

Algoritmo de segmentación para imágenes reales para la clasificación de cetáceos

D. B. Trejo-Salazar^{1,2}, B. E. Carvajal-Gámez^{1,2} y F. J. Gallegos-Funes³

¹Escuela Superior de Cómputo, Instituto Politécnico Nacional,
Juan de Dios Bátiz s/n Professional U. Adolfo López Mateos, SEPI-ESCOM
Gustavo A. Madero, 07738, México DF

²Unidad Profesional en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, Instituto Politécnico Nacional,
Av. IPN no. 2580 Col. Barrio La Laguna Ticoman, 07340, México DF

³Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional,
Av. IPN s/n, ESIME SEPI-Electrónica, Lindavista, 07738, México DF

{dtrejo, becarvajal}@ipn.mx

Resumen La foto-identificación de los cetáceos se puede realizar mediante la observación de sus patrones de pigmentación y forma de la aleta caudal estas se realizan mediante fotografías, estos patrones se pueden ser observados a lo largo de toda la porción del lomo de la ballena. En esta investigación se presenta un algoritmo de segmentación de imágenes para la ayuda de la foto identificación de imágenes reales de la ballena azul en el mar de cortés, aplicando la técnica de la desviación media como umbral de selección de bordes y así como la transformada wavelet discreta (DWT) para la preservación de los detalles finos de la imagen a segmentar. Los resultados obtenidos se presentan en porcentaje de especificidad, sensibilidad y precisión.

Palabras clave: foto-identificación, transformada wavelet discreta, desviación media.

1. Introducción

Los mamíferos son un componente importante en los ecosistemas terrestre y marítimo, principalmente para los ecosistemas marítimos los cetáceos son de suma importancia, pero el conocimiento que se tiene acerca de estos es limitado [4, 8, 16]. Los océanos cubren el 70 % de la superficie de la Tierra, o dicho de otra manera, una superficie que suma el doble de la superficie de Marte o de la Luna. La identificación individual de las ballenas azules está basada en los patrones únicos de pigmentación y de la forma de su aleta dorsal. La identificación de estos individuos se puede realizar mediante la observación de sus patrones de pigmentación y forma de la aleta dorsal estas se realizan mediante la foto identificación, estos patrones se pueden ser observados a lo largo de toda la porción del lomo de la ballena.

La técnica de la foto identificación, aplicado a la ballena azul, ha mostrado ser útil para investigar los patrones de movimiento, y la estimación de la abundancia de la

población y las tasas de supervivencia a través de modelos de marca-recaptura. Una metodología popular para la extracción de características en los métodos de reconocimiento de patrones se puede dividir en dos categorías: métodos supervisados y métodos de supervisión. Los métodos supervisados utilizan un plano de tierra utilizado de referencia para la clasificación de los datos en base a las características dadas [6]. Estos métodos incluyen redes neuronales [7], la red neuronal de propagación hacia atrás [7], el análisis de componentes principales [7], clasificadores k-vecinos más cercanos [7], clasificación de crestas basada en primitivas [7], wavelet Gabor con clasificación supervisada mezclada con una función Gaussiana [7], los operadores de línea y clasificación de vector de soporte [7]. Los métodos no supervisados trabajan sin ningún conocimiento previo de etiquetado. Algunos de los métodos reportados son el algoritmo agrupación fuzzy C-means [7], algoritmo de agrupamiento en base radio (RACAL) [7], estimación de la máxima verosimilitud [7] y el umbral de entropía local con niveles de gris utilizando la matriz de co-ocurrencia [7].

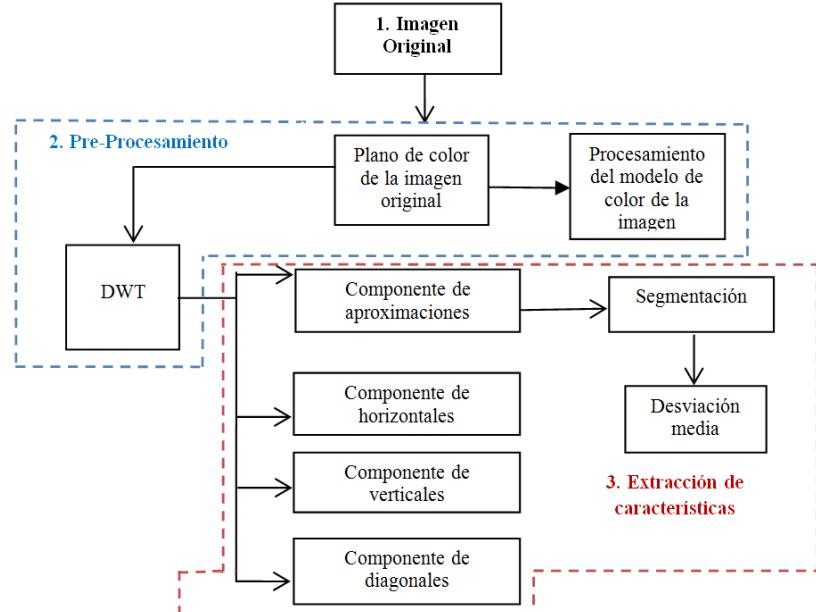


Fig. 1. Diagrama a bloques general del método propuesto.

La metodología de filtrado adaptado explota la aproximación lineal por tramos, la disminución en el diámetro del vaso a lo largo de la longitud vascular y la Gaussiana como perfil de intensidad utiliza un núcleo basado en una función Gaussiana o de sus derivados para mejorar las características de la imagen. El procesamiento morfológico identifica formas específicas, tiene la ventaja de la velocidad y la resistencia al ruido [6, 9, 11, 18]. Los operadores de morfología matemática [6, 12] y filtros combinados [3, 6, 14, 19, 20] son dos ejemplos de esta categoría. En la metodología de clasificación morfológica, destacan estructuras de la línea, como el operador de top-

hat [6, 9, 12]. El uso de la transformada wavelet es otra manera de mejorar las imágenes [10]. Dado que no existe un programa para la ayuda de la segmentación de las ballenas para la ayuda de la identificación y clasificación, esta se lleva a cabo de manera manual, lo cual puede resultar ser muy laborioso cuando el número de individuos es muy grande. El método propuesto en este trabajo es presentado en el diagrama a bloques general, Fig. 1. Se aplica un pre-procesamiento aplicando la transformada wavelet discreta (DWT), y un procesamiento final con la desviación media de cada una de las capas Roja, Verde, Azul (RGB) que integran la imagen, esto ayuda a la extracción de las características del cetáceo principalmente la aleta caudal cuidando evitar así la perdida de información importante para la identificación y clasificación de este.

El artículo está organizado como sigue: primero se presentó una introducción, en la sección 2 se describe el marco teórico, para el método propuesto, comenzando con una descripción de los rasgos importantes de la foto identificación de la ballena azul para su segmentación, siguiendo con información del formato de las imágenes con las que va a trabajar, continuando con la descripción matemática del método propuesto; en el punto 2.2 se describe de cómo se evaluará el algoritmo planteado, para corroborar si cumple con lo esperado. Continuando con la sección 2.3 donde se muestran los resultados obtenidos y finalizando con una valoración del trabajo propuesto.

2. Método propuesto

Las fotografías se tomaron con una cámara de 35 mm réflex EOS Canon con unos lentes de teleobjetivo de 70-300, con una película en blanco y negro. Dentro de la foto identificación de las ballenas azules, la aleta dorsal es de gran ayuda debida, a que esta se encuentra fuera del agua la mayor parte del tiempo. Existen diferentes tipos de aleta dorsal, como se podrá Figura 2:

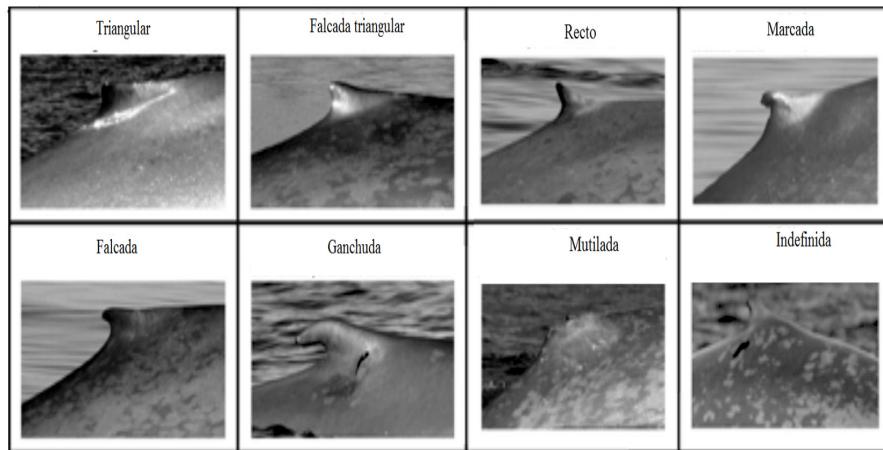


Fig. 2. Diferentes tipos de aleta dorsal.

2.1. Formación y tipos de imágenes

Una imagen puede considerarse como un objeto plano cuya intensidad luminosa y color puede variar de un punto a otro. Se pueden representar como una función continua $f(x, y)$ donde (x, y) son sus coordenadas y el valor de f es proporcional a la intensidad luminosa (nivel de gris) en ese punto Figura 3 [5].

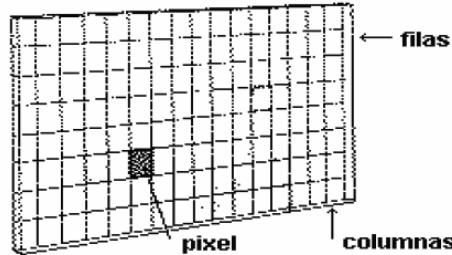


Fig. 3. Representación de una imagen.

La salida de este proceso pueden ser, o bien un único valor (escala de grises) o bien un vector con tres valores por polígono (RGB) que se corresponden con la intensidad de color rojo (R), verde (G) y azul (B) [5]. Una imagen puede considerarse como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto de la imagen y el valor del correspondiente elemento de la matriz indica el nivel de gris de ese punto. Los elementos de una distribución digital de este tipo se denominan elementos de la imagen o más comúnmente píxeles [5]. El método propuesto trabaja en el dominio wavelet y provee un análisis de los coeficientes wavelet en cada banda realizando la estimación del valor de la diferencia de cada pixel de las tres sub matrices de la descomposición de la imagen RGB convertida a escala de grises, identificando de esta manera las variaciones de intensidades de gris distinguiendo de esta manera las áreas donde los píxeles son considerados como ruido (bordes) [1, 2, 10, 17]. Ya que los coeficientes wavelet con gran energía corresponden a la variación abrupta como lo son bordes y texturas, la energía baja corresponde a las regiones lisas, durante el proceso de segmentación se compara el actual núcleo wavelet para encontrar un umbral para identificar las regiones con ruido dominante dentro de la escala. En el método propuesto aquí de segmentación, se propone el siguiente criterio siendo la imagen a segmentar la imagen adquirida por los investigadores del CICIMAR. La diferencia de valores entre cada pixel es elegido como umbral, aplicando así el siguiente criterio: si el valor del pixel del actual núcleo de los coeficientes wavelet es menor al umbral, entonces la respectiva área de la imagen anfitriona es considerada una zona con un valor menor que el de una zona que contiene altos relieves, entonces esta área colocando un 1, sobre esta imagen. De otra manera, los píxeles de esta área son considerados libres de ruido siendo este un valor 0. El método de segmentación es aplicado a cada canal de la imagen a segmentar (R, G, B), este algoritmo es mostrado en la Figura 4. Para el análisis de los coeficientes wavelet, se aplica una descomposición wavelet Haar. De los coeficientes wavelet de las aproximaciones (A) de la imagen a segmentar se calcula la desviación media usando un núcleo de 3x3,

Figura 5. La desviación media de los coeficientes en cada banda representa el nivel promedio de la señal en esta escala, y está dada por σ_{ij} ,

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{n * m} \left\| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{i,j} - \bar{x} \right\| \quad (1)$$

donde x_k es un elemento ij del actual núcleo, $n * m$ es el número de elementos de la muestra, y $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k$ es el valor medio del actual núcleo.

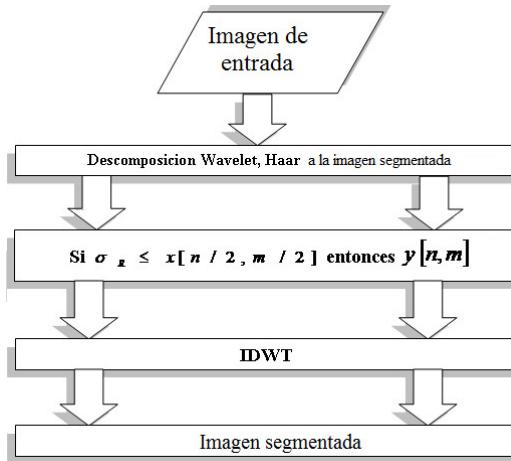


Fig. 4. Algoritmo de segmentación propuesto.

Se aplica la condición $\alpha_s \geq T$ en cada núcleo de las desviaciones estándar $\lambda_s = \sigma_{ij}$, si esta condición se satisface entonces esta área o región es considerada ruidosa y así en el núcleo respectivo de coeficientes wavelet CI_{sij} de la imagen anfitriona puede ser insertada la información a ocultar [1],

$$SI_{sij} = \begin{cases} HI_{ij} & \alpha_s \geq T \\ CI_{sij} & \text{de otra manera} \end{cases} \quad (2)$$

donde HI_{ij} y SI_{sij} son 1 y 0, respectivamente, y α_s es un tipo de ocultamiento propuesto en el método esteganográfico [7, 8],

$$\alpha_s = \text{MED}(\sigma_{ij}) \quad (3)$$

Aquí, $\text{MED}(\sigma_{ij})$ denota la mediana de las desviaciones medias del núcleo σ_{ij} .

El uso del estimador de mediana en la ecuación (3) representa el filtro mediano que tiene buenas propiedades para la supresión del ruido. De la Figura 4, el bloque de la redundancia en aproximaciones usa un nivel de descomposición con la wavelet Haar [1, 13, 15]. Este algoritmo desvanece las bajas frecuencias de la imagen a segmentar a través de una doble operación de convolución (primero de descomposición, y después la reconstrucción) de los coeficientes y muestras de la imagen, proveyendo más precisión al algoritmo de segmentación preservación de los detalles finos del método de segmentación.

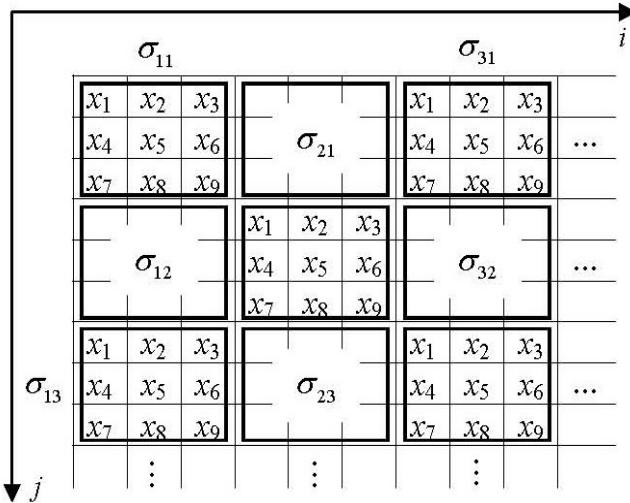


Fig. 5. Procedimiento para calcular la desviación estándar en cada núcleo de los coeficientes ij wavelet de la imagen anfitriona RGB.

2.2. Comparación de resultados obtenidos

El rendimiento del método propuesto se probó con imágenes reales tomadas en su hábitat natural de los cetáceos. Para ver el rendimiento del método propuesto en el desarrollo de las pruebas, se consideraron cuatro casos: dos clasificaciones y dos clasificaciones erróneas. Las clasificaciones son: el verdadero positivo (VP) en la que indica que el algoritmo de identificación decidió correctamente con el cetáceo (es el mismo), falso positivo (FP) en la que indica que el algoritmo de identificación no decidió correctamente (que son diferentes), verdadero negativo (VN) donde indica que el algoritmo de detección decidió correctamente que no es el mismo (si se trata de diferentes cetáceos), falsos negativos (FN) en la que indica que el algoritmo de detección decidió correctamente que se trata de diferentes cetáceos (que son la misma persona). Mediante el uso de estos indicadores se pueden obtener medidas de rendimiento como la sensibilidad, especificidad, valores predictivos y exactitud de la ecuación (6), la ecuación (7) y la ecuación (8) [6, 7]:

$$TRP = TP / \text{conteodepixeles} \quad (4)$$

$$FPR = FP / \text{noconteodepixeles} \quad (5)$$

$$Especificidad = TN / (TN + FP) \quad (6)$$

$$Sensibilidad = TP / (TP + FN) \quad (7)$$

$$Precision = (TP + TN) / \text{pixeles totales} \quad (8)$$

$$PPV = TP / (TP + FP) \quad (9)$$

La tasa verdaderos positivos (TVP) representa la fracción de píxeles correctamente detectados, ecuación (4), tasa de falsos positivos (TFP), ecuación. (6) es la fracción de píxeles detectados erróneamente como parte del cetáceo tomando en cuenta el fondo de la imagen. La precisión (ACC), la ecuación (7), se mide por la relación entre el número total de píxeles clasificados correctamente (suma de los verdaderos positivos y verdaderos negativos) por el número de píxeles de la imagen. Sensibilidad (SN) refleja la capacidad de un algoritmo para detectar los píxeles, ecuación (6). Especificidad (SP) es la capacidad de detectar píxeles no pertenecientes al objeto a segmentar, se puede expresar como la ecuación (5). El valor predictivo positivo (VPP) o la tasa de precisión, da la proporción de píxeles identificados que son verdaderos [6, 7], ecuación (8). Las imágenes de color de los cetáceos presentan una dimensión arbitraria ya que los investigadores de estos animales no tienen estandarizados las medidas. A continuación se presentan los resultados obtenidos por este método propuesto de segmentación.

2.3. Experimento para el método propuesto

Las tablas 1, 2 y 3 presentan los resultados comparativos para las imágenes adquiridas a través de la base de datos proporcionada por el CICIMAR que consta de 750 fotografías. En la tabla 1, se presenta los resultados obtenidos a partir del método propuesto para la imagen segmentada #1 “Aleta ganchuda”. La Figura 6 muestra los resultados obtenidos de este “Aleta ganchuda”. En adición se presenta las imágenes e histogramas obtenidos a partir de este método.

Tabla 1. Resultados para la imagen “Aleta ganchuda” con el método propuesto.

Criterio	Método propuesto
Especificidad(%)	84.79
Sensibilidad(%)	70.0
Precisión(%)	84.79

Tabla 2. Resultados para la imagen “Aleta falcada clara” con el método propuesto.

Criterio	Método propuesto
Especificidad(%)	73.49
Sensibilidad(%)	98.90
Precisión(%)	98.90

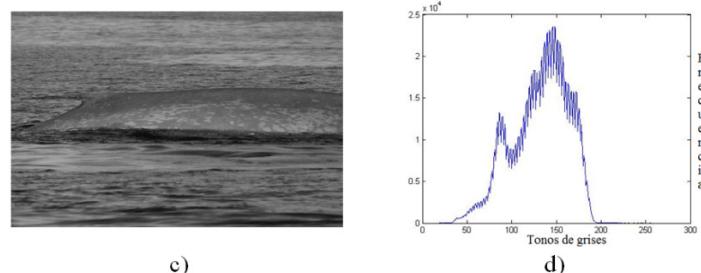
Tabla 3. Resultados para la imagen “Aleta falcada striped” con el método propuesto.

Criterio	Método propuesto
Especificidad(%)	37.89
Sensibilidad(%)	96.90
Precisión(%)	96.90



a)

b)



c)

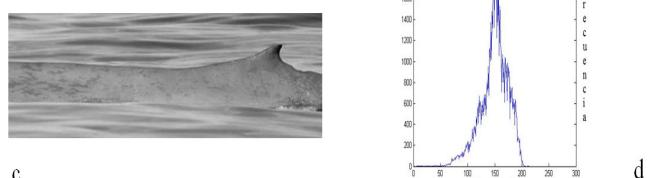
d)

Fig. 6. Experimento 1. a) Imagen original “Aleta ganchuda”, b) imagen segmentada, c) imagen original en escala de grises, d)histograma de la imagen a segmentar.



a

b



c

d)

Fig. 7. Experimento 2. a) Imagen original “Aleta clara falcada”, b) imagen segmentada, c) imagen original en escala de grises, d)histograma de la imagen a segmentar.

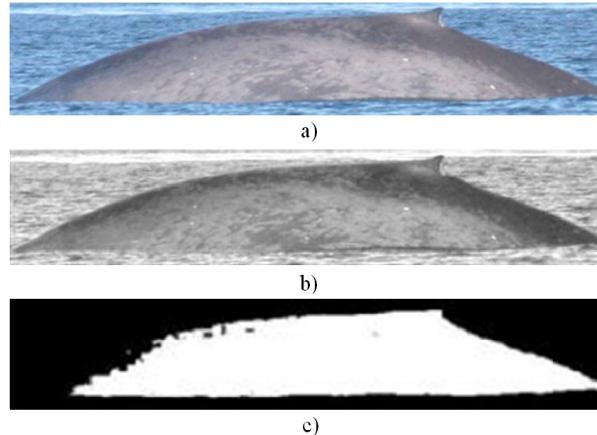


Fig. 8. Experimento 3. a) Imagen original “Aleta falcada striped”, b) imagen segmentada, c) imagen original en escala de grises, d) histograma de la imagen a segmentar.

3. Discusión

El algoritmo aquí propuesto para la segmentación de imágenes reales, dio resultados satisfactorios. Estos servirán para poder identificar el tipo de aleta de la ballena azul. Este algoritmo se irá perfeccionando para que la segmentación llegue a tener una eficiencia mucho más grande que la expuesta en este trabajo. De los resultados experimentales expuestos en este artículo, se puede ver que el método propuesto provee una mejor calidad en la segmentación de imágenes reales, explícitamente de los cetáceos en su hábitat natural. En los resultados visuales subjetivos mostrados en las Figuras 6, y 7, se puede observar que las imágenes segmentadas conservan las características principales de la forma de su aleta, siendo esto de utilidad para finalmente realizar la identificación de estas en un sistema autónomo. Siendo la Figura 8 la más baja en cuestión de medida de sensibilidad se refiere. El algoritmo tendrá que ir mejorando en el avance de la investigación para mejorar las condiciones ruidosas que son naturales en medios naturales en donde se desenvuelven los cetáceos.

4. Conclusión

El método propuesto para la segmentación de imágenes usa la desviación media aplicada en la componente de aproximaciones de la DWT, para proveer una medida de especificidad, sensibilidad y precisión mucho mayor mostrada en el trabajo [2].

El umbral basado en la desviación media mejora la técnica de segmentación [2] preservando así los detalles finos en las imágenes tratadas. Aún falta detalles a considerar para lograr finalmente una sensibilidad superior obtenida en la Tabla 3 de este trabajo.

Agradecimientos. El equipo de trabajo agradece al IPN y a CONACYT en general por el soporte de esta investigación.

Referencias

- 1 Carvajal-Gámez, B.E., Gallegos-Funes, F.J., López-Bonilla, J.L.: Método simple de ocultamiento de datos para imágenes RGB basado en Estimación de la Varianza. COMIA (2012)
- 2 Carvajal-Gámez, B.E., Gallegos-Funes, F.J., Casas-Pérez, C., Muñoz-Pérez, C., Reyes-Morales, A., Gendron, D., Hernández-Pérez, A., Algoritmo de segmentación de imágenes reales de la ballena azul en el mar de Cortes. CNIES (2012)
- 3 Chaudhuri, S., Chatterjee, S., Katz, N., Nelson, M., Goldbaum, M.: Detection of Blood Vessels in Retinal Images Using Two-Dimensional Matched Filters. IEEE Transactions On Medical Imaging, vol. 8, No. 3, pp. 263-269, September (1989)
- 4 Croll, D.A., Gendron, D.: An integrated approach to the foraging ecology of marine birds and mammals. Deep-Sea Research II, vol. 45, pp: 1353-1371, 1998
- 5 De la Rosa-Flores, R.: Procesamiento de imágenes digitales. Semana de la informática, Instituto Tecnológico de Puebla, (2007)
- 6 Fathi, A., Naghsh-Nilchi, A.R.: Automatic wavelet-based retinal blood vessels segmentation and vessel diameter estimation. Biomedical Signal Processing and Control. vol. 8, pp: 71-80, Enero (2013)
- 7 Fraz, M.M., Barman, S.A., Remagnino, P., Hoppe, A., Basit, A., Uyyanonvara, B., Rudnicka, A.R., Owen, C.G.: An approach to localize the retinal blood vessels using bit planes and centerline detection. Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol. 108, pp: 600-616, Noviembre (2012)
- 8 Gendron, D., Ugalde-de la Cruz A.: A new classification method to simplify blue whale photoidentification technique. Journal of Cetacean Research and Management, vol. 12, pp: 79-84 (2012)
- 9 Kumar, A., Kumar-Gaur, A., Srivastava, M.: A Segment based Technique for detecting Exudate from Retinal Fundus image. Procedia Technology, vol. 6, pp:1-9 (2012)
- 10 Livens, S., Scheunders, P., Van de Wouwer, G., Van Dyck D.: Wavelets for Texture Analys. Image processing and its applications, vol. 2 , pp:581-585 (1997)
- 11 Marín, D., Aquino, A., Gegúndez-Arias, M.E., Bravo, J.M.: A New Supervised Method for Blood Vessel Segmentation in Retinal Images by Using Gray-Level and Moment Invariants-Based Features. IEEE Transactions On Medical Imaging, Vol. 30, pp:146-158 (2012)
- 12 Mendonca, A.M., Campilho, A.: Segmentation of retinal blood vessels by combining the detection of centerlines and morphological.