

ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE INSECTOS USANDO HERRAMIENTAS DE VISIÓN POR COMPUTADORA

Ramírez Ibarra, Claudia (1), Lizárraga Morales, Roció Alfonsina (2)

1 [Licenciatura en Artes Digitales, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [ribarra.claudia@gmail.com]

2 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [ra.lizarragamorales@ugto.mx]

Resumen

La clasificación de insectos es el agrupamiento de artrópodos con base a un criterio en específico. Los insectos son aquellos animales invertebrados que poseen un par de antenas, uno o dos pares de alas y tres pares de patas. La clasificación de Insectos tiene aplicaciones en la agricultura y control de enfermedades, ya que facilita la detección de plagas. Estudios recientes plantean un método de clasificación automática de insectos de bajo costo, con el fin de agilizar el proceso y volverlo más accesible para la aplicación en los ámbitos ya descritos. Este proyecto propone una mejora a un método de clasificación de mariposas, insecto difícil de clasificar por métodos tradicionales. Se propone un análisis diferente de características, sobre la misma base de datos, basados en color y un análisis distinto de textura; obteniendo como resultado dos vectores de características, donde puede notarse como característica determinante la varianza, y siendo descartables las características de homogeneidad y la información obtenida del canal azul.

Abstract

Insect classification is the grouping of arthropods based of specific criteria. Insects are invertebrate animals which have a pair of antennae, one or two pairs of wings and three pairs of legs. It has applications in agriculture and disease control, as it facilitates the detection of pests. Recent studies propose methods for the automatic classification with low cost systems. Such methods facilitate the process and make it more accessible for its application. In this project, an improvement to a method of classification of butterflies is proposed. Butterflies are selected because is an insect difficult to classify by traditional methods. In our proposal, a different feature analysis based on color and texture, is explored; resulting in two feature vectors. From our results, it can be noticed the variance as a determining characteristic for the discrimination of classes, and the homogeneity and the information obtained from the blue channel as disposable characteristics.

Palabras Clave

Análisis de Textura; Procesamiento de Imágenes; Histogramas de sumas y diferencias

INTRODUCCIÓN

La clasificación de insectos es el ordenamiento de animales invertebrados que disponen de un par de antenas, uno o dos pares de alas y tres pares de patas, con base a criterios específicos. Ésta tiene aplicaciones para la agricultura y el control de enfermedades. Tradicionalmente, la clasificación de insectos sigue un proceso de toma de muestras, sometimiento de los individuos a procesos de reconocimiento y finalmente la clasificación de ellos bajo criterios específicos. Dicha clasificación se vuelve una tarea difícil si se realiza de una forma manual, pues se requiere de bastante tiempo y esfuerzo; además de la necesidad de tener a un experto en entomología para guiar la tarea. Con la automatización de esta, las desventajas se ven reducidas considerablemente.

La automatización de la clasificación de insectos ha sido explorada durante los pasados años por varios autores, entre ellos el trabajo de **Why A., et al. [1]** donde clasifica insectos voladores según las longitudes de onda producidas por sus alas, las cuales son captadas gracias a las fluctuaciones de luz creadas cuando el insecto pasa a través de un rayo láser. Se encuentra también el trabajo de **Quing Y., et al. [2]** donde identifica y clasifica los insectos según el daño que puede provocar al arroz, esto con ayuda de una trampa de luz que permite capturar la imagen superior e inferior del insecto y con ello identificar las características que darán pie a su ordenamiento. La investigación de **Moscetti R., et al. [3]** que centra su clasificación en insectos que se alimentan de la castaña, utilizando un método basado en la absorción y reflectancia de la luz, los cuales comparan sus longitudes de onda específicas. O también el trabajo de **Shin B., et al. [4]** donde clasifica animales pequeños como insectos haciendo uso de seguimiento de huellas, método que requiere de la instalación de un túnel para la captación de dichas huellas. Todos los trabajos anteriormente mencionados requieren de instrumentación especializada, y costosa para lograr su objetivo. Es por lo que se centra la atención en la investigación de **Yilmaz, K., et al. [5]**, donde plantean la clasificación de especies de mariposas, siendo el segundo orden con mayor cantidad de especies y teniendo procesos de

clasificación tan complejos como el análisis de partículas o los genitales de los individuos, se convierten en un sujeto perfecto para la búsqueda de una simplificación de esa extenuante labor. Dentro de este trabajo hacen uso del análisis de textura por visión de computadora, como una propuesta de clasificación más barata y eficiente; con el enfoque de Matrices de Coocurrencia de Niveles de Gris, GLCM (por sus siglas en inglés), técnica que, aunque efectiva, requiere de bastante memoria para su procesamiento.

En éste proyecto se propone la exploración del uso de color a través del espacio RGB, además de aplicar los histogramas de sumas y diferencias para el análisis de la textura, al ser una mejora del GLCM propuesta en el estudio de **Unser, M. [6]**, esto anteriormente mencionado se realizará sobre la misma base de datos del estudio de **Yilmaz, K., et al. [5]**, con el propósito de mejorar el reconocimiento de las especies de mariposas.

El presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección de Materiales y Métodos se explica la forma en que se segmenta y corrige la imagen, para posteriormente hacer el análisis de su textura por medio de los histogramas de sumas y diferencias. Dentro de la sección de Resultados y Discusión se presentan dos vectores de características y la explicación de los mismos, para finalmente en la sección de Conclusiones presentar un análisis de lo obtenido en el proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el proyecto se analizó la textura y espacio de color de 140 imágenes de 14 clases diferentes de mariposas. Dentro de la FIGURA 1 puede apreciarse un sujeto de cada una de estas clases. Donde podemos observar la similitud que presentan algunas de las muestras y notando la posible dificultad al analizarlas manualmente.



FIGURA 1: Clases de Mariposas.

El análisis de las imágenes se realiza con ayuda de un algoritmo que sistematiza el análisis de color y los histogramas de sumas y diferencias, dicho algoritmo fue creado con Matlab®, herramienta elegida por su facilidad para el procesamiento de imágenes. El proceso definido en este proyecto lo podemos observar en la FIGURA 2, y cada uno de los bloques se detalla en las subsecciones siguientes.

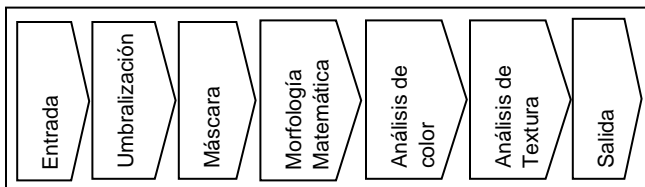


FIGURA 2: Algoritmo Implementado.

Umbralización

La umbralización es una técnica de segmentación de imágenes, utilizada cuando existe una diferencia claramente perceptible entre el fondo y el objeto a separar [7]. El proceso de umbralización se define en la Ecuación 1.

$$mask(x,y) = \begin{cases} 0, & In(x,y) \geq T, \\ 255, & In(x,y) < T, \end{cases} \quad (1)$$

Donde $In(x,y)$ corresponde a la imagen de entrada, $mask(x,y)$ a la imagen de salida y T es el umbral.

Las imágenes alojadas en la base de datos utilizada cumplían con las características requeridas para dicha segmentación, por lo que se procedió a elegir un canal de color sobre el cual se aplicaría el umbral T a cada una de las imágenes, dando como resultado una imagen binaria.

El canal utilizado fue el azul, elegido por ser el que tenía mayor coincidencia de valor en los 140 individuos. Y como umbral se tomó el valor de 107, valor que permite una mayor separación entre los “píxeles mariposa” y los píxeles correspondientes a fondo. De esa manera los valores mayores o iguales a 107 equivaldrán a 0, correspondiente a negro; y los valores menores a el umbral T son igualados a 255, correspondiente a blanco.

Máscara

Con la umbralización se crea una máscara que permite realizar operaciones únicamente sobre los “Píxeles Mariposa”, evitando con ello realizar los cálculos de análisis de textura o análisis de color sobre los píxeles correspondientes al fondo.

De esta manera “mask” es una imagen con valores de 0 o 255, donde los valores iguales a 255, píxeles en blanco, tienen la misma ubicación de los píxeles mariposa en la imagen original “ In ”.

Morfología Matemática

La Morfología Matemática es una rama del análisis y procesamiento de imágenes, que se concentra en la estructura geométrica de una imagen [8]. Uno de sus tantos alcances incluye la mejora de la segmentación, por lo que fue de utilidad dentro de este trabajo.

Durante el proyecto fue necesario recurrir a las operaciones morfológicas, debido a que la umbralización dejó consigo defectos o huecos en la mariposa segmentada (mask). La operación morfológica utilizada fue el rellenamiento de agujeros. Función que se centra en la búsqueda de 0's rodeados por 1's en una matriz binaria. Y una vez localizados los cambia a valor 1.

$$mask = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix} \quad mask_{clean} = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Puede apreciarse el proceso por el cual ha sido sometida la imagen en la FIGURA 3, donde muestra en primera instancia la imagen original, seguida de la máscara creada con la umbralización, para finalmente tener una máscara limpia con la ayuda de la morfología matemática.

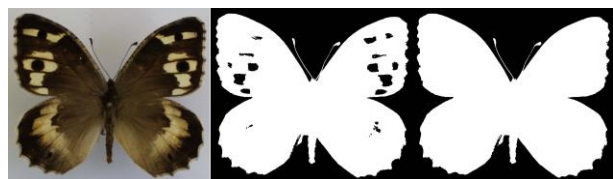


FIGURA 3: Individuo 5 de la Clase 2, Proceso de Segmentación.

Análisis de color

Cuando el proceso de segmentación está completo y han sido separados correctamente los "Píxeles mariposa" del fondo, se procede al análisis de color.

En esta parte se obtuvo la media y desviación estándar de los valores contenidos en cada pixel, dentro de los tres canales de color. Una vez completado, se procedió al análisis de las características de textura.

Análisis de la Textura

La textura de la imagen es definida como "Una función de la variación espacial en las intensidades de los píxeles" [9], y esta puede ser analizada por medio de funciones estadísticas.

Histogramas de Sumas y Diferencias

Según el trabajo ya mencionado de Michael Unser [6], los histogramas de sumas y diferencias son una estadística de orden dos, donde las propiedades son obtenidas de un par de píxeles de referencia $(y1)$ y $(y2)$, los cuales se encuentran en una posición relativa $d1$ y $d2$. Lo cual puede apreciarse en la Ecuación 2.

$$\begin{cases} y1 = y_{k,i} \\ y2 = y_{k+d1,i+d2} \end{cases} \quad (2)$$

Para este trabajo se utilizó la distancia 1 y ángulo 0° , donde $d1 = 0$ y $d2 = 1$, creando con ello un histograma para las diferencias y un histograma para sumas, de todos aquellos píxeles válidos que se encuentran a esa distancia y ángulo. Definido en la Ecuación 3.

$$\begin{cases} S_{k,i} = y_{k,i} + y_{k+d1,i+d2} \\ d_{k,i} = y_{k,i} - y_{k+d1,i+d2} \end{cases} \quad (3)$$

Las características de Textura analizadas en cada una de las imágenes corresponden a la Ecuación 4, Ecuación 5 y Ecuación 6.

$$\text{Varianza} = \frac{1}{2} \left\{ \sum_i (i - 2\mu)^2 \cdot \check{P}_s(i) + \sum_j j^2 \cdot \check{P}_d(j) \right\} \quad (4)$$

$$\text{Contraste} = \sum_j j^2 \cdot \check{P}_d(j) \quad (5)$$

$$\text{Homogeneidad} = \sum_j \frac{1}{1+j^2} \cdot \check{P}_d(j) \quad (6)$$

Donde \check{P}_d es igual a la distribución de probabilidad de las diferencias entre los píxeles $(y1)$ y $(y2)$. Y \check{P}_s es igual a la distribución de probabilidad de las sumas entre los píxeles $(y1)$ y $(y2)$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado se obtuvieron dos Vectores de Características, en los cuales se pretende buscar cuales de esas características discriminantes al momento de hacer la clasificación de las clases.

En la TABLA 1 se presentan las medias de las Características donde R, G, B, C, H y V, equivalen al Canal Rojo, Canal Verde, Canal Azul, Contraste, Homogeneidad y Varianza, respectivamente. En la TABLA 2 se presentan las desviaciones estándar de las mismas.

TABLA 1: Media de Características por Clase

Clase	R	G	B	C	H	V
1	48.377	33.19	17.901	9.3443	0.52514	485.67
2	71.461	54.577	30.034	12.884	0.45162	3382.8
3	83.196	55.896	25.559	4.9491	0.55958	3092.6
4	74.807	61.977	38.489	13.54	0.49784	5928.7
5	42.1	30.556	17.801	8.7218	0.55363	769.63
6	99.273	89.626	60.915	87.497	0.24592	6757
7	99.068	94.13	67.467	46.003	0.36151	7796.1
8	74.89	67.183	43.635	34.648	0.401	6974.8
9	92.941	71.063	38.33	16.411	0.39313	1379.6
10	63.332	47.047	25.311	16.907	0.37648	834.75
11	74.058	54.377	28.042	8.666	0.46666	953.96
12	30.77	21.126	13.172	9.1411	0.56041	284.49
13	35.628	23.14	13.484	11.475	0.52604	435.02
14	28.093	19.072	11.451	9.7431	0.56643	253.84

TABLA 2: Desviación Estándar de Características por Clase

Clase	R	G	B	C	H	V
1	20.983	16.718	13.729	5.7088	0.10507	39.907
2	44.908	41.137	26.947	6.6816	0.077578	529.86
3	51.001	39.468	26.474	0.5345	0.012158	148.62
4	56.462	54.402	37.162	9.6108	0.089579	408.92
5	24.274	20.666	15.49	4.5049	0.078881	63.932
6	56.399	57.843	44.183	22.15	0.019079	429.25
7	61.485	62.088	46.42	32.638	0.05796	1054.3
8	57.951	58.906	39.964	21.187	0.054637	437.07
9	29.562	26.339	17.322	13.683	0.11526	266.31
10	24.898	20.872	14.664	7.772	0.67011	234.42
11	27.902	22.392	16.918	5.4562	0.072456	53.359
12	14.403	13.407	11.631	1.8114	0.024151	45.374
13	18.141	15.922	13.67	6.7104	0.12437	55.261
14	13.835	12.668	11.077	1.229	0.020273	27.232

Una característica discriminante será aquella que logre discernirse con facilidad entre una clase y otra, y aquellas que no cumplen con ello serán despreciables, con excepción de aquellas en donde las clases que presentan la semejanza son visualmente similares. Las Características que son depreciables para la clasificación con base a los vectores obtenidos son: canal azul y homogeneidad. Pero características como Varianza, donde mientras más pequeño es el valor menos luminosidad se presenta en la imagen, son una característica importante.

Un ejemplo de ello puede notarse entre las medias de la clase 12 y 13, ver en (TABLA 1), donde los valores son similares pero ambas muestras al ojo humano son muy parecidas. Por tanto, no son características descartables. Ver en (FIGURA 4)



FIGURA 4: Comparación visual de las clases 12 y 13

CONCLUSIONES

En el presente estudio se analizaron características de color y textura para la clasificación de insectos utilizando herramientas de visión por computadora. Se encontró que tomar en cuenta sólo el color es parcialmente discriminante y la clasificación se puede mejorar al incluir características adicionales como la textura. A partir de los resultados se concluye que las medias de las características de homogeneidad y del canal azul del color no son discriminantes. Sin embargo, si se toma en cuenta el conjunto tanto de medias como de desviaciones estándar de las características, pueden ser discriminantes.

REFERENCIAS

- [1] Why, A., Batista, G., Mafra-Neto, A. & Keogh, E. (2014). Flying Insect Classification with Inexpensive Sensors. *Journal of Insect Behavior*, 2014, pp. 657–677.
- [2] Qing YAO, Jun LV, Qing-jie LIU, Guang-qiang DIAO, Guang-qiang DIAO, Hong-ming CHEN, Jian TANG (2012). An Insect Imaging System to Automate Rice Light-Trap Pest Identification. *Journal of Integrative Agriculture*, 2012, pp. 978-985.
- [3] Moscetti, R., Half, R. P., Saranwong, S., Monarca, D., Cecchini, M. & Massantini, R. (2014). Nondestructive detection of insect infested chestnuts based on NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, pp 88-94.
- [4] Shin, B., Russel, J. & Klette, R. (2012). Feature Extraction and Classification for Insect Footprint Recognition, *Iberoamerican Congress on Pattern Recognition*, 2012, pp 196-203
- [5] Yilmaz, K., Lokman, K., Faruk, E. Ö., & Ramazan, T. (2015). Identification of Butterfly Species with Rough Set Approach Based on Textural Features. *International Journal of Computer Vision, Machine Learning and Data Mining*, 2015(1), pp. 1-10.
- [6] Unser, M. (1983) Sum and Difference Histograms for Texture Classification. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, pp 118-125.
- [7] Liao, P.-S., Chen, T.-S. & Chung, P.-C. (2001) A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding. *Journal of Information Science and Engineering*, 2001, pp 713-727.
- [8] Dougherty, E. R. & Lotufo R. A. (2003), Binary Erosion and Dilation. En Dougherty, E. R. & Lotufo R. A. (2003), *Hands-on The International Society for Optical Engineering Bellingham*.
- [9] Chen, C.H. , Pau, L.F. ,Wang, P.S. (1998) *Texture Analysis*. En Chen, C.H. , Pau, L.F. ,Wang, P.S. (2nd Edition), *The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision* (pp 207-248), World Scientific Publishing Co.