_i - v_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - v_j\|}{\|x_i - v_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \right)^{-1}, (i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, C)$$

Paso 5. Calcular $\|\mu^{(t)} - \mu^{(t-1)}\|$. Si $\|\mu^{(t)} - \mu^{(t-1)}\| < \epsilon$, detenerse, de lo contrario regresar al paso 3.

Referencias

- Chatpattanan, V., Pattanadech, N., & Yutthagowith, P. (2006). Partial Discharge Classification on High Voltage Equipment with K-Means. *2006 IEEE 8th International Conference on Properties & applications of Dielectric Materials*, (págs. 191-194). Bali.
- Höppner, F., Klawonn, F., Kurse, R., & Runkler, T. (2000). Fuzzy cluster analysis. *Chichester: John Wiley & Sons*.
- Kesemen, O., Tezel, Ö., & Özkul, E. (2015). Fuzzy c-means clustering algorithm for directional data (FCM4DD). *Expert Systems with Applications*, Volume 58, 1 Oct 2016, Pag 76-82.
- Marsland, S. (2014). *Machine Learning: An Algorithm Perspective, Second Edition*. Chapman & Hall/CRC.
- Consultar esta base de datos: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/>.