

Un esquema de Superficies Activas basado en texturas para la segmentación de tumores cerebrales en MRI

José Ignacio Orlando - Hugo Luis Manterola

Facultad de Ciencias Exactas, UNCPBA

Directora: Dra. Mariana del Fresno. Codirector: Ing. Enzo Ferrante



Sitio FCE: <http://www.exa.unicpba.edu.ar>



Contacto: manteroluis@gmail.com

Resumen: ¿Qué? ¿Por qué?

Qué

Dada una **imagen de resonancia magnética** tridimensional I , el objetivo es extraer la región R asociada al **tumor** con la mayor precisión posible y con la mínima intervención del profesional médico.

En este trabajo proponemos una modificación al esquema de **Superficies Activas** para la incorporación de **información de texturas** en la evolución del modelo.

El uso de texturas permite obtener resultados muy satisfactorios en **imágenes con bajo contraste**, en las que las intensidades por sí mismas no proveen información suficiente para obtener segmentaciones de calidad.

Un 1% de la población mundial padece de tumores cerebrales, los cuales se encuentran entre aquellos con un mayor índice de agresividad y mortalidad.



Figura 1: La segmentación de tumores como herramienta para la asistencia al diagnóstico médico y la planificación de tratamientos.

La segmentación de tumores permite realizar un seguimiento de la evolución de la enfermedad en el tiempo, estudiar la viabilidad de tratamientos oncológicos o planificar eficazmente cirugías o sesiones de radioterapia.

Por qué

Métodos: Inicialización por crecimiento de regiones + Superficies Activas + Indicadores de textura basados en estadísticas de segundo orden

Inicialización

- Se utilizó una modificación del algoritmo de **crecimiento de regiones basado en texturas** propuesto en [1], continuando con un trabajo previo presentado en [2].
- El usuario experto selecciona uno o más puntos dentro de la región del tumor, y mediante una apropiada selección de parámetros, el algoritmo progresa hasta obtener un **volumen inicial** semejante al tejido que se desea segmentar.
- A partir del volumen se extrae una malla de superficie que lo recubre por completo, siguiendo el enfoque presentado en [3].

Modelo

- La malla inicial es **deformada**, como si se tratase de una **membrana elástica**, mediante la minimización de un funcional de energía $E = E_{int} + E_{ext}$.
- La energía interna E_{int} está asociada a las características de **tensión** y **flexión** de la malla.
- La energía externa E_{ext} involucra información propia de la imagen (en este caso, **texturas**) (Figura 2).
- La **fuerza de inflación** favorece el avance de la superficie hacia **regiones texturalmente homogéneas**.
- La **fuerza de gradiente** evita que la superficie avance en regiones donde existen **cambios abruptos en la textura**.

$$(a) \gamma_i \dot{s}_i - \alpha \alpha_i(t) + b \beta_i(t) = c \rho_i(t) + d f_i(t)$$

$$(b) \begin{aligned} \rho_i(t) &= \mathbf{n}_i(t) F(I_i(s_i)) \\ f_i(t) &= \nabla P(s_i) \end{aligned}$$

Figura 2: (a) Ecuación característica del Modelo Deformable. (b) Fuerzas de inflación y gradiente.

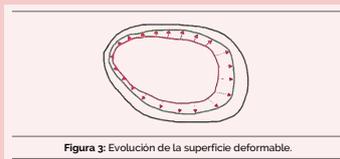


Figura 3: Evolución de la superficie deformable.

Texturas

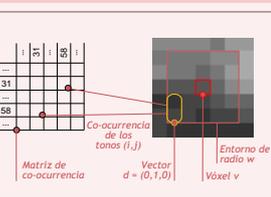


Figura 4: Cálculo de una matriz de coocurrencia de niveles de gris.

- Una **textura** es una **repetición regular** de un **patrón visualmente homogéneo** a lo largo de una superficie o volumen.
- En ese trabajo se propone la utilización de **indicadores de textura** calculados a partir de **matrices de coocurrencia de niveles de gris** (Figura 4).
- El **indicador** que demostró un **mejor comportamiento** para la **detección de tumores** en MRI fue la **varianza**, descrita por la ecuación:

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} ((i - \mu)^2 + (j - \mu)^2) P(i, j)$$

Evaluación y resultados

Estrategia de evaluación

Figura 5: Cálculo del índice de Jaccard.

- La **evaluación de la calidad** de la segmentación fue realizada utilizando el **índice de Jaccard**.
- Este índice cuantifica la **superposición** entre la **segmentación de referencia** y la **segmentación obtenida mediante el método**.

MRI T2 artificiales (bajo contraste)

- Para estudiar el **comportamiento del método** en **imágenes con bajo contraste** se utilizaron **5 MRI artificiales T2** obtenidas con el método propuesto en [4].

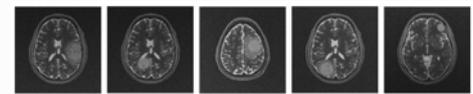


Figura 6: Dataset de prueba utilizado para la evaluación del algoritmo en condiciones de bajo contraste.

- Los **resultados** demuestran que el esquema de Superficies Activas basado en texturas **mejora notoriamente el índice de Jaccard** respecto de la superficie con la que fue inicializado.

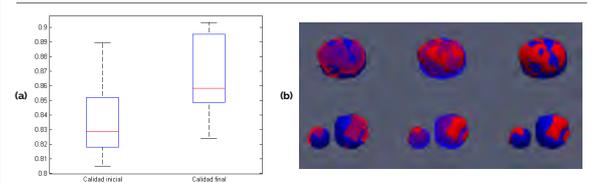


Figura 7: (a) Comparación entre los resultados obtenidos por el algoritmo de crecimiento de regiones inicial y los obtenidos con nuestro método. (b) Algunas comparaciones cualitativas entre las segmentaciones de referencia (rojo) y las obtenidas con nuestro método (azul).

MRI T1 con gadolinio (alto contraste)

- Para comprobar si el **nuevo enfoque** basado en texturas permite obtener mejores resultados que el **enfoque típico basado en intensidades**, se **compararon** los resultados obtenidos sobre **3 MRI T1 con contraste de gadolinio** utilizadas en [3] con los resultados reportados en la referencia.

Imagen	Orlando et al [3]	Este trabajo	Mejora
01	0.94	0.95	1%
02	0.931	0.939	0.8%
03	0.942	0.943	0.1%
Prom.	0.938	0.944	0.63%

Figura 8: Comparación respecto a un método similar basado en intensidades.

- Según puede observarse, la **leve mejora** en los resultados sugiere que el **nuevo enfoque es compatible con el método basado en intensidades** en imágenes con alto contraste.

Conclusiones

- Se propuso un algoritmo de Superficies Activas completamente basado en texturas para la segmentación tridimensional de tumores cerebrales en MRI.
- Se consideraron indicadores de textura basados en matrices de coocurrencia de niveles de gris, entre los cuales la **varianza** demostró un mejor desempeño para detectar tumores.
- El método evidencia mejoras notorias respecto a la superficie inicial obtenida por crecimiento de regiones en imágenes con bajo contraste.
- El método también es compatible con su equivalente basado en intensidades sobre imágenes con mejor contraste.

Referencias

- Orlando, J. I., Manterola, H. L. y del Fresno, M. *Detección de tumores en MRI basada en características texturales*. 5ta Escuela y Workshop Argentino de Ciencias de las Imágenes - ECIImag 2012. Vol. I, pp. 29-30. (2012)
- del Fresno, M., Venere, M. y Clausse, A. *A combined region growing and deformable model method for extraction of closed surfaces in 3D CT and MRI scans*. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. Vol. 33 (5), pp. 369-379. (2012)
- Orlando, J. I., Ferrante, E., Manterola, H. L. y del Fresno, M. *Un enfoque híbrido para la segmentación de tumores en MRI cerebrales*. 3er Congreso Argentino de Informática y Salud - 41º JAIIS. Vol. I, pp. 70-91. (2012)
- Prastawa, M., Bullitt, E. y Gerig, G. *Simulation of Brain Tumors in MR Images for Evaluation of Segmentation Efficacy*. *Medical Image Analysis (MedIA)*. Vol. 13 (2), pp. 297-311. (2009).