



# VII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18  
junio 2016

Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



## MÉTODO PARA IDENTIFICACIÓN DE LARVAS DEL GÉNERO AEDES, APLICANDO EL ALGORITMO DE OTSU Y REDES NEURONALES

Luna González José Álvaro<sup>a</sup>, Bermeo León Susana<sup>a</sup>, Cerón Esparza Jonathan<sup>a</sup>,  
Martínez Hernández Irma<sup>b</sup>, Robles Camarillo Daniel<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidad Politécnica de Pachuca, Maestría en Tecnologías de Información y Comunicaciones, Zempoala, Hgo. [danielrc@upp.edu.mx](mailto:danielrc@upp.edu.mx)

<sup>b</sup>Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Hidalgo, Área de Entomología, Pachuca, Hgo. [entolesph@hotmail.com](mailto:entolesph@hotmail.com)

### RESUMEN:

Según reportes de la Organización Mundial de Salud, el principal vector de contagio del virus de dengue es el mosquito *Aedes aegypti*, además la Secretaría de Salud en México, lo reconoce como vector transmisor de chikungunya y zika. Según el Instituto Nacional de Referencia Epidemiológica se confirmaron 42 decesos en México por dengue en 2015, teniendo dos casos en Hidalgo en el mismo periodo.

El área de entomología del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Hidalgo es la entidad encargada de la detección oportuna de la presencia del vector, realizando la identificación del mismo por inspección visual sobre larvas de cuarto estadio colectadas por brigadistas en las diferentes jurisdicciones sanitarias del Estado.

Con el objetivo de eficientar el proceso de identificación y reducir el tiempo de respuesta del área de entomología se ha propuesto el presente sistema, aplicando una red neuronal de retropropagación entrenada con datos calculados mediante la transformación lineal del algoritmo de Otsu, aplicada a imágenes de larva del género *Aedes sp.* Detectando con este proceso el umbral existente en el análisis de los ocho pixeles vecinos, a lo largo de toda la imagen para lograr su binarización y su correspondiente histograma. Con el histograma y umbral obtenidos, se programó la estructura de retropropagación como sistema de identificación usando 257 entradas, dos capas ocultas y dos neuronas de salida.

Con la red entrenada se efectuaron pruebas utilizando 1075 imágenes de los géneros *Ochlerotatus sp.*, *Culex sp.* Además de *Aedes sp.* con lo que se obtuvieron factores de 92.5 a 97.9% de identificación positiva para este último género.

Las imágenes utilizadas no requieren una etapa de normalización o preprocesamiento antes de aplicar el algoritmo de Otsu en la presente aplicación. Actualmente se están realizando pruebas con imágenes normalizadas y preprocesadas para probar las capacidades de identificación a nivel especie.



**VII** CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD  
 "GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

**16-18**  
**junio 2016**  
 Unidad de Seminarios, BUAP

## 1. INTRODUCCIÓN

El método Otsu es el método de segmentación más simple basado en el cálculo de umbrales, donde por medio de la generación de una imagen binaria se busca separar entre objetos y fondo. Es utilizado como una técnica para binarización de imágenes [1].

Se han desarrollado varias alternativas para resolver problemas específicos como el caso de binarizar las placas de un automóvil sin importar la iluminación a la hora de la captura [2] así posteriormente identificar los números, debido a la captura de las imágenes de interés de este trabajo la iluminación toma un papel importante. Otros autores han trabajado con el método para la detección de irregularidades en imágenes térmicas para la detección de cáncer de mama utilizando la segmentación y analizar los histogramas según los umbrales de correspondencia [3].

Los histogramas de las imágenes de larvas arrojan la información necesaria para realizar una identificación. Se plantea una forma de encontrar los umbrales de varios niveles según las características de las imágenes tal como se desarrolla en [4] para la segmentación de imágenes basado en una colonia de abejas. Los resultados que arroja el trabajo permiten lograr una identificación taxonómica de la larva del género *Aedes sp.* respecto a otras especies que son muy parecidas en su fisiología. Aplicando dicho algoritmo se minimizan las inconsistencias causadas por imágenes rotadas, con ruido o capturadas con iluminación sin normalización. Finalmente se someten los datos finales obtenidos a una red neuronal para lograr una identificación.

## 2. TEORÍA

El método de Otsu, es un algoritmo cuya finalidad es realizar una segmentación en una imagen, a través de técnicas estadísticas como la varianza y la media [1]. De esta forma mediante la dispersión de los niveles de gris calcula el valor de un umbral a modo que la dispersión de cada segmento sea cada vez lo más pequeña posible pero que exista una diferencia gradual entre los segmentos diferentes de la imagen. La ecuación (1) representa el principio del algoritmo a través del cálculo de las probabilidades de ocurrencia de los valores de gris de la imagen. La ecuación (2) define una media aritmética para los valores de gris de toda la imagen y sus valores medios de cada segmento.

$$k_0: P_0(t) = \sum_{g=0}^t p(g); \quad k_1: P_1(t) = \sum_{g=t+1}^G 1 - P_0(t) \quad (1)$$

$$\sigma_0^2(t) = \sum_{g=0}^t (g - \bar{g}_0)^2 p(g); \quad \sigma_1^2(t) = \sum_{g=t+1}^G (g - \bar{g}_0)^2 p(g) \quad (2)$$

Así la obtención de la varianza entre los segmentos (3), y la varianza dentro de los segmentos (4), finalmente para tener la obtención del umbral, es dado por el cociente de las varianzas resultantes entre los segmentos (5).



$$\sigma_{ZW}^2(t) = P_0(t) * (\bar{g}_0 - \bar{g})^2 + P_1(t) * (\bar{g}_1 - \bar{g})^2 \quad (3)$$

$$\sigma_{in}^2(t) = P_0(t) * \sigma_0^2(t) + P_1(t) * \sigma_1^2(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = \frac{\sigma_{ZW}^2(t)}{\sigma_{in}^2(t)} \quad (5)$$

Así la obtención de la varianza entre los segmentos (3), y la varianza dentro de los segmentos (4), finalmente para tener la obtención del umbral, es dado por el cociente de las varianzas resultantes entre los segmentos (5).

Al aplicar el algoritmo nos da como resultado un umbral para una binarización y la obtención de un histograma con la dispersión de la imagen. La figura 1 muestra el resultado del método.

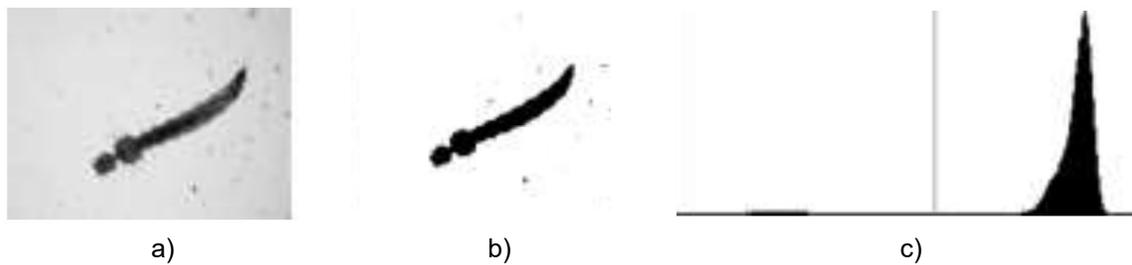


Fig. 1 a) Imagen digital en escala de gris de la larva de mosquito del género *Aedes sp.* sin procesar, b) Imagen digital binarizado con el algoritmo de Otsu, c) Umbral e histograma de la imagen binarizada

Las imágenes de interés para la identificación de la larva del género *Aedes sp.* nos permite utilizar el método descrito ya que la binarización de la imagen permite preservar la estructura taxonómica de la larva además de minimizar el ruido del fondo, sin embargo, para la identificación no basta solo con la dispersión de tonalidades de gris de la imagen por lo que se aplicó una variación al método Otsu para la obtención de un umbral dado a la dispersión de tonos de gris y a sus vecinos próximos para tener información más cercana sobre la estructura taxonómica de la larva, de esta forma representar el histograma resultante como un vector de datos que se pueda aplicar como entrada a una red neuronal para su entrenamiento e identificación.

Tomando como referencia al método Otsu se aplicó la siguiente variante: se analizan los vecinos de cada pixel de forma que se obtiene un barrido de la imagen que permite calcular el comportamiento de cada pixel vecino ya binarizado.

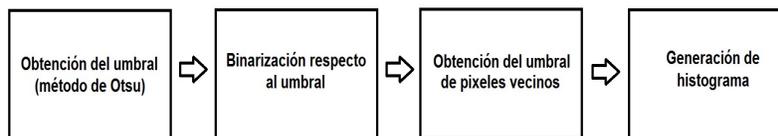


Fig. 2 Descripción del proceso para la obtención del histograma.



Las imágenes tomadas son de larvas de cuarto estadio en posiciones aleatorias y no existe otra figura relevante salvo el ruido al momento de la captura. Como se aprecia en la figura 2, donde se muestra el proceso para la obtención del histograma del método Otsu con el barrido de vecinos.

Las imágenes pasan a través del proceso del método Otsu para obtener de ellas el umbral que posteriormente sirve para la binarización, una vez obtenido se hace un barrido de la imagen nuevamente, todos los píxeles que sean menores al umbral son los de interés y cada pixel se analiza al comparar el umbral obtenido con sus ocho vecinos cercanos, almacenando a los positivos en un vector de 256 elementos que representan la tonalidad de la imagen de los píxeles de interés, siempre que cumpla con la condición en (6), se hace un recorrido por cada pixel de interés y se suma si el vecino de interés pertenece al umbral.

$$k_0: P_0(t) = \sum_{g=0}^t p(g); \quad k_1: P_1(t) = \sum_{g=t+1}^G 1 - P_0(t)$$

$$\forall p \in P: p < \text{umbral} \tag{6}$$

Este valor se toma como nueva referencia para calcular el umbral de vecinos y se procede a desarrollar el mismo cálculo que en el método Otsu original.

### 3. PARTE EXPERIMENTAL

Al aplicar el algoritmo se puede establecer el umbral que se toma como referencia de las imágenes para su identificación, se obtiene entonces el histograma con 256 valores que representan la escala inicial de gris transformada con la cantidad de vecinos de cada pixel de la imagen binarizada final. La siguiente figura muestra la imagen calculada posterior al aplicar el método descrito.

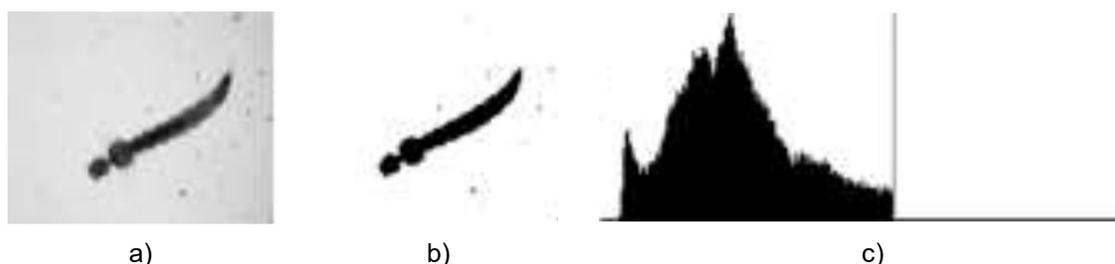


Fig. 3 a) Imagen digital en escala de gris de la larva de mosquito del género *Aedes sp.* sin procesar, b) Imagen digital binarizada con el algoritmo modificado de Otsu, c) Umbral e histograma con la dispersión de sus vecinos.

En la figura 3 se puede observar como el umbral (línea vertical gris) se toma de referencia para identificar un mismo género y la distribución de los vecinos se utiliza como entradas a la red neuronal, existe una similitud visual del histograma entre las larvas del mismo género a pesar de una rotación notable del espécimen.

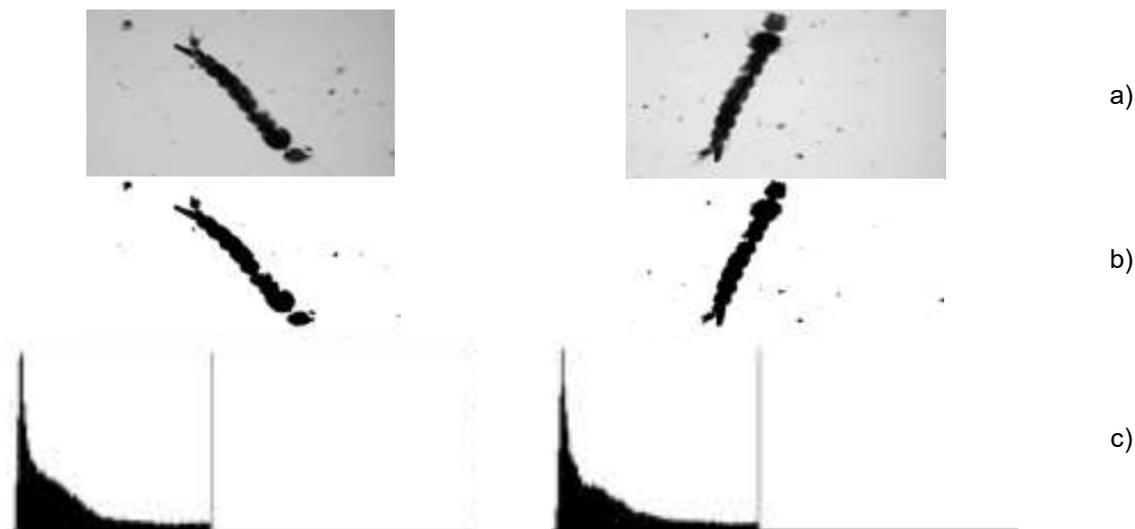


Fig. 4 a) Imágenes originales de larvas del género *Aedes sp.* con diferencias de rotación e iluminación, b) Imágenes binarizadas usando el método descrito, c) Histograma de cada imagen y el umbral calculado

Se realizaron pruebas con diferentes muestras del mismo género, en la figura 5 se puede observar diferentes tomas de la misma larva y su parecido con el histograma.

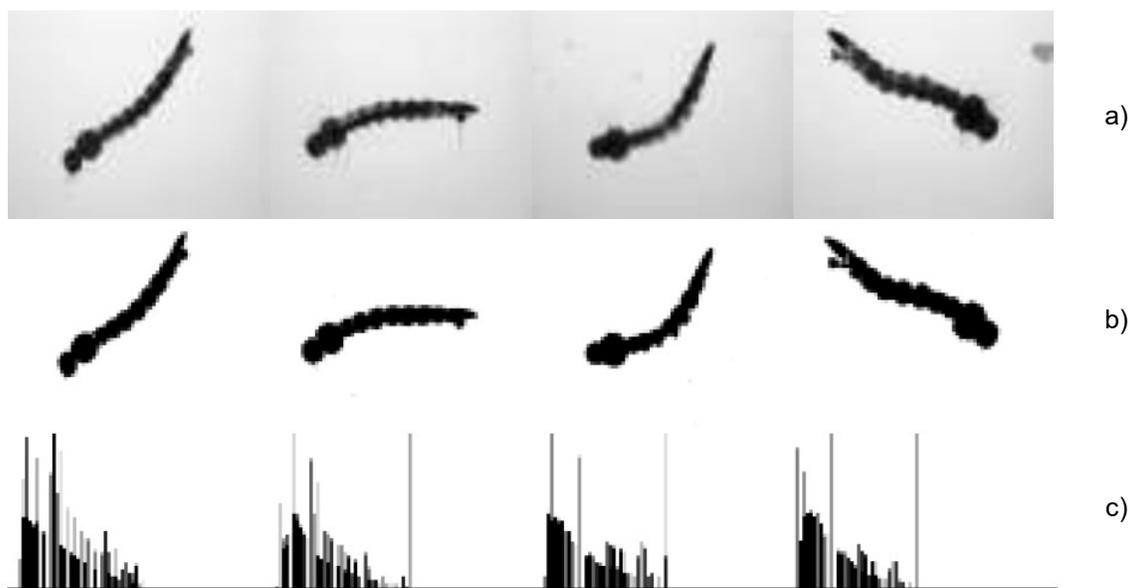


Fig. 4 a) Imágenes originales de diferentes especímenes. con diferencias de rotación e iluminación, b) Imágenes binarizadas usando el método descrito, c) Histograma de cada imagen y el umbral calculado



Se aplicó el método descrito a imágenes de larvas del género *Ochlerotatus sp.* y *Culex sp.* para comprobar la diferencia visual entre sus histogramas. En la figura 6 se puede observar las imágenes de diferentes géneros de larva y la diferencia entre sus histogramas. Se puede apreciar que las imágenes de los tres especímenes de diferente género son visualmente similares, a propósito, se eligieron imágenes capturadas con diferentes orientación e iluminación. Los histogramas calculados son fundamentalmente diferentes.

El valor del umbral calculado para cada género se mantiene para procesar las imágenes de la misma especie y cambia gradualmente entre las otras, lo que permite ser un dato de interés en la clasificación.

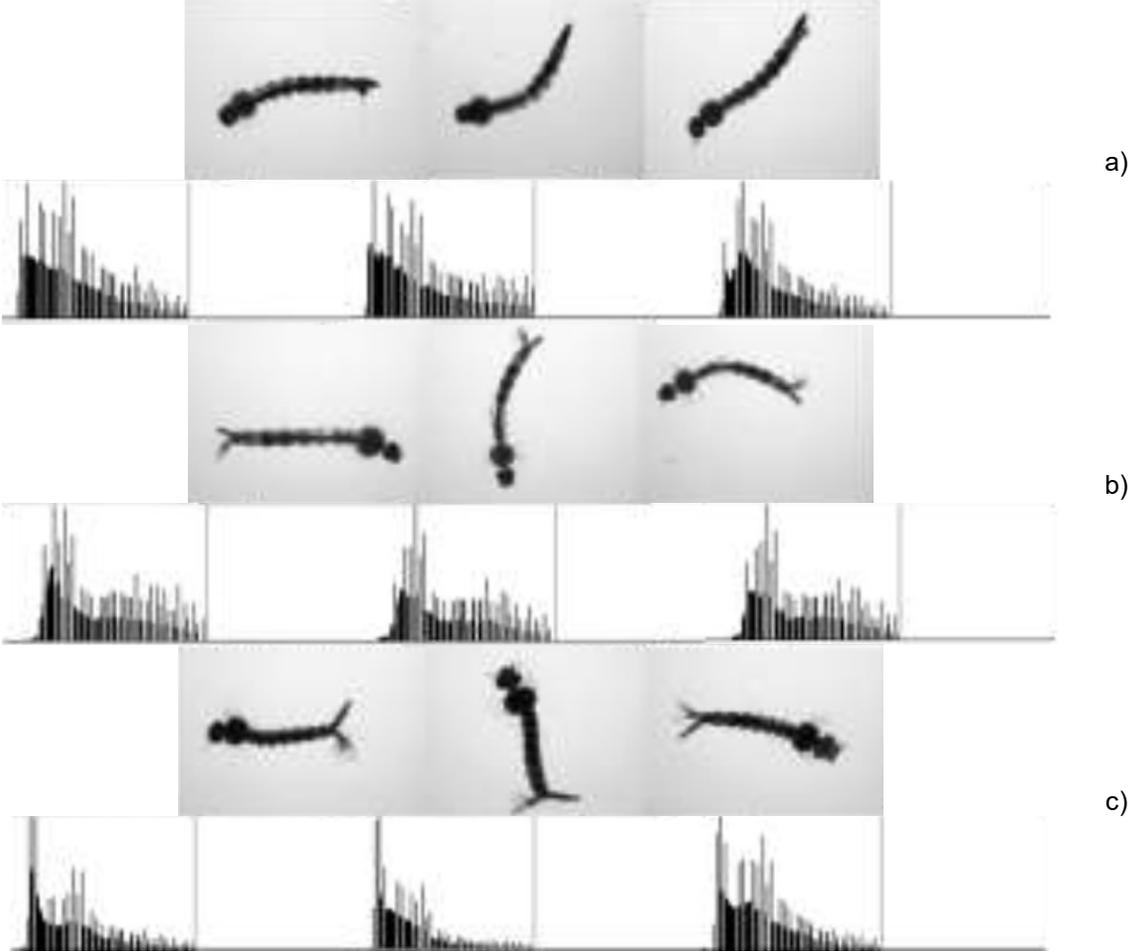


Fig. 4 a) Imágenes originales e histogramas de larvas *Aedes sp.*, b) Imágenes originales e histogramas de larvas *Ochlerotatus sp.*, c) Imágenes originales e histogramas de larvas *Culex sp.*



Con el histograma resultante de las imágenes procesadas con este método se toman de referencia para hacer una identificación con una red neuronal de retropropagación. Los valores que forman al histograma están distribuidos en un vector de 256x100 misma que funge como resolución de la imagen y entradas a la red más uno que es el valor del umbral.

La red neuronal se programó con diferentes características como se muestra en la tabla 1, para encontrar una óptima configuración que permita la identificación positiva. La arquitectura de la red neuronal quedó con la configuración en la Tabla 1 indicada como 1ª, las dos neuronas de salida indican si la imagen de entrada pertenece o no a la especie activándose correspondientemente cada neurona. Una modificación al entrenamiento y arquitectura al red haría que la red neuronal clasifique las tres especies en ejemplo.

Tabla 1: Parámetros de configuración de red neuronal de retropropagación para la identificación positiva de larvas *Aedes sp.*

| <b>Parámetro</b>                           | <b>1ª</b>          | <b>2ª</b>          | <b>3ª</b>          |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Neuronas de entrada</i>                 | 256                | 256                | 256                |
| <i>Capas ocultas</i>                       | 2                  | 2                  | 1                  |
| <i>Neuronas en cada capa oculta</i>        | 412 / 112          | 100 / 50           | 300                |
| <i>Neuronas de salida</i>                  | 2                  | 2                  | 2                  |
| <i>Factor de aprendizaje</i>               | 0.2                | 0.9                | 0.7                |
| <i>Función de activación</i>               | Sig                | Sig                | Sig                |
| <i>Error</i>                               | $2 \times 10^{-3}$ | $2 \times 10^{-3}$ | $2 \times 10^{-3}$ |
| <i>Porcentaje de identificación mínimo</i> | 92.5               | 90.0               | 85.6               |

Para realizar el entrenamiento se tuvo un repositorio de imágenes de larvas de diferentes especies tomadas con un mismo dispositivo en condiciones controladas para tener imágenes similares en iluminación y tamaño. Con un total 1,075 imágenes de las cuales se tomaron 336 imágenes de entrenamiento divididas en segmentos de 48 imágenes de 7 muestras diferentes y 175 imágenes de prueba dividido en 25 imágenes de 7 muestras diferentes. El sistema es capaz de reconocer las larvas sometidas a prueba activando una neurona para identificar si es o no la larva del género *Aedes sp.*

#### 4. CONCLUSIONES

El desarrollo presentado permite identificar positivamente larvas del género *Aedes sp.*, sin embargo, es sensible a imágenes con deficiente iluminación ya que el fondo de imagen suficientemente oscuro causaría falsos positivos o falsos negativos en la identificación. Si se realiza un preprocesamiento para eliminar el fondo de la imagen, el problema de identificación en imágenes con estas características se reduciría. Es posible afirmar que la aplicación del método descrita, permite el entrenamiento de la red neuronal utilizando imágenes sin normalización previa. Actualmente se desarrollan algoritmos para la extracción de características que permitan lograr la identificación y/o clasificación a nivel de especie.



CONACYT    CCADET    CIO    PUEBLA    INAFEG

**VII** CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD  
"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

**16-18**  
junio 2016  
Unidad de Seminarios, BUAP

UASLP    COORDINACIÓN ACADÉMICA REGIONAL AL PLANO    UANL    VICIP    BUAP    CENIT    TAB    N    JOSLYN    Surge Suppression Incorporated

## BIBLIOGRAFÍA

1. N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", IEEE Transactions on Systems Man Cybernetics, SMC-9, vol. 1, pp. 62-66. 1979.
2. Z. Yong Ju, Chun-Mei Su, P. Wang, "Binary segmentation algorithm for Unevenly illumination license plate image", International conference on Computer Science and Artificial Intelligence (ICCSAI 2013). 2013.
3. N. Sri Madhava Raja, S. Arockia Sukanyab, Y. Nikitaa, "Improved PSO based multi-level thresholding for cancer infected breast thermal images using Otsu", International Conference on Computer, Communication and Convergence (ICCC 2015), vol. 48, pp. 524-529. 2015.
4. A.K. Bhandaria, A. Kumara, G.K. Singhb, "Modified artificial bee colony based computationally efficient multilevel thresholding for satellite image segmentation using Kapur's, Otsu and Tsallis functions", Expert Systems with Applications, vol. 42, pp. 1573-1601. Feb 2015.
5. N.S. Madhava Raja, V. Rajinikanth, K. Latha, "Otsu Based Optimal Multilevel Image Thresholding Using Firefly Algorithm", Modelling and Simulation in Engineering, Article ID 794574, vol. 2014, pp 1-17. Jun 2014.