

Propuesta de sistema de inteligencia computacional para para la detección de rayos en imágenes

Sebastian Camilo Salazar Ibañez
Daniel Alejandro Rodriguez Suarez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Resumen— En este trabajo se propone un sistema contador de rayos capturados en imágenes de tormentas eléctricas, que emplea un sistema de lógica difusa que evalúa diferentes estadísticas obtenidas del procesamiento de imágenes realizado, además se incluye un algoritmo de optimización durante el proceso de optimización para obtener resultados mas precisos para determinadas configuraciones

Palabras claves: optimización, sistema, difuso, configuración, rayo, estadística, contador, algoritmo, imágenes.

Resumen—In this work, a counter system for rays captured in images is proposed, which uses a fuzzy logic system that evaluates different statistics obtained from the image processing carried out, in addition, an optimization algorithm is included during the optimization process to obtain more precise results for certain configurations

Keywords: optomization, system, diffuse, configuration, lightning, statistics, accountant, algorithm, images.

I. INTRODUCCIÓN

Los rayos y las tormentas son algunos de los fenómenos naturales más violentos en la naturales. Estos generan una gran pérdida económica especialmente cuando impactan en ciudades [4]. Para la detección de estos se utilizan redes de alertas de rayos (LWS) que son pocos precisos [10]

II. CASO DE APLICACIÓN

Los sistemas de detección de rayos se han categorizado por centrarse en dos puntos de vista:

- Análisis de información satelital [1], [2], [5], [6] y [9].
- Análisis de información obtenida en la superficie terrestre [3], [4], [7] y [10].

III. PROPUESTA REALIZADA

Se propone un sistema de lógica difusa tipo Mamdani que permita contabilizar la cantidad de rayos de una imagen de 150x150.

Esta propuesta serviría para complementar las soluciones de otros autores por lo que podría permitir una mejor descripción del fenómeno natural. El sistema consiste en hacer un análisis de las estadísticas de una imagen preprocesada, la cual puede o no contener uno o muchos rayos de tormentas eléctricas.

El preprocesamiento consiste en cargar una imagen a color de 150 por 150 píxeles de tamaño de una tormenta eléctrica,

que puede o no contener rayos, esta es pasada por un filtro de escala de grises, luego por un filtro que la convierte en una imagen binaria, y luego por dos filtros de relleno de agujeros.

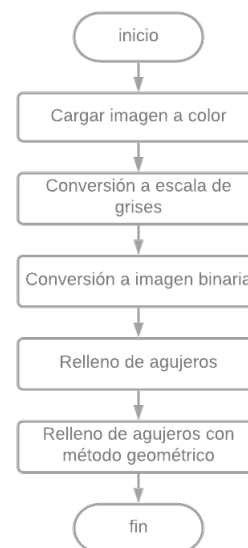


Figura 1: Algoritmo de preprocesamiento de imágenes.



Figura 2: Muestra de conjunto de imágenes a analizar.

Las estadísticas obtenidas para cada imagen son el número de objetos que detecta, el área y la excentricidad de cada uno de estos objetos. El algoritmo consiste en evaluar las características de cada objeto individual por medio del sistema de lógica difusa que devuelve un valor de la probabilidad de que el objeto contenga un rayo, una vez son evaluados todos los objetos de la imagen, se suman los resultados obtenidos

por el sistema de lógica difusa y se contabiliza cuantos rayos hay en la imagen.

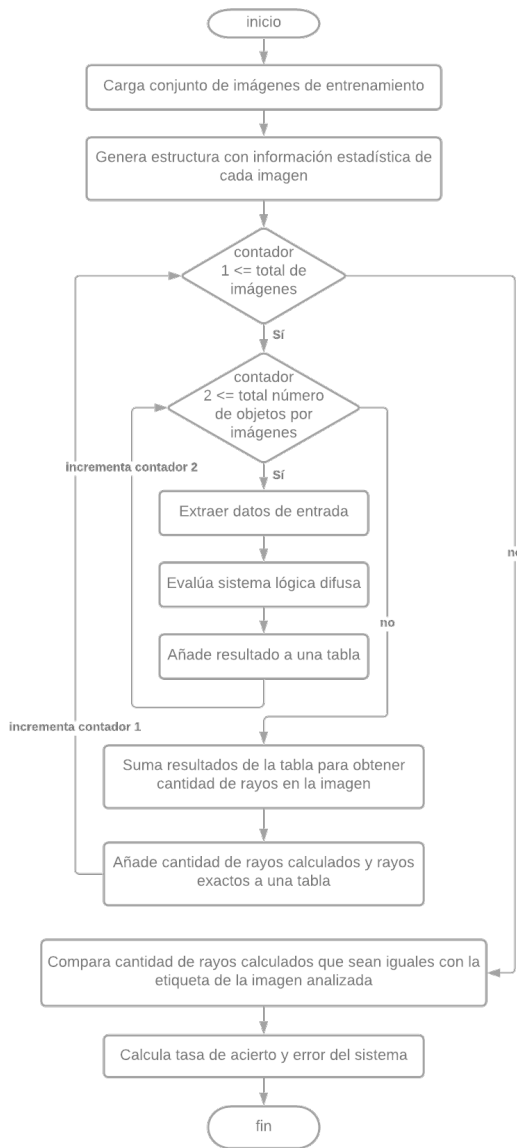


Figura 3: Algoritmo de detección de rayos en imágenes.

IV. CONFIGURACIONES DEL SISTEMA

El sistema de lógica difuso original evalúa los tres tipos de estadísticas que se podían obtener, sin embargo en la mayoría de configuraciones se optó por solo usar el número de objetos y el área de cada objeto como entradas del sistema. La salida del sistema predice si en la imagen hay cero, uno o dos rayos.

IV-A. Primera configuración

A continuación se muestra la configuración general del sistema de lógica difusa con 3 entradas.

La siguiente tabla muestra a detalle las especificaciones del número de entradas, salidas y el tipo de funciones utilizadas en cada configuración.

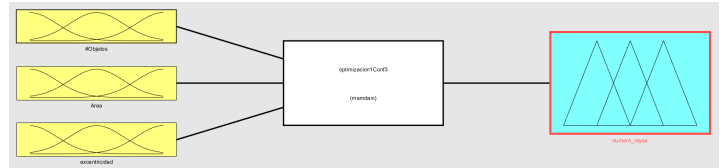


Figura 4: Configuración sistema lógica difusa con 3 entradas.

| Tipo | Regla | Rango | Nombre funciones | Tipo función |
|---------|--------------|-----------|------------------|--------------|
| Entrada | # Objetos | [0, 50] | entre 0 y 4 | gbellmf |
| | | | entre 4 y 12 | |
| | | | mas de 12 | |
| | Área | [0, 1500] | pequeña | gbellmf |
| | | | media | |
| | | | grande | |
| Salida | Número rayos | [0, 2.5] | no excéntrico | gbellmf |
| | | | si excéntrico | |
| | | | 0 Rayos | |
| | | | 1 Rayo | |
| | | | 2 Rayos | |

Tabla I: Especificación de la configuración 1

IV-B. Segunda configuración

A continuación se muestra la configuración general del sistema de lógica difusa con dos entradas.

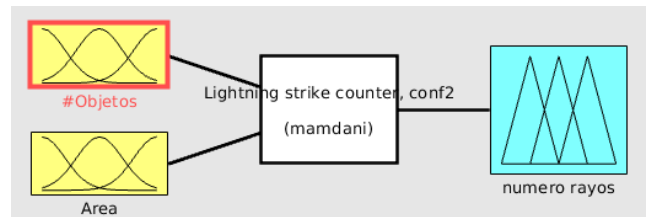


Figura 5: Configuración sistema lógica difusa con 2 entradas.

La siguiente tabla muestra a detalle las especificaciones del número de entradas, salidas y el tipo de funciones utilizadas en cada configuración.

| Tipo | Regla | Rango | Nombre funciones | Tipo función |
|---------|--------------|----------|------------------|--------------|
| Entrada | # Objetos | [0, 50] | entre 0 y 4 | gbellmf |
| | | | entre 4 y 12 | |
| | | | mas de 12 | |
| | Área | [0, 200] | pequeña | gbellmf |
| | | | media | |
| | | | grande | |
| Salida | Número rayos | [0, 2.5] | 0 Rayos | gbellmf |
| | | | 1 Rayo | |
| | | | 2 Rayos | |
| | | | | |

Tabla II: Especificación de la configuración 2

IV-C. Tercera configuración

Para esta configuración se utilizó la misma estructura general de entradas y salidas del sistema de lógica difusa de la anterior configuración. En este caso se cambiaron los tipos de funciones y rangos de estas, como se puede ver de forma detallada en la siguiente tabla.

| Tipo | Regla | Rango | Nombre funciones | Tipo función |
|---------|--------------|----------|------------------|--------------|
| Entrada | # Objetos | [0, 20] | entre 0 y 4 | gaussmf |
| | | | entre 4 y 12 | |
| | | | mas de 12 | |
| | Área | [0, 800] | pequeña | gaussmf |
| | | | media | |
| | | | grande | |
| Salida | Número rayos | [0, 2.5] | 0 Rayos | gbellmf |
| | | | 1 Rayo | |
| | | | 2 Rayos | |

Tabla III: Especificación de la configuración 3

IV-D. Cuarta configuración

Para esta configuración se utilizó la misma estructura general de entradas y salidas del sistema de lógica difusa de la anterior configuración, y los cambios se pueden ver de forma detalladas en la siguiente tabla.

| Tipo | Regla | Rango | Nombre funciones | Tipo función |
|---------|--------------|----------|------------------|--------------|
| Entrada | # Objetos | [0, 20] | entre 0 y 4 | zmf |
| | | | entre 4 y 12 | gauss2mf |
| | | | mas de 12 | |
| | Área | [0, 800] | pequeña | zmf |
| | | | media | gauss2mf |
| | | | grande | |
| Salida | Número rayos | [0, 2.5] | 0 Rayos | zmf |
| | | | 1 Rayo | gauss2mf |
| | | | 2 Rayos | |

Tabla IV: Especificación de la configuración 4

V. RESULTADOS

En esta sección se analizan los resultados obtenidos por optimización de cada una de las cuatro configuraciones usando un algoritmo genético.

V-A. Resultados cuantitativos

La siguiente tabla muestra una comparación del valor de MSE obtenido en cada una de las 10 ejecuciones de las cuatro configuraciones.

| Resultados de MSE en optimización | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| # ejecución | Conf 1 | Conf 2 | Conf 3 | Conf 4 |
| 1 | 0,0691 | 0,1397 | 0,1383 | 0,0975 |
| 2 | 0,0785 | 0,1105 | 0,0927 | 0,1236 |
| 3 | 0,1922 | 0,1512 | 0,1057 | 0,1652 |
| 4 | 0,0721 | 0,1414 | 0,1248 | 0,1164 |
| 5 | 0,1471 | 0,1139 | 0,1334 | 0,1796 |
| 6 | 0,0656 | 0,2147 | 0,1361 | 0,2671 |
| 7 | 0,0924 | 0,1318 | 0,1253 | 0,1423 |
| 8 | 0,14 | 0,1534 | 0,1484 | 0,1627 |
| 9 | 0,1241 | 0,1245 | 0,1255 | 0,1735 |
| 10 | 0,095 | 0,0879 | 0,1356 | 0,14 |

Tabla V: Resultados de MSE para 10 simulaciones por configuración

De la anterior tabla se pudo observar que de forma general la primera configuración tuvo un MSE mas bajo, y que el resultado de la sexta ejecución fue el que obtuvo el mejor resultado en general del proceso de optimización.

| Comparación de MSE | | | | |
|--------------------|---------|--------|---------|---------|
| Dato | Conf 1 | Conf 2 | Conf 3 | Conf 4 |
| Min | 0,0656 | 0,0879 | 0,0927 | 0,0975 |
| Max | 0,1922 | 0,2147 | 0,1484 | 0,2671 |
| Prom | 0,10761 | 0,1369 | 0,12658 | 0,15679 |

Tabla VI: Comparación de las mejores simulaciones y sus valores

V-B. Resultados cualitativos

Como se vio del análisis cuantitativo, el mejor resultado se obtuvo en la sexta ejecución de la primera configuración del algoritmo genético. A continuación se muestra una gráfica que muestra la etiqueta real de cuantos rayos hay en cada imagen del conjunto evaluado y la cantidad de rayos que predice el sistema de lógica difusa.

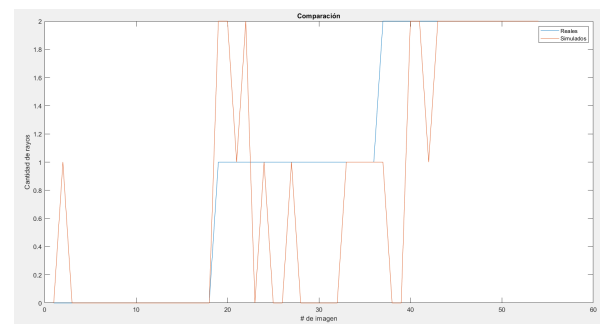


Figura 6: Visualización de rayos en cada imagen junto a los rayos predichos por el sistema.

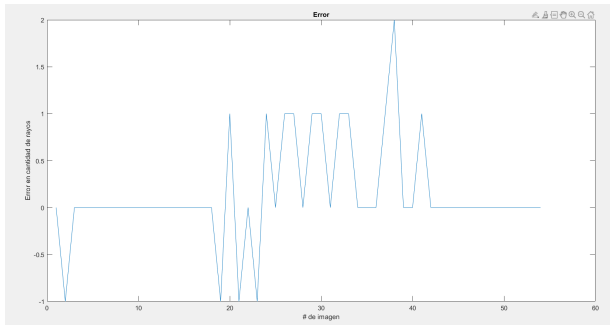


Figura 7: Error entre los rayos de cada imagen y los predichos.

A continuación se muestra la configuración obtenida por el proceso de optimización

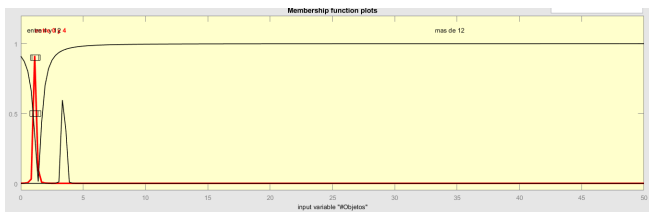


Figura 8: Funciones de pertenencia de la entrada de número de objetos.

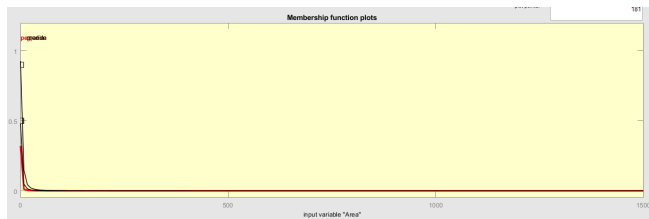


Figura 9: Funciones de pertenencia de la entrada de área.

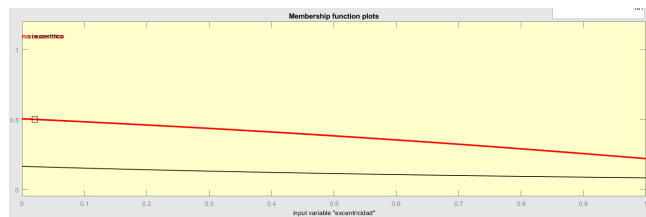


Figura 10: Funciones de pertenencia de la entrada de excentricidad.

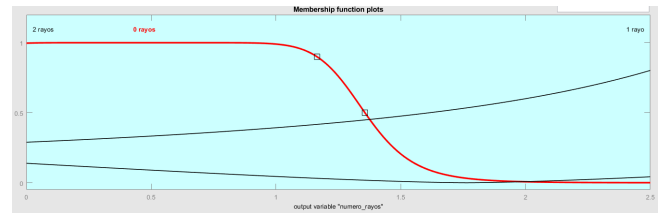


Figura 11: Funciones de pertenencia de la salida de número de rayos.

VI. CONCLUSIONES

1. Después de realizar todas las respectivas simulaciones para las diferentes configuraciones se evidencia que la mejor configuración es la numero uno en la iteración numero seis con un MSE promedio de 0.10761.
2. Aunque el sistema de lógica de difusa que tuvo un mejor resultado general es el que analizaba tres entradas de las estadísticas obtenidas, también fue la configuración con la que mas se tardó el proceso de optimización. Esto se debe a que exige mas recursos del sistema para evaluar cada uno de los objetos detectados, por lo que si este algoritmo se implementa en un microprocesador, puede que sea mejor opción escoger alguna otra configuración que tenga menos entradas pero que de la respuesta más rápido.

VII. REFERENCIAS

1. Umar A , Yoshiya K , Shoya M , Mitsunori O , Yoshitaka. (2019). "Automatic Detection of Lightning Whistlers Observed by the Plasma Wave Experiment Onboard the Arase Satellite Using the OpenCV Library". remote Sens. 11, no. 15: 1785. <https://doi.org/10.3390/rs11151785>
2. Klimov P , Khrenov B , Kaznacheeva M, Garipov G, Panasyuk M, Petrov V , Sharakin S, Shirokov A , Yashin I , Zotov M , Grebenyuk V, Grinyuk A , Lavrova M, Tkachenko A , Tkachev L , Botvinko A , Saprykin O, Puchkov A ,Senkovsky A. (2019). "Remote Sensing of the Atmosphere by the Ultraviolet Detector TUS Onboard the Lomonosov Satellite". Remote Sens. 11, no. 20: 2449. <https://doi.org/10.3390/rs11202449>
3. Yusop N, Riduan M, Abdullah M, Riza M, Ali S , Suparta W, Gulisano A, Cooray V. (2019). "Seasonal Analysis of Cloud-To-Ground Lightning Flash Activity in the Western Antarctica" . Atmosphere 10, no. 12: 744. <https://doi.org/10.3390/atmos10120744>
4. Mialdea I , Segura J, Felici Santiago , Garcia M , Alcaraz J, Navarro E. (2019). "Development of a Low-Cost IoT System for Lightning Strike Detection and Location". Electronics 8, no. 12: 1512. <https://doi.org/10.3390/electronics8121512>

5. Pio L, Paziienza L, Mascitelli A, Tiberia A, Dietrich S. (2020). "A Combined IR-GPS Satellite Analysis for Potential Applications in Detecting and Predicting Lightning Activity". *Remote Sens.* 12, no. 6: 1031. <https://doi.org/10.3390/rs12061031>
6. Alammari A, Alkahtani A, Riduan M, Noman F, Riza M, Haziq M, Ali S, Salih A, Kawasaki Z, Agelidis V. (2020). "Kalman Filter and Wavelet Cross-Correlation for VHF Broadband Interferometer Lightning Mapping". *Appl. Sci.* 10, no. 12: 4238. <https://doi.org/10.3390/app10124238>
7. Kossowski T, Matuszewski Ł. (2021). "Non-Real-Time Wireless System for Lightning Effect Measurements". *Appl. Sci.* 11, no. 9: 4204. <https://doi.org/10.3390/app11094204>
8. Price C. (2008). "Lightning Sensors for Observing, Tracking and Nowcasting Severe Weather". *Sensors* 8, no. 1: 157-170. <https://doi.org/10.3390/s8010157>
9. Hyangsun H, Sanggyun L, Jungho I, Miae K, Myong-In L, Myoung A, Sung-Rae C. (2015). "Detection of Convective Initiation Using Meteorological Imager Onboard Communication, Ocean, and Meteorological Satellite Based on Machine Learning Approaches". *Remote Sens.* 7, no. 7: 9184-9204. <https://doi.org/10.3390/rs70709184>
10. Wang G, Hyun W, Kil G, Park D, Wook S. (2019). "An Intelligent Lightning Warning System Based on Electromagnetic Field and Neural Network". *Energies* 12, no. 7: 1275. <https://doi.org/10.3390/en12071275>