

Detección de objetos peligrosos dentro equipaje por medio de rayos x

Juan Devia
Pontificia Universidad Javeriana
Ingeniería electrónica
Bogotá D.C, Colombia
juan_devia@javeriana.edu.co

Andres Barreto
Pontificia Universidad Javeriana
Ingeniería electrónica
Bogotá D.C, Colombia
afelipebarretoj@javeriana.edu.co

1. Introducción y Justificación

Probablemente, alguna vez se han preguntado ¿Por qué la seguridad en los aeropuertos es tan alta? Seguramente en algún viaje han percibido la cantidad de procesos que se requieren para poder abordar su vuelo, estas medidas de seguridad son producto del famoso suceso ocurrido el 11 de septiembre del 2001, desde ese momento asegurar la integridad de los pasajeros se convirtió en una necesidad no solo para prevenir futuros incidentes, sino también para asegurar la calma e imagen de una nación.

Entre los procesos más comunes antes de abordar un avión se encuentra la inspección del equipaje usando rayos x, esto con el fin de identificar elementos peligrosos que puedan ser usados indebidamente durante el vuelo, entre los cuales se encuentran: armas de cualquier tamaño (incluso de juguete), tubos, bates y cualquier elemento que pueda herir o atentar contra la vida de los pasajeros, cabe aclarar que durante este proceso siempre encontraremos un funcionario inspeccionando elemento por elemento asegurándose de que ningún objeto mencionado anteriormente ingrese al avión, pero al ser este proceso realizado por un ser humano existen factores de falla como lo pueden ser el cansancio o la distracción, generando un porcentaje de error, lo cual afecta directamente a la seguridad del vuelo [4]. Con el fin de ayudar a prevenir estos factores de riesgo o simplemente ayudar a los funcionarios a cargo, se ha decidido plantear un proyecto el cual logre identificar elementos peligrosos en imágenes tomadas con rayos x aplicando técnicas de procesamiento de imágenes que más adelante serán explicadas a profundidad, con esto se espera lograr la segmentación de los elementos y una breve clasificación entre si son peligrosos o no.

2. Estado del arte

Hay mucha investigación alrededor de la detección de objetos en maletas a partir de las imágenes en rayos x, lo más reciente en las investigaciones es el uso de redes neuronales para realizar esta tarea, en Akcay et al. [1] evaluaron 3 arquitecturas, la primera usando un sliding window para separar una imagen con diferentes tamaños

y escalas para que estas puedan entrar a una CNN (red neuronal convolucional) y poder hacer el reconocimiento de los objetos, el segundo y tercero, usando las redes Faster RCNN (regiones con CNN) y R-FCN (regiones con redes neuronales completamente convolutivas), y encontraron que estas 2 últimas fueron más veloces y precisas que usando el sliding window. Pero antes del uso de las redes neuronales, en Kundegorski et al. [2] probaron diferentes algoritmos de detección de características y descripción, usando una representación BoVW (bag of visual words), y finalmente usando una máquina de vectores de soporte (SVM), entre los algoritmos de detección de características y descripción, el más robusto es el SIFT (Scale-invariant feature transform), el cual es un algoritmo invariante a la escala, rotación y ruido, este se basa en restas de imágenes a las cuales se les hayan aplicado un filtro gaussiano con cambios en la desviación estándar, para poder identificar puntos de interés, y al mismo tiempo ir variando el tamaño de la imagen a la que ya se le haya aplicado el filtro gaussiano, de tal forma que se puedan hallar puntos de interés de varios tamaños, luego de esto en los puntos de interés, se calcula el gradiente, y a partir de los gradientes se saca la orientación de este, para al final poder hacer un histograma de estas orientaciones y construir el BoVW, con los que se puedan aplicar el SVM.

Otro buen ejemplo es un estudio realizado por King Mongkut's University of Technology en el norte Bangkok llamado Weapon Detector System by Using X-ray Image Processing Technique el cual logró encontrar elementos peligrosos a partir de imágenes tomadas con rayos x. Este proyecto pesar de no ser imágenes específicamente de equipajes, comparte el mismo objetivo con datos similares, logrando una precisión del 80% usando un método de detección de bordes llamado Canny Edge el cual consta de un algoritmo de 4 pasos los cuales incluyen: un suavizado de las imágenes utilizando un filtro gaussiano para eliminar señales interferentes, buscar los gradientes de intensidad de la imagen, aplicar umbrales de magnitud de gradiente para deshacerse de la respuesta espuria de la detección de bordes, aplicar un doble umbral para determinar las aristas

potenciales, y finalmente un seguimiento de borde por histéresis.[3]

3. Descripción y metodología del proyecto

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se contará con un dataset para poder desarrollar y corroborar un programa el cual los cumpla. Las entradas de este serán imágenes proveídas por dicho dataset, y las salidas serán las imágenes junto con un recuadro el cual indique la posición de algún objeto peligroso que se haya detectado. Para el desarrollo del programa, se propondrá el diagrama de bloques visto en la Fig.1 Como se observa en el diagrama, al entrar la imagen, se hará una segmentación de la maleta, lo que implica la generación de dicha máscara. Luego de esto se realizará una detección de bordes, posteriormente una descripción de dichos bordes para que en el ultimo paso puedan ser clasificados.

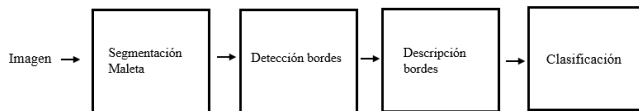


Figure 1. Diagrama propuesta solución

4. Desarrollo del proyecto

4.1. Segmentación maleta:

Para la segmentación de la maleta se hizo uso del histograma de las imágenes, el fondo en la imagen tiene un color uniforme, por lo que el punto máximo del histograma va a corresponder al fondo. En la Fig.3 se observa el histograma correspondiente a la imagen izquierda de la Fig.2, la línea azul que se observa en este corresponde a un límite que se da debido que en algunas imágenes la maleta es tan grande en comparación con el tamaño de la imagen que no se genera la máscara correctamente, un ejemplo de esto es la imagen derecha de la Fig.2. El límite de esta línea azul de la Fig.3, depende del tamaño de la imagen, y está definido como el 30% del área de la imagen, este porcentaje fue extraído a fuerza bruta.

El resultado de la operación anteriormente descrita es el observado en la Fig.4. Como se puede apreciar en esta figura, la máscara es extraída correctamente, pero se tienen ciertos artefactos que deben ser tratados, para resolver esto, lo primero que se hará es aplicar una operación de floodfill, para rellenar los espacios internos de la máscara, y luego de esto se realizará la operación de opening, la cual es una operación morfológica el cual ayudara a eliminar el ruido que se puede presentar en la imagen. El resultado de esto se puede apreciar en la Fig.5. En donde se observa que los artefactos han desaparecido de forma exitosa.

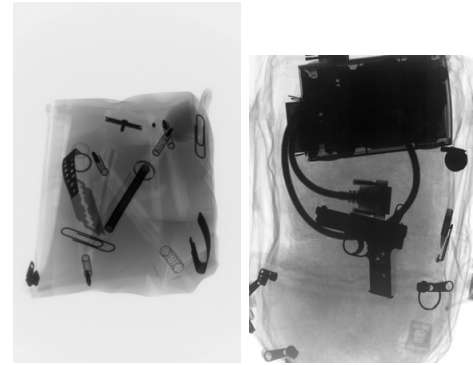


Figure 2. Imágenes dataset rayos-x

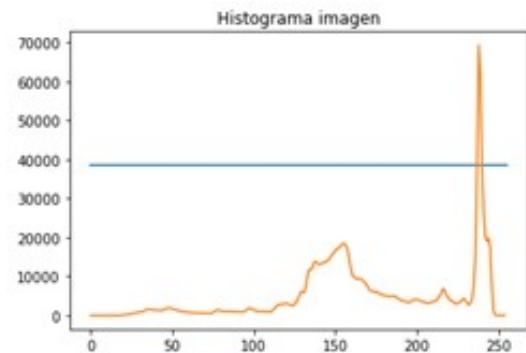


Figure 3. Histograma imagen rayos-x

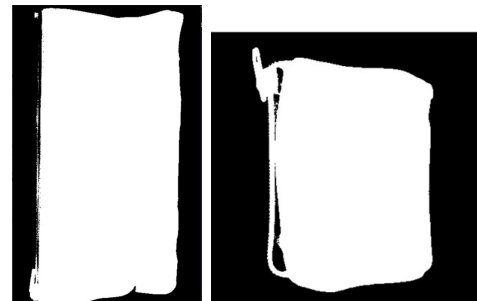


Figure 4. Máscaras extraídas de las maletas en la imagen de rayos-x

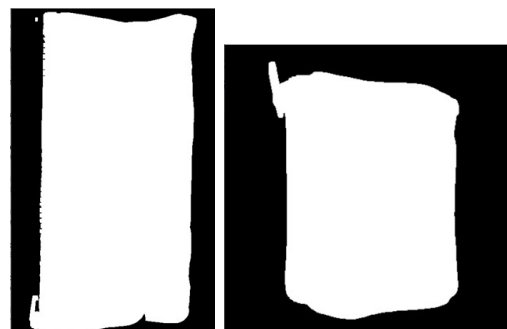


Figure 5. Máscaras procesadas de las maletas en la imagen de rayos-x

4.2. Detección de bordes:

Dado el gran número de elementos en la imagen, una primera mejora que se puede realizar es aumentar el contraste para resaltar los tonos más característicos del fondo, y así visualizar mejor cada elemento dentro de la maleta, el resultado de esto se puede ver en la Fig.7 donde en su parte izquierda se encuentra la imagen antes del contraste y a la derecha después de realizarlo.

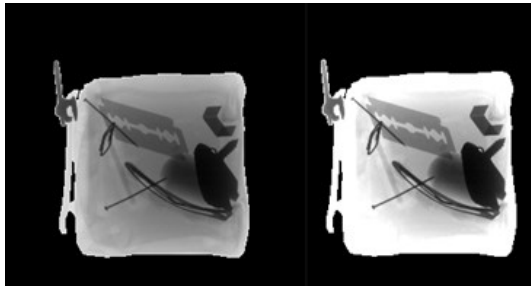


Figure 6. Imagen antes y después del contraste

Luego de tener un mejor contraste se procedió con la detección de bordes, en este apartado se probaron diferentes métodos, pero el que mejor resultados arrojó fue una detección de bordes por diferencia gaussiana, esta operación es usada en el método SIFT el cual fue mencionado en el estado del arte [2], este consta de aplicar una convolución a la imagen con unas gaussianas de diferentes desviaciones estándar, y luego de esto restar las dos convoluciones resultantes. Este método fue usado ya que lograba dibujar los contornos de todos los elementos dentro de la maleta, incluyendo elementos como la cuchilla que podían ser obviados por otros algoritmos al tener un tono similar al del fondo, el resultado de esto es mostrado en la Fig.7

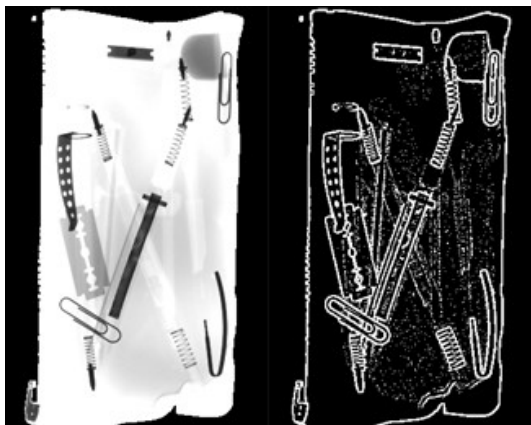


Figure 7. Detección de bordes diferencia gaussiana

Luego de hallar los bordes de los elementos dentro de la maleta, es fácil percibir la cantidad de ruido en la imagen debido a pequeños artefactos que se pueden llegar a detectar como objetos dentro de la maleta, para mejorar esto se realizó una dilatación procedida de una erosión

como es mostrado en la Fig.8, mejorando drásticamente con respecto al estado inicial

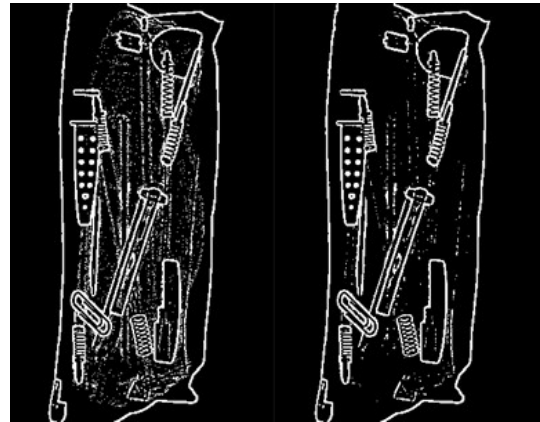


Figure 8. Imagen antes y después del procesos de dilatación y erosión

Al ya tener este resultado se procedió a realizar un filtro laplaciano con el objetivo de reducir el tamaño de las líneas de los contornos a un píxel, de tal forma que el procesamiento de dichos píxeles sea más fácil, cabe resaltar que para esto se estableció un threshold para tener en cuenta incluso las diferencias más pequeñas, y de esa forma no perder conectividad. El resultado se puede ver en la Fig.9

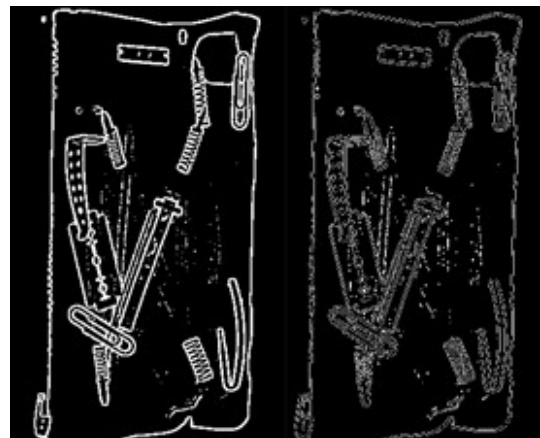


Figure 9. imagen antes y después de la reducción del grosor de los bordes

4.3. Descripción de bordes y clasificación:

Al tener los bordes detectados, se tiene que realizar una detección de tales bordes, de tal manera que se puedan extraer ciertas características para que estos puedan ser clasificados, para esto, lo primero que se hizo fue tener cada uno de los bordes no conectados por separados tal como se observa en la Fig.10. En donde la imagen de la izquierda corresponde a los bordes proporcionados por el detector de bordes, y las imágenes del centro y derecha corresponden a

los bordes los cuales se han separado para poderlos analizar por separado.

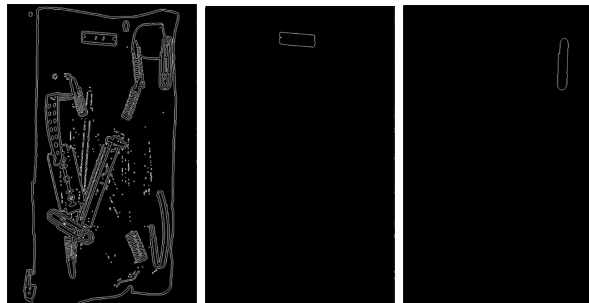


Figure 10. Izquierda: Bordes extraídos, Centro y derecha: Bordes extraídos y separados

Uno de los problemas que se tendrán que afrontar, es la oclusión de los diferentes objetos, como se observa en la Fig.11, en donde se puede apreciar que ese borde corresponde a varios objetos unos encima de otros. Para esto se tratarán de extraer características de los bordes tales como boundingboxes, y se tratará de filtrar los que no cumplan las características deseadas, teniendo un conocimiento previo de los valores de las características que deberían tener, luego de reconocer que los bordes a analizar contienen varios objetos, se deberá aplicar algún algoritmo de separación de estos, para luego si poderlos clasificar.

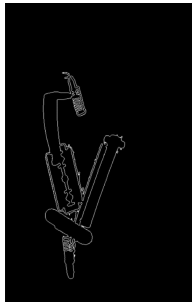


Figure 11. Bordes ocluidos

Una vez que se tienen todos los bordes separados, se usarán las características extraídas para clasificar los objetos, tales como cantidad de puntos, tamaños, boundingboxes y demás.

References

- [1] S. Akcay and T. P. Breckon, "An evaluation of region based object detection strategies within X-ray baggage security imagery," *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2017, pp. 1337-1341, doi: 10.1109/ICIP.2017.8296499.
- [2] M.E. Kundegorski, S. Akcay, M. Devereux, A. Mouton and T.P. Breckon, "On using feature descriptors as visual words for object detection within x-ray baggage security screening" in *Proc. Int Conf on Img for Crime Det and Prev.* November 2016, IET. 1, 3, 4.
- [3] S. Thaiparnit, N. Chumuang and M. Ketcham, "Weapon Detector System by Using X-ray Image Processing Technique," in *2018 18th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)* 2018, pp. 214-219, doi: 10.1109/ISCIT.2018.8587853
- [4] Yue Zheng, "X-Ray Image Processing and Visualization for Remote Assistance of Airport Luggage Screeners," in *A Thesis Presented for the Master of Science Degree The University of Tennessee, Knoxville*