



Universidad de Carabobo
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología
Departamento de Matemática



Artículos:

1. Estadístico de separabilidad en segmentación de imágenes IVUS

2. Criterio de clasificación de datos usando programación matemática

Producción intelectual presentada ante la ilustre Universidad de Carabobo por el Prof. Anthony D. Cho L. como requisito para ascender a la categoría de Profesor Asistente.

Naguanagua, Diciembre 2014



VEREDICTO

Quienes suscriben, profesores Saba Infante (Coordinador), Carlos Cadenas y Aldo Reyes; miembros del Jurado designado por el Consejo de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, en su Reunión Ordinaria N° 17/2014 de fecha 06/11/2014, para examinar la Producción Intelectual Acreditada presentada por el Profesor Anthony Cho, C.I. 16.579.835, como credencial de mérito para ascender a la categoría de Profesor Asistente conformada por los artículos titulados:

1. "Estadístico de Separabilidad en Segmentación de Imágenes IVUS" .
2. "Criterio de Clasificación de datos usando Programación Matemática"

con la finalidad de dar cumplimiento a lo estipulado en el Estatuto del Personal Docente y de Investigación de la Universidad de Carabobo, dejamos constancia de lo siguiente:

- A. Según se evidencia en tales publicaciones y en constancias anexas, esta producción intelectual es novedosa, ha sido generada durante el tiempo en que el profesor Anthony Cho permaneció en la categoría anterior y no la ha utilizado para otro fin, conforme a lo estipulado en el Artículo 190 del estatuto.
- B. Según se evidencia en constancias anexas, el profesor Anthony Cho es autor principal de las publicaciones que presenta conforme lo estipulado en los artículos 192, y 195 del estatuto.
- C. La producción intelectual presentada por el profesor Anthony Cho cumple con holgura lo estipulado en el numeral 1, del artículo 197 porque los dos artículos presentados se publicaron en una revista tipo "C" : Memorias del XII congreso Internacional de métodos numéricos en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Cimenics 2014.

Luz de una tierra inmortal...

Campus Bárbula, entrada Arco, Departamento de Matemáticas, Teléfono (0241)6004000 ext. 315163, 315188, fax ext.315162

E-mail: matematicafacyt@uc.edu.ve.

*Naguanagua Edo. Carabobo
Venezuela*

Universidad De Carabobo



Departamento de Matemáticas

Habiendo cada miembro del Jurado y verificada la validez cuantitativa y cualitativa del mismo presentada por el profesor Anthony Cho, el Jurado decidió por unanimidad su Aprobación como credencial de mérito para ascender a la categoría de profesor Asistente.

En Naguanagua a los diecisiete días del mes de Noviembre del año dos mil catorce.

Saba Infante
C. I. 8.795.671

Coordinador

Aldo Reyes
C. I. 7.059.903

Carlos Cadenas
C. I. 7.106.822

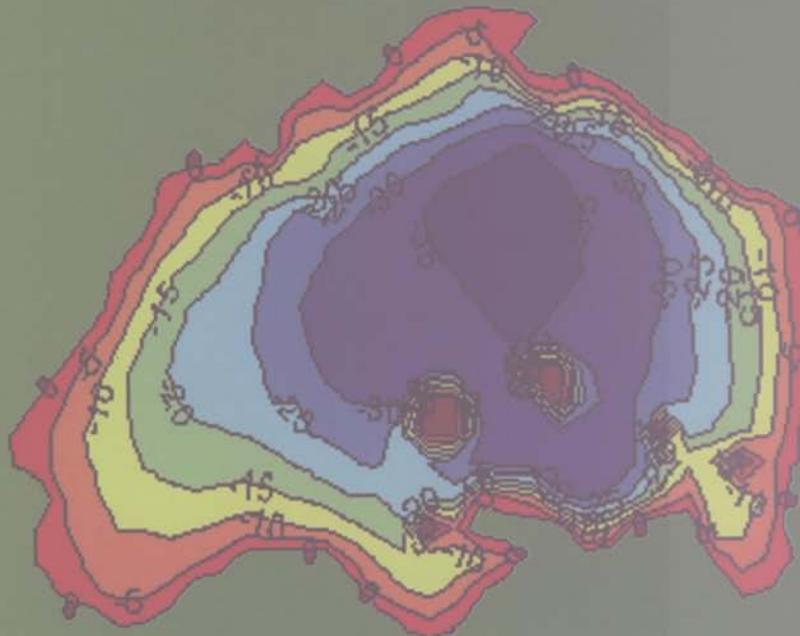
Luz de una tierra inmortal...

Campus Bárbula, entrada Arco, Departamento de Matemáticas, Teléfono (0241)6004000 ext. 315163, 315188, fax ext.315162
E-mail: matematicafacyt@uc.edu.ve
Naguanagua Edo. Carabobo
Venezuela

Artículo N° 1

**Estadístico de separabilidad en segmentación
de imágenes IVUS**

INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS: Modelos Matemáticos y Computacionales



Editores

E. Dávila, J. Del Río, M. Cerrolaza, R. Chacón

SOCIEDAD VENEZOLANA DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA

MEMORIAS DEL XII CONGRESO INTERNACIONAL DE
MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
CIMENICS'2014
ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA, 24 al 26 de marzo de 2014

INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS: MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES

Editores

E. DÁVILA, J. DEL RÍO, M. CERROLAZA

Instituto Nacional de Bioingeniería

Universidad Central de Venezuela

R. CHACÓN

Universidad de Los Andes



**SOCIEDAD VENEZOLANA DE
MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA**
Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela

INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS: MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES

Primera edición: marzo de 2014

© 2014 SVMNI

© 2014 Los Editores

Diseño de la portada: Vanessa Duarte/Liseth Valencia
Instituto Nacional de Bioingeniería
Universidad Central de Venezuela

Solicitud de ejemplares a: Sociedad Venezolana de Métodos Numéricos en Ingeniería
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela
☎ +58 (0)212 285.2827 / 285.9608 / 286.8094 / 286.4534

Impresión: Miguel Ángel García & Hijos, Caracas, Venezuela

La figura en la portada del libro es cortesía de M. Valera, J. Guevara y J. León, y corresponde a una batimetría del Lago de Valencia considerando la velocidad y dirección del viento alrededor del lago.

Nada de este libro puede ser reproducido, almacenado en un sistema de información mecánico o electrónico, fotocopiado, grabado o transmitido sin la autorización escrita de la SVMNI o de los editores.

ISBN: 978-980-7161-04-6

*Ingeniería y ciencias aplicadas: modelos
matemáticos y computacionales*

Evaluación numérica por elementos finitos de materiales propuestos para la fabricación de una prótesis de pie usando moldeo por inyección de plástico <i>O. Pelliccioni, C. Müller-Karger, M. Candal</i>	49
Diseño y construcción de un dispositivo para mediciones de fuerza muscular en un distractor alveolar <i>J. Cedeño, W. Carrero, M. Cerrolaza</i>	55
Modelo numérico de una unidad funcional vertebral con propiedades anisotrópicas del disco intervertebral <i>A. Lammardo, L. Zambrano, C. Müller-Karger</i>	61
Communities detection in different protein-protein interaction networks using the Louvain method <i>C. Sanz, A. Álvarez, J. Cabrera</i>	67
Estimación de datos faltantes en registros continuos de glucosa: un enfoque basado en representación poco densa mediante diccionarios redundantes <i>J. Ramírez, J. Paredes, R. Rojas</i>	73
Simulación numérica por elementos finitos de la fabricación de una prótesis de pie usando moldeo por inyección de plástico. Revisión de los materiales <i>M. Candal, O. Pelliccioni, C. Müller-Karger</i>	79
Estudio de la coherencia y la correlación entre la frecuencia cardíaca y la despolarización y repolarización ventricular en sujetos diabéticos <i>M. Rodríguez, M. Altuve, B. Guerra, A. Adrianza, S. Wong</i>	85
Análisis por el método de elementos finitos del comportamiento mecánico de placas ateroscleróticas humanas modificadas con nanotubos de carbono <i>O. Pelliccioni, J. Bustamante, L. Hoyos</i>	91
Estudio detallado del llenado ventricular <i>B. Sánchez, R. Rojas</i>	97
Numerical study (FEA & CFD) of abdominal aortic aneurysms to predict risk of rupture - The role of porosity of the thrombosis <i>O. Altuwajri</i>	103
Comparación del análisis de esfuerzos de tres modelos de implantes cigomáticos a través de elementos finitos <i>J. Valera, M. Berroterán, A. Lammardo, C. Müller-Karger</i>	109

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES (PI)

Estimación de descriptores de la función ventricular derecha en imágenes de tomografía cardíaca <i>M. Vera, R. Medina, A. Bravo, A. del Mar, O. Valbuena</i>	1
Gesture-gross recognition of upper limbs to physical rehabilitation <i>J. Ojeda, E. Ramírez, F. Moreno, O. Rodríguez</i>	7
Detección de zonas de activación en datos fMRI mediante umbralización del mapa estadístico basada en el Modelo Gaussiano Generalizado <i>B. Guillén, J. Paredes, R. Medina</i>	13
Design and development of a low-cost rehabilitation data glove <i>J. Ojeda, E. Ramírez, C. Mena, O. Rodríguez</i>	19

Evolution rules of deterministic cellular automata for multichannel segmentation of brain tumors in MRI <i>A. Rueda, R. Carmona, M. Martín, W. Torres</i>	25
Unsupervised segmentation of multispectral images with cellular automata <i>W. Torres, A. Rueda</i>	31
Estimación del movimiento cardíaco mediante flujo óptico usando la norma L1 en un modelo poco denso <i>E. Ibarra, R. Medina</i>	37
MRI spatial distortion evaluation and assessment for stereotactic radiosurgery <i>J. Mielgo, M. Martín, W. Torres</i>	43
Software para el reconocimiento de patrones de trayectorias atípicas en videos de vigilancia. Caso de estudio: Universidad Nacional Experimental del Táchira <i>G. Colmenares, D. Ramos, M. Molina</i>	49
Segmentación de imágenes dermatoscópicas en el espacio CIELAB utilizando filtros morfológicos SML <i>W. Torres, M. Martín, M. Torreyes, M. López</i>	55
Tissue classification in oncological PET/CT images <i>J. Aponte, D. Grande, W. Torres, M. Martín</i>	61
Determinación por medio del procesamiento de imágenes y redes neuronales artificiales de la calidad del hierro reducido para fabricar briquetas <i>J. Maldonado, E. Lobo, L. Cueto</i>	67
Estadístico de separabilidad en segmentación de imágenes IVUS <i>A. Cho</i>	73

OPTIMIZACIÓN (OP)

Prediction of attenuation by rain in satellite links operating in the band KA for the climatic conditions of Venezuela <i>M. Vásquez, N. Pérez</i>	1
Resolución del problema de planificación de proyectos de software mediante búsqueda tabú y optimización por colonia de hormigas <i>N. Ramírez, D. Nimo, J. Amaya, M. Bernal</i>	7
Modelo espacio temporal lineal dinámico para estimar datos faltantes usando el algoritmo EM con el filtro de Kalman de ensamble suavizado en series de precipitación diaria <i>L. Sánchez, S. Infante</i>	13
Diseño de un controlador difuso óptimo mediante el método de patrón de búsqueda <i>P. Tremante, E. Brea</i>	19
Spatio-temporal dynamics of weighted coupled rotation maps reveals clusters and hierarchies in graphs <i>A. Álvarez, J. Cabrera</i>	25
Control por modo deslizante que se habitúa para la regulación de glucosa sanguínea en la UCI <i>R. Rojas</i>	31
Optimization of the response time in a multicast audio conference by using a genetic algorithm and concurrent programming <i>C. Moreno, M. Álvarez</i>	37

ESTADÍSTICO DE SEPARABILIDAD EN SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES IVUS

Anthony D. Cho

adcho@uc.edu.ve

Universidad de Carabobo, Bárbula, Carabobo-Venezuela

Resumen. *Los métodos para detección de bordes han sido ampliamente estudiado en las imágenes sin ruido, permitiendo resaltar dichos atributos sin ningún problema. En las imágenes que contienen ruidos, los métodos clásicos fallan generalmente. Para estos se han diseñados varias estrategias para detectar los bordes; en esta investigación estudiaremos el método estadístico de separabilidad para extraer los bordes de un objeto en una imagen y se harán comparaciones en varias perspectivas de ángulos de rotación sobre dicho método.*

Palabras clave: Detección de bordes, estadístico de separabilidad, imágenes de ultrasonido intravascular.

1 Introduction

El ultrasonido intravascular (*IVUS*) es una modalidad de imagen médica empleada para analizar la estructura interna del vaso sanguíneo y visualizar la pared interna de la misma. Las imágenes de las arterias coronarias son las más frecuentes en *IVUS*, permitiendo identificar la dimensión del flujo sanguíneo y la placa aterosclerótica. Dicha placa es generada por la acumulación de sustancias lipídicas en las paredes de las arterias. A pesar de ser un método invasivo, es una de las mejores técnicas para evaluar el estado de las paredes de las arterias. Los métodos de segmentación tradicionales no proporcionan buenos resultados debido a la sensibilidad inducida por el ruido presente en las imágenes *IVUS*.

Alshennawy et al. [5] definen un método basado en estrategia de razonamiento usando lógica difusa para la detección de bordes en imágenes digitales sin la necesidad de determinar un umbral o usar un algoritmo de entrenamiento. El método consiste en segmentar la imagen en regiones usando una matriz de tamaño 3x3 y un sistema de inferencia difusa directa que mapea un rango de valores distintos entre ellos dentro la matriz para detectar el borde. Este trabajo no se probó con imágenes médicas, pero los resultados para la detección de bordes son satisfactorios usando funciones de pertenencia (*membership functions*). Dicha función es una representación matemática del grado de pertenencia de un valor x a un conjunto difuso A .

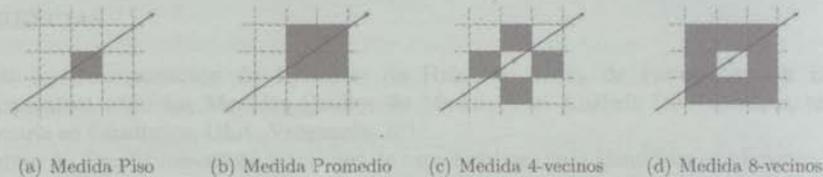


Figura 1: Tipos de medidas

Otros trabajos, Kubota et al. [2], Shen et al. [3], Takanori et al. [4], hacen el uso del método estadístico de separabilidad en las imágenes de ultrasonidos para la detección de bordes, el cual consiste en definir dos regiones que pueda limitar el borde, así como lo muestra en la Fig. 3a.

Los artículos mencionados [2, 3, 4] aplican el método estadístico de separabilidad en un solo ángulo de orientación. Dado que los bordes no tiene una forma bien definida, hace que la detección de los bordes usando un solo ángulo no describa de forma muy eficiente. En este trabajo se pretende mejorar y comparar los resultados para la detección de bordes usando más ángulos de orientación, para ser más específico, 3 y 4 ángulos de orientación que son: $0 - 45 - 135$ y $0 - 45 - 90 - 135$, respectivamente.

2 Definición de las medidas

En esta sección se definen algunas medidas que son de utilidad para la transformación de la vista polar a vista cartesiana que se mencionará en el siguiente sección. Tales medidas son: **Medida Piso**: hace el uso del operador de truncamiento $\lfloor x \rfloor$, donde x es un valor real, sobre cada elemento de un par ordenado (x, y) , retornando el valor de densidad la posición resultante del truncamiento. Así como lo muestra en la Fig. 1a. **Medida Promedio**: consiste en calcular el promedio de los valores de densidad usando los operadores de redondeo: correcto y truncamiento; sobre cada elemento de un par ordenado (x, y) . Haciendo las referencias de las celdas como aparece en la Fig. 1b. **Medida 4-vecinos**: calcula el promedio entre los vecinos: superior, inferior, izquierdo y derecho; de un píxel x como lo ilustra en la Fig. 1c. **Medida 8-vecinos**: determina el promedio de los vecinos alrededor de un píxel en una vecindad de 3×3 tal como lo presenta en la Fig. 1d.

3 Transformación vista polar a vista cartesiana

Esta sección describe la aplicación de una transformación a la imagen *IVUS*, el cual consideramos como una representación en vista polar, a una imagen en vista cartesiana. Así como lo muestra en la Fig. 2.

En la transformación hacemos el uso de una de las medidas que se mencionó en la sección anterior. Ya que es necesario hacer una correspondencia del valor de densidad entre la imagen *IVUS* (fig 2-izquierda) y la imagen en vista cartesiana (fig 2-derecha) debido a la discretización del radio desde centro del catéter hacia el extremo del vaso sanguíneo. La imagen resultante tiene como dominio el ángulo de recorrida de $0-360$ grados y el rango es el radio de la imagen *IVUS*.

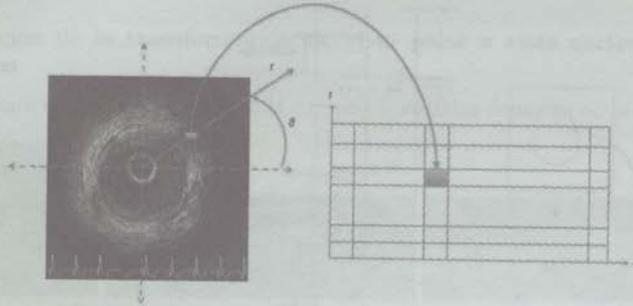


Figura 2: Esquema de transformación de vista polar a vista cartesiana

4 Filtrado de separabilidad estadístico

El método de separabilidad estadístico consiste en definir un borde no como un punto donde la intensidad cambia, sino como una región de frontera donde la intensidad de una imagen en una región local son separables, así como lo muestra en la Fig. 3a.

4.1 Definición de separabilidad

Visualizando la Fig. 3a, una región local de tamaño $Mw \times Mh$ está conformado por dos regiones más pequeñas que lo denominan como región 1 y región 2. La separabilidad η puede ser calculada por medio del análisis de discriminante lineal usando la información de las regiones 1 y 2. Las fórmulas vinculadas al método son las siguientes:

$$\eta = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_T^2}; \quad \sigma_b^2 = n_1(\bar{P}_1 - \bar{P})^2 + n_2(\bar{P}_2 - \bar{P})^2; \quad \sigma_T^2 = \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \quad (1)$$

Donde P_i es una intensidad de la imagen en el píxel i . \bar{P}_1 y \bar{P}_2 son los promedios de las intensidades de la imagen en las regiones 1 y 2, respectivamente. \bar{P} es el promedio de las intensidades para la región local combinada; n_1 y n_2 son los números de píxeles en la región 1 y 2, respectivamente. N es el número de píxeles en la región combinada ($n_1 + n_2$). Cuando σ_T^2 es menor a una constante σ_L^2 se define $\eta = 0$, dicha constante σ_L^2 se conoce como constante de umbral para la extracción de borde.

4.2 Características de la separabilidad

Por la definición de separabilidad, en la Fig. 3b muestra la caracterización de algunas curvas con sus valores de separabilidad η . Mientras η sea mas cercano a 1, mayor posibilidad de que el píxel pertenezca a un borde.

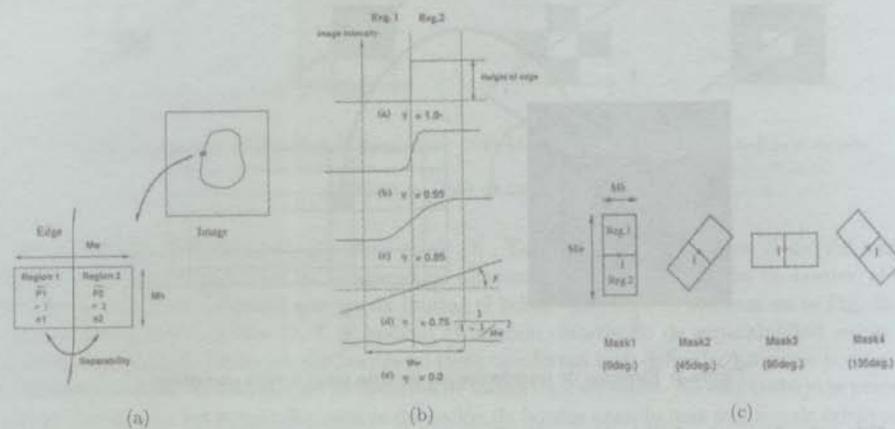


Figura 3: a) Región de separabilidad, b) características de separabilidad y c) rotaciones de las máscaras - Fuente extraída de Kazuhiro Fukui [1]

4.3 Tamaño de las regiones

La escogencia del tamaño de la región no es única ya que el usuario tiene la libertad de definir los parámetros de la dimensión de dicha región. Debido a la característica del método de separabilidad podemos limitar los parámetros de la región tal que $Mh \ll Mw$, esta condición puede proporcionar mejora en el resultado por efecto de los ángulos de rotación.

4.4 Algoritmo de extracción de borde

El trabajo presente hace una variación del enfoque de los artículos [2, 3, 4] adicionando otros ángulos de perspectivas, ya que dichos artículos se enfocan en un solo ángulo. Por esto, se pretende mejorar la detección de los bordes y comparar los valores de η para cada ángulo.

Para extraer el borde de una imagen dada en un píxel i , se usan un conjunto de máscaras diferentes, así como lo muestra en la Fig. 3c. El cual consiste de cuatro máscaras ordenadas desde el ángulo 0 hasta el ángulo 135 y el tamaño de las dos mascarar es $Mw \times Mh$. Los principales pasos para la extracción son las siguientes: 1) Fijar los cuatros mascarar en el píxel i ; 2) Calculamos para cada máscara usando las ecuaciones 1; 3) Determinamos la intensidad y la dirección de un borde por la máscara que contenga mayor valor de η entre los cuatros mascarar y 4) Movemos las mascarar al próximo píxel.

5 Resultados y conclusión

Durante el proceso para la obtención de los resultados, es necesario considerar fijar los parámetros como: tipo de medida y tamaño de la mascara para el método de separabilidad estadístico. En la prueba se consideró el tamaño de la mascara de $Mw = 60$ y $Mh = 3$ y se hizo corrida usando todas

las medidas definidas en la sección 2 que luego son comparadas entre ellas, después seleccionar el mejor de las estrategias. Entre los resultados de las aplicaciones, tenemos:

5.1 Aplicación de la transformación de vista polar a vista cartesiana usando las medidas

Presentaremos un *frame* aplicando cada una de las medidas definidas en la sección 2, Fig. 4.

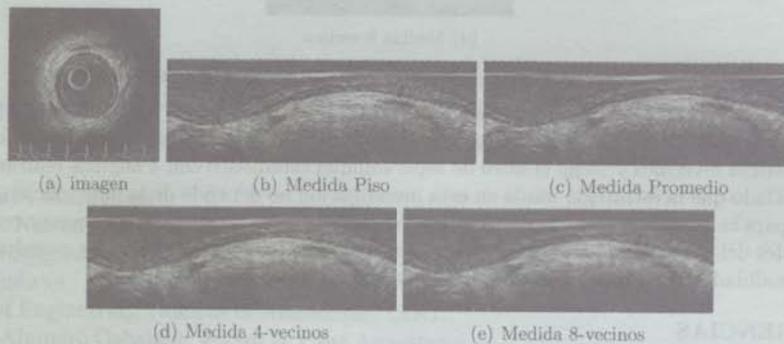


Figura 4: Vista cartesiana

En las imágenes resultantes podemos notar que en la Fig. 4 desde a) hasta e) , las imágenes tiende a suavizar más el ruido presente en la imagen *IVUS*.

5.2 Aplicación del filtro de separabilidad estadístico

Usaremos el filtro de separabilidad estadístico en las imágenes en vista cartesiana de la Fig. 4.

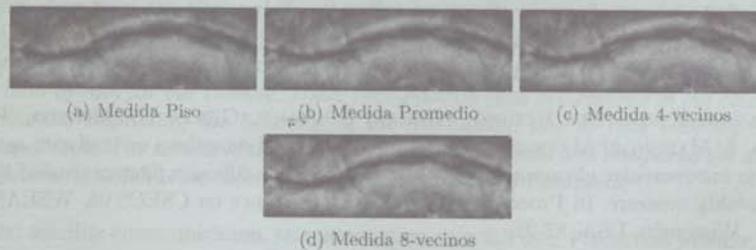


Figura 5: Aplicación de separabilidad con ángulos: 0-45-135 a las imágenes de la Fig. 4

Por la característica del filtro de separabilidad estadístico, los píxeles con mayor valor de densidad son candidatos a formar parte de un borde.

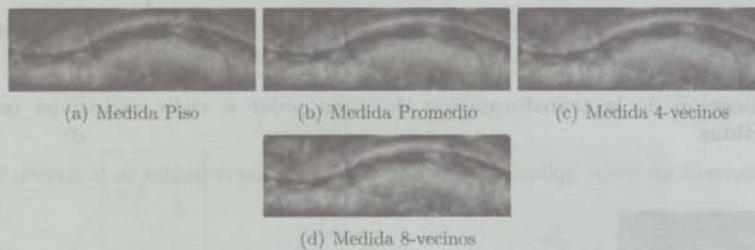


Figura 6: Aplicación de separabilidad con ángulos: 0-45-90-135 a las imágenes de la Fig. 4

Analizando las imágenes de Fig. 5 y Fig. 6; podemos percatar que usando la transformación con la medida 8-vecinos y luego el filtro de separabilidad estadístico con 4 ángulos realzan más los bordes. Dado que la estrategia usada en esta investigación no depende de la intervención de algún usuario para la aplicación de la metodología, se puede establecer futuros trabajos como: reconstruir las paredes del vaso sanguíneo, determinar aproximadamente el espesor entre las paredes y otras; con la finalidad de asistir al experto en su diagnóstico.

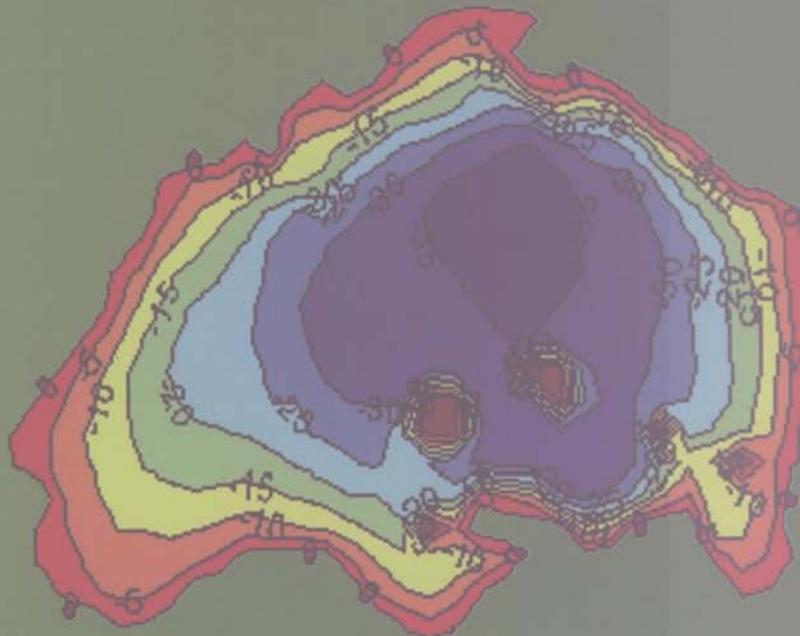
REFERENCIAS

- [1] KAZUHIRO FUKUI. Edge Extraction Method Based on Separability of Image Features. *In Proceedings of IAPR Workshop on Machine Vision Applications, MVA 1994*, December 13-15, 1994, Kawasaki, Japan. pages 391-396, (1994).
- [2] RYOSUKE KUBOTA, SHOHEI ICHYAMA, NORIAKI SUETAKE, ELJI UCHINO, GENTA HASHIMOTO, TAKAFUMI HIRO, & MASUNORI MATSUZAKI. *Fuzzy rule-based boundary extraction of plaque in intravascular ultrasound image*. IMECS 08, Volume I; March 19 - 21, 2008, Hong Kong, Lecture Notes in Engineering and Computer Science, pages 597-600.
- [3] SHEN LIU, JIANGUO WEI, BO FENG, WENHUAN LU, DENBY, B., QIANG FANG, & JIANWU DANG. *An anisotropic diffusion filter for reducing speckle noise of ultrasound images based on separability*. APSIPA ASC, 2012 Asia-Pacific, vol., no., pp.1.4, 3-6 Dec. 2012
- [4] TAKANORI KOGA, ELJI UCHINO, NORIAKI SUETAKE, GENTA HASHIMOTO, TAKAFUMI HIRO, & MASUNORI MATSUZAKI. 2008. *Edge-preserved smoothing method with special reference to intravascular ultrasound image using anisotropic diffusion filter controlled by weighted separability measure*. In Proceedings of the 7th conference on CSECS'08, WSEAS, Stevens Point, Wisconsin, USA, 87-92.
- [5] A A ALSHENAWY & A A ALY. *Edge detection in digital images using fuzzy logic technique*. Engineering and Technology, 51(March):185-193, 2009.

Artículo N° 2

**Criterio de clasificación de datos usando
programación matemática**

INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS: Modelos Matemáticos y Computacionales



Editores

E. Dávila, J. Del Río, M. Cerrolaza, R. Chacón

SOCIEDAD VENEZOLANA DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA

MEMORIAS DEL XII CONGRESO INTERNACIONAL DE
MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
CIMENICS'2014
ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA, 24 al 26 de marzo de 2014

INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS: MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES

Editores

E. DÁVILA, J. DEL RÍO, M. CERROLAZA

Instituto Nacional de Bioingeniería

Universidad Central de Venezuela

R. CHACÓN

Universidad de Los Andes



**SOCIEDAD VENEZOLANA DE
MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA**
Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela

INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS: MODELOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES

Primera edición: marzo de 2014

© 2014 SVMNI

© 2014 Los Editores

Diseño de la portada: Vanessa Duarte/Liseth Valencia
Instituto Nacional de Bioingeniería
Universidad Central de Venezuela

Solicitud de ejemplares a: Sociedad Venezolana de Métodos Numéricos en Ingeniería
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela
☎ +58 (0)212 285.2827 / 285.9608 / 286.8094 / 286.4534

Impresión: Miguel Ángel García & Hijos, Caracas, Venezuela

La figura en la portada del libro es cortesía de M. Valera, J. Guevara y J. León, y corresponde a una batimetría del Lago de Valencia considerando la velocidad y dirección del viento alrededor del lago.

Nada de este libro puede ser reproducido, almacenado en un sistema de información mecánico o electrónico, fotocopiado, grabado o transmitido sin la autorización escrita de la SVMNI o de los editores.

ISBN: 978-980-7161-04-6

*Ingeniería y ciencias aplicadas: modelos
matemáticos y computacionales*

Evolution rules of deterministic cellular automata for multichannel segmentation of brain tumors in MRI	25
<i>A. Rueda, R. Carmona, M. Martín, W. Torres</i>	
Unsupervised segmentation of multispectral images with cellular automata	31
<i>W. Torres, A. Rueda</i>	
Estimación del movimiento cardíaco mediante flujo óptico usando la norma L1 en un modelo poco denso	37
<i>E. Ibarra, R. Medina</i>	
MRI spatial distortion evaluation and assessment for stereotactic radiosurgery	43
<i>J. Mielgo, M. Martín, W. Torres</i>	
Software para el reconocimiento de patrones de trayectorias atípicas en videos de vigilancia. Caso de estudio: Universidad Nacional Experimental del Táchira	49
<i>G. Colmenares, D. Ramos, M. Molina</i>	
Segmentación de imágenes dermatoscópicas en el espacio CIELAB utilizando filtros morfológicos SML	55
<i>W. Torres, M. Martín, M. Torreyes, M. López</i>	
Tissue classification in oncological PET/CT images	61
<i>J. Aponte, D. Grande, W. Torres, M. Martín</i>	
Determinación por medio del procesamiento de imágenes y redes neuronales artificiales de la calidad del hierro reducido para fabricar briquetas	67
<i>J. Maldonado, E. Lobo, L. Cueto</i>	
Estadístico de separabilidad en segmentación de imágenes IVUS	73
<i>A. Cho</i>	

OPTIMIZACIÓN (OP)

Prediction of attenuation by rain in satellite links operating in the band KA for the climatic conditions of Venezuela	1
<i>M. Vásquez, N. Pérez</i>	
Resolución del problema de planificación de proyectos de software mediante búsqueda tabú y optimización por colonia de hormigas	7
<i>N. Ramírez, D. Nimo, J. Amaya, M. Bernal</i>	
Modelo espacio temporal lineal dinámico para estimar datos faltantes usando el algoritmo EM con el filtro de Kalman de ensamble suavizado en series de precipitación diaria	13
<i>L. Sánchez, S. Infante</i>	
Diseño de un controlador difuso óptimo mediante el método de patrón de búsqueda	19
<i>P. Tremante, E. Brea</i>	
Spatio-temporal dynamics of weighted coupled rotation maps reveals clusters and hierarchies in graphs	25
<i>A. Álvarez, J. Cabrera</i>	
Control por modo deslizante que se habitúa para la regulación de glucosa sanguínea en la UCI	31
<i>R. Rojas</i>	
Optimization of the response time in a multicast audio conference by using a genetic algorithm and concurrent programming	37
<i>C. Moreno, M. Álvarez</i>	

Uma metodologia computacional para o projeto de absorvedores dinâmicos de vibrações multimodais	43
<i>Y. Diaz, S. Cunha, R. Faria, E. Garcia</i>	
Pruebas de verificación automática del hablante texto dependiente mediante <i>linear prediction coding</i> y redes neuronales artificiales	49
<i>J. Maldonado, L. Moret</i>	
Criterios de clasificación de datos usando programación matemática	55
<i>A. Cho, F. Cedeño, P. Chirivella, S. Flores</i>	

VARIOS (VA)

Modelo de predicción para la formación de atletas de las ligas menores de béisbol del Estado Táchira	1
<i>M. Molina, D. Medina, G. Delgado, G. Colmenares</i>	
Generación de actividades de mantenimiento en un central azucarero mediante la simulación computacional	7
<i>J. Colmenares, F. González, M. Torres, J. Ramírez</i>	
Modelos de conocimiento para predecir el comportamiento del colectivo de los planes de salud UNET, basados en los registros de siniestralidad	13
<i>M. Bernal, J. Bolívar, E. Darghan, D. Nimo</i>	
La hipertensión arterial en Venezuela y sus factores determinantes. Recomendaciones de políticas públicas y de gestión tecnológica	19
<i>R. Mijares, H. Herrera, E. Rincón, L. Azpúrua, Y. Rodríguez</i>	
Lecciones gerenciales y desarrollo de una metodología en la evaluación de la efectividad de la atención en un servicio de cardiología: estudio de caso en Caracas-Venezuela	25
<i>R. Mijares, E. Rincón, L. Azpúrua, R. Reyes</i>	
Método y resultados en la certificación de equipos médicos y paramédicos	31
<i>L. Lara, R. Silva, R. Mijares, L. Hernández, R. Lugo, Z. Sierra</i>	
Análisis de los requerimientos de interoperabilidad para la historia clínica electrónica de acuerdo al marco de interoperabilidad venezolano	37
<i>L. Hernández, R. Mijares</i>	
Modelado en espacio de estado de unidades de producción holónicas	45
<i>J. Cardillo, E. Chacón</i>	

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE DATOS USANDO PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA

Anthony D. Cho*[†]

Fernando Cedeño**

Patricia Chirivella*

Samuel Flores*

adcho@uc.edu.ve

fcedeno@uc.edu.ve

patricia_achg@hotmail.com

ssjflores@gmail.com

* Departamento de Matemática FaCyT, Universidad de Carabobo, Bárbula, Carabobo-Venezuela

** Departamento de Matemática FaCyT, Centro de investigaciones médicas y biotecnológicas CIMBUC, Universidad de Carabobo, Bárbula, Carabobo-Venezuela

Resumen. ; En muchas ocasiones interesa estudiar el comportamiento de mas de una característica (2 o mas) en una población, este estudio siempre se puede hacer por separado, sin embargo, puede resultar necesario analizar el comportamiento en conjunto, con el fin de dilucidar la influencia de una en otra(s) y/o determinar las relaciones existentes entre ellas, etc. El análisis de datos multidimensional es una de las técnicas mas utilizadas en la actualidad para tal fin, debido a la correlación que pueda existir entre los patrones de cada observación impidiendo distinguir unos datos de otros. Existen muchos métodos para definir una clasificación basando en separación lineal o no lineal, pero en su mayoría no indica con claridad cuales datos son linealmente separables o no, ya que es de mucha utilidad tal información al momento de elegir un método apropiado. En nuestra propuesta emplearemos un método de programación matemática para indicar si es posible clasificar los datos linealmente y si no es así, permitir clasificar de manera no lineal. La técnica fue aplicada en datos de pacientes de riesgo cardíaco, dando buenos resultados, porque permitió clasificar los mismos de forma satisfactoria.

Palabras clave: Clasificación, programación matemática, separabilidad.

1 Introducción

Un problema básico en los problemas de separación de patrones es el siguiente: Dados dos conjuntos no vacíos de patrones denotados por A y B respectivamente. El conjunto A consta de m patrones y el conjunto B consta de k patrones donde cada patron tiene asociado n observaciones

escalares. El problema consiste en clasificar los patrones mediante la construcción geométrica de unos objetos denominados planos o hiperplanos separadores en el Espacio Euclídeo. Una forma de darle solución al problema antes mencionado de tener un criterio de separación lineal es mediante el enfoque de la programación lineal.

2 Criterio de Separabilidad Lineal y Inseparabilidad para un conjunto de patrones

En este trabajo se da una representación matricial del conjunto de patrones mediante una matriz de números reales denominada matriz de patrones, cada fila de esta matriz define un patrón único (o simplemente patrón) y es llamado vector patrón. Un patrón único está formado por n números reales llamados observaciones. Denotamos la matriz de patrones por la letra capital A , los patrones son denotados por los vectores fila A_i , la j -ésima observación del i -ésimo patrón es el escalar A_{ij} . El problema básico con esta notación es el siguiente: Dado dos conjuntos de patrones definidos por A una matriz de patrón de dimensión $m \times n$ y B otra matriz patrón de dimensión $k \times n$, se quiere determinar un plano en el Espacio Euclídeo E^n n -dimensional tal que si las m filas de A y las k filas de B se toman como puntos en este espacio, entonces se deben clasificar en lados opuestos de este plano. Sea x un punto en el Espacio Euclídeo n dimensional, podemos determinar el plano de la forma siguiente escribiéndolo como un problema de programación lineal:

$$\begin{aligned}xd - \gamma &= 0 \\Ad - e\gamma &> 0 \\Bd - l\gamma &< 0\end{aligned}$$

donde $d \in R^{1 \times n}$, γ es un una constante escalar, e es un vector columna de m -unos y análogamente l es un vector columna de k -unos respectivamente. Dos conjuntos de patrones A y B son separables linealmente si y sólo si existe las constantes d y γ tal que el sistema de desigualdades descrito anteriormente se satisface [1].

Teorema 2.1 *Los dos conjuntos de patrones de A y B son linealmente separables si y sólo si existe un vector columna n -dimensional de constantes c y escalares constantes α y β tal que*

$$Ac - \alpha \geq 0 \quad (1)$$

$$-Bc + l\beta \geq 0 \quad (2)$$

$$\alpha - \beta > 0 \quad (3)$$

$$f \geq c \geq -f \quad (4)$$

donde f es un vector columna n -dimensional de unos.

Teorema 2.2 *(Separabilidad Lineal). Una condición necesaria y suficiente para la separabilidad lineal del patrón fijó A y B es*

$$\theta(A, B) > 0$$

donde $\theta(A, B)$ es la solución del problema de programación lineal:

$$\theta(A, B) = \max_{\alpha, \beta} \{(\alpha, \beta) \mid Ac - \alpha \geq 0, -Bc + l\beta \geq 0, f \geq c \geq -f\}$$

Teorema 2.3 (Inseparabilidad Lineal). Una condición [3] suficiente y necesaria para la inseparabilidad lineal del conjunto de patrones A y B es que $\theta(A, B) = 0$.

Teorema 2.4 (Separabilidad lineal dual). Una condición necesaria y suficiente para la separabilidad lineal de los patrones de los conjuntos A y B es que

$$\varphi(A, B) > 0,$$

donde $\varphi(A, B) > 0$ es la solución del problema de programación lineal

$$\varphi(A, B) = \min_{u, v, p} \{ f'p \mid e'u = 1, l'v = 1, -Au' + B'v + p \geq 0, \}$$

$$A'u - B'v + p \geq 0, u \geq 0, v \geq 0\},$$

donde u, v , y p son m -, k -, y n -dimensional vectores columnas, y la prima denota la transpuesta.*

Teorema 2.5 (Inseparabilidad Lineal Dual). Una condición necesaria y suficiente para la inseparabilidad lineal de los conjuntos A y B es que $\varphi(A, B) = 0$.

Teorema 2.6 (Criterio Inseparabilidad Dual). Una condición necesaria y suficiente que los conjuntos de patrones de A y B sean linealmente inseparables es que el sistema

$$A'u - B'v = 0, \tag{5}$$

$$e'u = 1, \tag{6}$$

$$l'v = 1, \tag{7}$$

$$u \geq 0, \tag{8}$$

$$v \geq 0, \tag{9}$$

tenga una solución.*

3 Resultados y conclusión

Para ilustrar la metodología se usaron datos de 20 pacientes a los cuales se les desea determinar si tienen riesgo cardíaco alto o bajo a partir de las medidas de presión arterial media X_1 , edad X_2 y peso X_3 . Determinaremos si el conjunto de pacientes es linealmente separable en dos grupo de pacientes, para esto tomamos en cuenta las tres variables X_1 , X_2 y X_3 .

La solución del problema de programación lineal (1) es $c = [-1.00, -0.93, -0.87]$ con $\alpha = -237.90$, $\beta = -238.90$ y una maximización de $\alpha - \beta = 1.00$ por tanto es linealmente separable. Se determinaron dos conjuntos A y B que se muestra en tabla 1 y se ilustra en la figura 1.

Figura 1. Representación de los datos de separación de los datos.

Grupo A			Grupo B		
x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
105.0000	47.0000	85.4000	115.0000	49.0000	94.2000
112.0000	51.0000	89.4000	116.0000	49.0000	95.3000
110.0000	47.0000	90.9000	117.0000	50.0000	94.7000
110.0000	49.0000	89.2000	121.0000	48.0000	99.5000
106.0000	45.0000	87.1000	121.0000	49.0000	99.8000
106.0000	46.0000	87.0000	114.0000	48.0000	92.7000
113.0000	46.0000	94.5000	114.0000	47.0000	94.4000
110.0000	48.0000	90.5000	115.0000	49.0000	94.1000
			114.0000	50.0000	91.6000
			125.0000	52.0000	101.300
			114.0000	46.0000	94.5000
			122.0000	56.0000	95.7000

Tabla 1: Data 1: Considerando las variables x_1 , x_2 y x_3

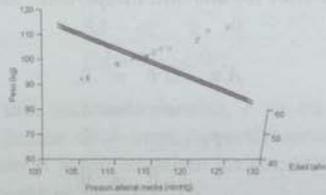


Figura 1: Representación de los planos de separación de los datos 1

Al tomar solo en cuenta las variables X_1 y X_2 el problema de programación lineal tiene solución resultado: $c = [-1.00, 0.14]$ con $\alpha = -109.86$, $\beta = -114.00$ y una maximización de $\alpha - \beta = 4.1429$. Se obtiene los conjuntos A y B representados en la tabla 2 y que se ilustra en la figura 2.

Grupo A		Grupo B	
X_1	X_2	X_1	X_2
105	47	121	48
115	49	121	49
116	49	125	52
117	50	122	56
112	51		
110	47		
110	49		
114	48		
114	47		
115	49		
114	50		
106	45		
114	46		
106	46		
113	46		
110	48		

Tabla 2: Data 2: Considerando las variables X_1 , X_2

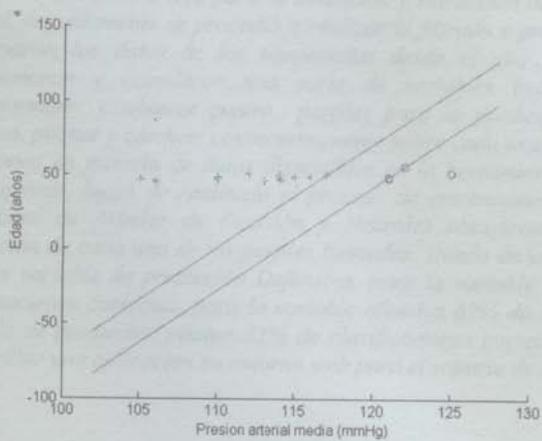


Figura 2: Representación de las rectas de separación de la Data 2

Por medio de las figuras 1 y 2, podemos notar que el método nos proporciona resultados satisfactorios para la clasificación de dos grupos de pacientes. Por teoría, la clasificación es lineal si el problema tiene como solución positiva en la maximización de $\alpha - \beta$ sujetas a ciertas restricciones. Teniendo estos resultados, se puede aportar para futuras investigaciones en el área de reconocimiento de datos y clasificación automática de datos n-dimensional, de tal manera, aligerar en el análisis del experto.

REFERENCIAS

- [1] MANGASARIAN, O. L. Linear and Nonlinear Separation of Patterns by Linear Programming *Operation Research*, Vol 3, pages 444-452, (1965).
- [2] CARLOS VÁZQUEZ ET AL.. Procesamiento y Análisis del electrocardiograma (ECG) ambulatorio: Problemas y soluciones *Ciencia en su PC - Redalyc.org*, pages 57-66, (2010).
- [3] W. HIGHLEYMAN A note on Linear Separability *IRE trans. Electronic Computers*, pages 777-778, (1961).

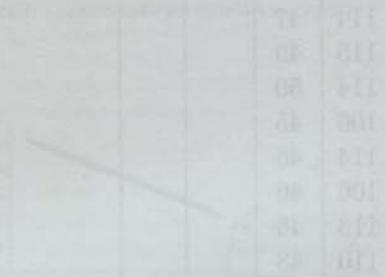


Figura 1. Lineal separación de los datos de los pacientes.



Figura 2. Optimización de la línea de separación de los datos.