



Desarrollo de un sistema de procesamiento de imágenes para segmentar lesiones en el hígado a partir de imágenes adquiridas por tomografía computarizada

K. L. Cossio Galindo y J. M. Mejía Muñoz

Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESÚMEN

La segmentación de tumores de hígado a partir de imágenes de tomografía computarizada (TC) es una tarea esencial para el diagnóstico y los tratamientos del cáncer de hígado. Sin embargo, es difícil debido a la variabilidad de las apariencias, los límites difusos, las densidades heterogéneas, las formas y tamaños de las lesiones. Esta investigación presenta un trabajo de segmentación de imágenes adquiridas por tomografía computarizada, en el cual se mencionan los fundamentos de la tomografía computarizada y los conceptos más importantes relacionados con las imágenes médicas utilizadas en la práctica clínica. La metodología de este trabajo está basada en redes neuronales convolucionales (CNN) llamada SegNet para segmentar lesiones en el hígado a partir de imágenes de TC. El CNN es uno de los modelos de aprendizaje profundo con algunos filtros convolucionales que pueden aprender características jerárquicas de los datos. Las etapas correspondientes para el desarrollo de esta investigación fueron la preparación de las imágenes de entrada, el entrenamiento de la red y por último la segmentación de las imágenes

INTRODUCCIÓN

En el diagnóstico y la terapia asistida por computadora se usan algoritmos para procesar y visualizar las imágenes médicas [1]. Entre los procesos más conocidos para el procesamiento de imágenes se encuentra la detección automática de los tejidos, conocida por lo general como segmentación [2]. La segmentación del tejido hepático es esencial para la valoración, monitoreo y tratamiento de distintas patologías presentes en el hígado, como la cirrosis o cáncer [3]. La segmentación hepática sirve para observar las anomalías y lesiones en el hígado, para que así el paciente empiece con tratamiento y posteriormente la planificación quirúrgica[4]. En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), el Dr. José Mejía forma parte del grupo de investigación de Procesamiento Avanzado de Imágenes Médicas. Dicho grupo desarrolla sistemas capaces de segmentar diversos objetos de interés tales como órganos, lesiones y tumores en las imágenes médicas, por lo que la evaluación y desarrollo de un algoritmo para segmentar lesiones en el tejido hepático resulta de gran interés para el grupo.

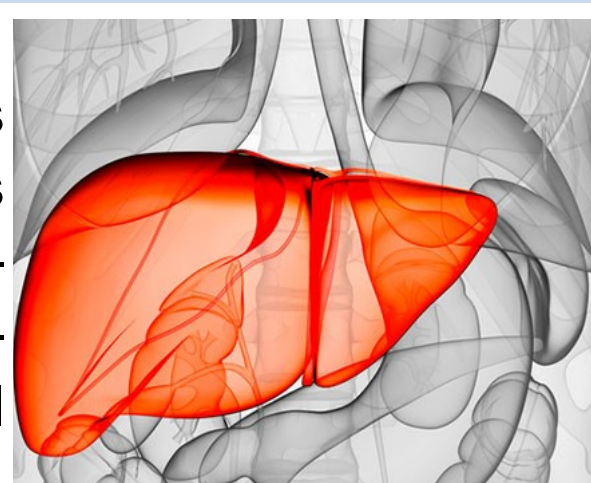


Figura 1. Hígado.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar un sistema de procesamiento de imágenes para segmentar lesiones hepáticas en imágenes de tomografía computarizada.

Objetivos Específicos:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre los distintos métodos de segmentación hepática.
- Realizar búsquedas de imágenes de tomografía computarizada en bases de datos que presenten lesiones en el hígado.
- Adaptar algoritmo de segmentación para separar la lesión del tejido normal.
- Validar el desempeño del algoritmo de segmentación de la estructura hepática.

METODOLOGÍA

Búsqueda	•Se realizó la búsqueda de imágenes de tomografía computarizada en base de datos.
Lectura de volúmenes	•De las imágenes de tomografía computarizada utilizando <i>MATLAB R2017a</i>
Pre-procesamiento	•Lectura de volúmenes y conversión a formato pgn.
Adaptación de algoritmo	•De segmentación en las imágenes de tomografía computarizada para detectar lesiones en el hígado.
Obtención de imagen	•Segmentada del hígado.
Validación	•Analizar y discutir el desempeño del algoritmo de segmentación

Figura 3. Metodología general

RESULTADOS

Las imágenes que se obtuvieron de la red propuesta se muestran en la Figura 4, estas imágenes se procesaron para poder observar el área del hígado de las imágenes de tomografía computarizada, para tener solo la información de utilidad y continuar con el proceso de preprocesamiento y así poder delimitar área de interés (Hígado completo).

La salida de la red se puede apreciar en la Figura 5 con mas detalle, mientras, que en la Figura 6 se muestra el resultado de la imagen procesada de salida de la Figura 4-c) de la cual se obtuvo una imagen binaria del área del hígado que sirvió como máscara para la imagen de salida de la red.

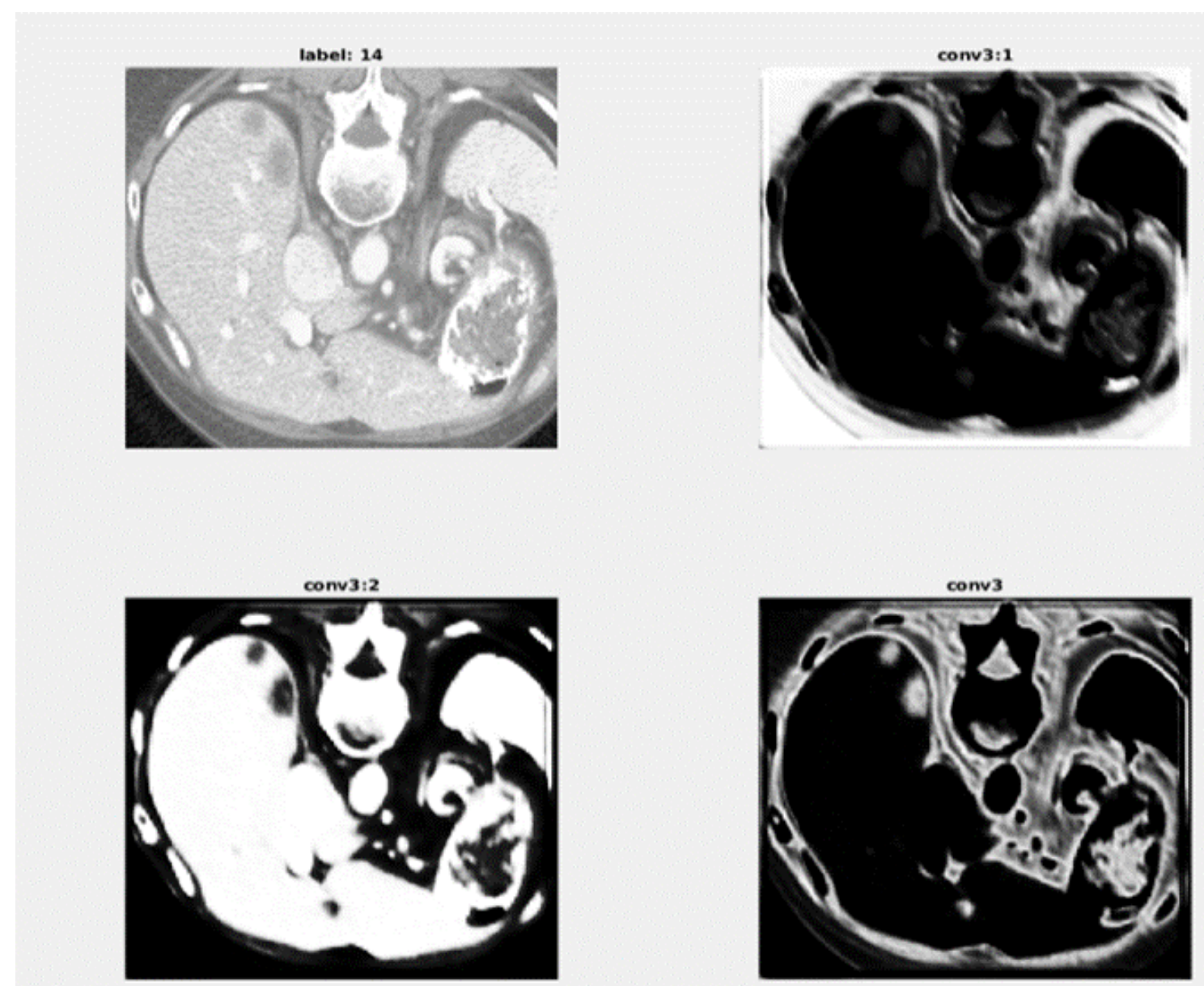


Figura 4. Lectura de volumen del hígado a partir imagen de tomografía computarizada por medio de Matlab. a) Se muestra la imagen de tomografía original, b) Se muestra la tercera capa de la convolución, filtro 1, c) Se muestra la cuarta capa de la convolución, filtro 2 y por último en la d) Se muestra la imagen

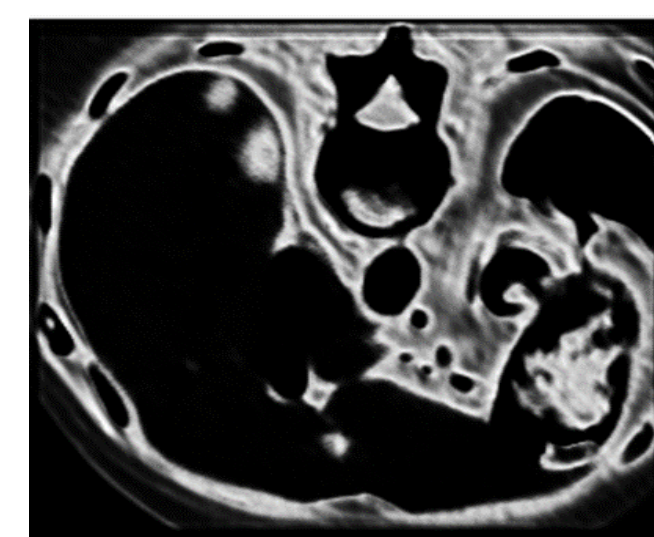


Figura 5. Se representa la imagen a partir de la cual se continuará con el proceso de segmentación de lesiones en el hígado.



Figura 6. Imagen umbralizada para obtener la mayor área del hígado.

Con el objetivo de delimitar el área de interés del hígado se redujo las dimensiones de la imagen de la umbralización, la cual utilizo la máscara (Figura 6) y la imagen de salida de la red (Figura 5) para segmentar solo la región del hígado como se muestra en la Figura 7. La evaluación experimental se realizó en imágenes de TC (Tabla 1) y los resultados proporcionados por Matlab en conjunto con la red SegNet para la segmentación de lesiones en el tejido hepático del área tipo 2, es decir, de la lesión presente en el tejido hepático, alcanzo un rendimiento del 82.81% (Tabla 2). El resultado indica que la red SegNet tiene un rendimiento aceptable en la segmentación de lesiones hepáticas.

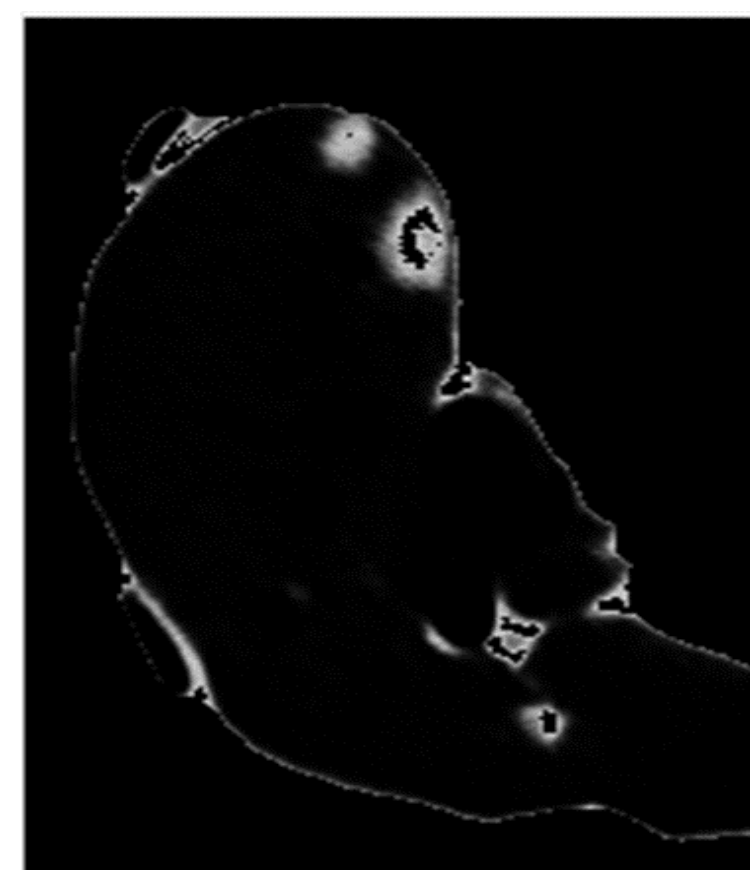


Figura 7. Segmentación y reducción de la imagen para delimitar el área del hígado.

Tabla 1. Resultados de los porcentajes del área Tipo 2 de SegNet y Matlab en las imágenes de Tomografía computarizada.

Tomografía Computarizada	Porcentaje del área Tipo 2
Tomografía 1	80.2247%
Tomografía 2	79.9180%
Tomografía 3	92.3077%
Tomografía 4	80.1527%
Tomografía 5	91.5424%
Tomografía 6	72.7723%

Tabla 2. Promedio del rendimiento del área Tipo 2 de las tomografías computarizadas.

Promedio
82.81%

Los resultados del algoritmo de segmentación en imágenes de tomografía computarizada de este trabajo se pueden observar a continuación, en la Figura 8, en la cual se representa la segmentación del órgano con sus respectivas lesiones, mientras, que en la Figura 9 se puede observar la segmentación de las áreas de las lesiones después de un filtro.

RESULTADOS

En las figuras 10 y 11 se muestra con más detalle el área segmentada de la lesión en el hígado de las tomografías 1 y 6 (Tabla 1), se puede observar en color morado el área de mayor tamaño de la lesión que detecto la red SegNet, la cual fue el área Tipo 2, mientras, que las áreas Tipo 1 en color azul (Verdadero negativo) y Tipo 3 en color naranja (Falso Positivo), son de menor tamaño en comparación con el área y porcentaje del área que detecto la red SegNet, el cual fue del 80.2247 % (Tabla 1) para la Figura 10. En la Figura 11 se puede observar el área de mayor tamaño en color morado, es decir, el área Tipo 2, mientras, que las áreas Tipo 1 en color azul (Verdadero negativo) y Tipo 3 en color naranja (Falso Positivo), son de menor tamaño comparación con el área y porcentaje de área que detecto SegNet, el cual fue del 72.7723 % (Tabla 1).



Figura 8. Segmentación del hígado (color gris) y sus respectivas lesiones .

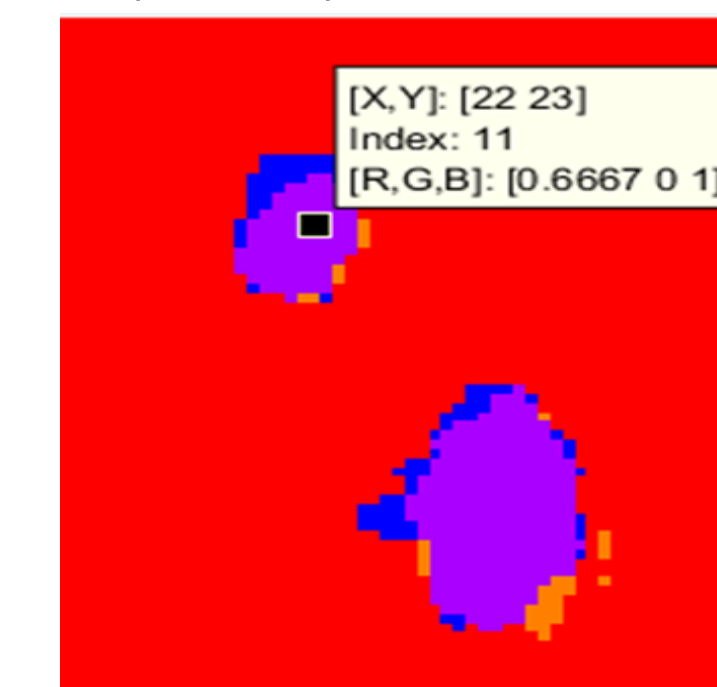


Figura 10. Lesiones en el hígado detectadas por medio de la red SegNet, en color morado se encuentra el área de mayor tamaño.

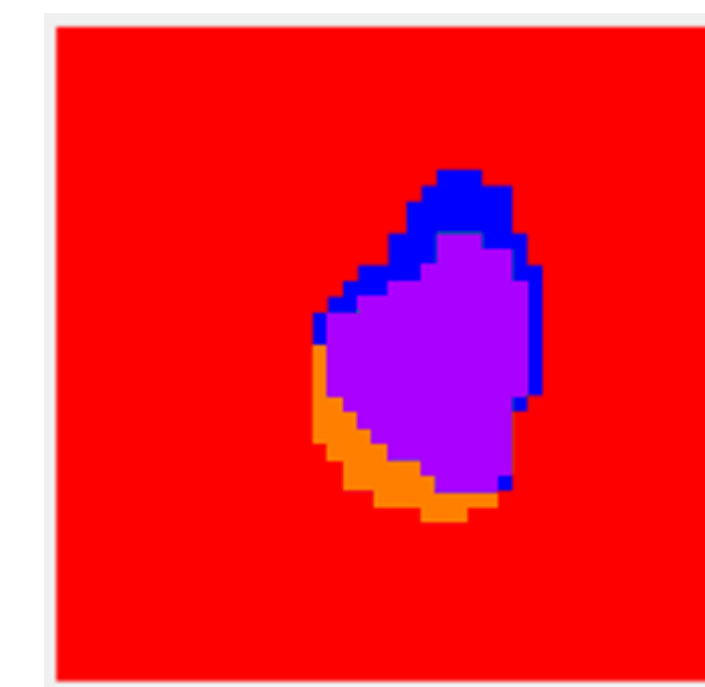


Figura 11. Lesiones en el hígado detectadas por medio de la red SegNet, en color verde se encuentra el área de mayor tamaño.



Figura 9. Segmentación de lesiones en el hígado (color blanco).

CONCLUSIONES

El propósito de este proyecto de investigación consistió en un algoritmo que permite la segmentación del volumen del hígado en imágenes de tomografía computarizada basado en redes neuronales y programación en el software Matlab. Las pruebas realizadas en las imágenes de tomografía computarizada para segmentar las lesiones presentes en los volúmenes hepáticos demostraron que el método propuesto permite segmentar las lesiones en las imágenes y que para llevar a cabo una segmentación exitosa se debe pretender eliminar lo más posible la contaminación de la imagen entre el tejido hepático y los demás tejidos presentes en el área abdominal. En base a los resultados obtenidos por el método de red convolucional (SegNet) para la segmentación hepática sobre imágenes de tomografía computarizada se concluye que, en relación al entrenamiento de la red, las características que proporcionaron una elevada influencia sobre los resultados fueron particularmente el tiempo de entrenamiento y la memoria de la red frente a la precisión de los resultados.

En base a los resultados respecto a el promedio del porcentaje del área "tipo2" que detecto SegNet, el cual fue del 82.81%, valiéndonos solamente de las características de intensidad de escala de grises de la imagen, del tiempo de entrenamiento y memoria de la red, se concluye que la segmentación

REFERENCIAS

- [1] R. Isoardi, "Optimización de análisis y registración de imágenes tomográficas", Tesis doctoral, Centro Atómico Bariloche, Provincia de Río Negro, Argentina, pp. 1-141, 2010.
- [2] G. Li *et al.*, "Automatic Liver Segmentation Based on Shape Constraints and Deformable Graph Cut in CT Images," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 24, no. 12, pp. 5315-5329, Dic. 2015.
- [3] P. Bao, T. H. Tai, V.-H. Duong and J.-C. Wang, "Liver segmentation from 3D abdominal CT images," in *IEEE International Conference Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW)*, pp. 342-343, 2015.
- [4] A. Hoogi *et al.*, "Adaptive Local Window for Level Set Segmentation of CT and MRI Liver Lesions," *Medical Image Analysis*, vol. 37, pp. 45-55, 2017.