

Automatización de detección de crecimiento de estructuras coralinas

Sergio Daniel Hernández Charpak, José Francisco Molano Pulido

I. ESTADO DEL ARTE

En el campo de la biología marina, la evaluación de las principales características de los organismos coralinos ha sido soportada por el análisis de imágenes. Mendes [1] hace énfasis en que este método corresponde a una alternativa no invasiva, factor que resulta importante para la conservación del medio ambiente evitando la perturbación de los hábitats. Adicionalmente resalta el hecho de que, particularmente en las últimas décadas, el análisis de imágenes para el estudio de los organismos marinos se ha apoyado fundamentalmente en las técnicas computacionales. El uso de estas herramientas permite manejar grandes volúmenes de información y obtener resultados más precisos en aplicaciones que antes eran realizadas mediante procesos manuales.

El trabajo realizado en la presente década, en materia de métodos computacionales para el estudio de corales, se ha centrado principalmente en el desarrollo de técnicas de procesamiento para imágenes adquiridas *in situ*, es decir que han sido obtenidas directamente en el hábitat de los organismos a analizar. Es por este motivo que las investigaciones realizadas en este período se enfocan en los retos que supone la toma de imágenes en entornos no controlados. De esta manera es posible observar propuestas centradas en tareas como la corrección de fotografías debido a la inclinación de los dispositivos de captura o a pendientes en el suelo marino [2], la identificación y caracterización de objetos en videos obtenidos mediante exploración robótica autónoma [3] y la segmentación en imágenes con estructuras pequeñas sin bordes ni formas definidas [4]. Si bien los distintos enfoques expuestos cumplen con el objetivo de apoyar procesos para determinar las características principales de los organismos coralinos, éstos no son aplicables a las condiciones de laboratorio propias del presente proyecto.

Un enfoque más aproximado a la detección de crecimiento de corales en condiciones de laboratorio, dada la geometría característica de las estructuras desarrolladas en este caso, corresponde a las técnicas de segmentación de estructuras tubulares. Este también corresponde a un campo ampliamente estudiado en la disciplina del procesamiento de imágenes debido a su extenso margen de aplicación. En particular, se han identificado tres categorías principales en las que se pueden clasificar los métodos de segmentación de estructuras tubulares: métodos manuales asistidos, métodos semi-automatizados

y métodos automatizados.

I-A. Métodos manuales asistidos

Gran parte de los trabajos en el campo de la segmentación de imágenes biológicas involucra una interacción del experto con un software especializado. Describimos los métodos manuales más sofisticados que *dibujar* el contorno de un objeto sobre una imagen, alternativa que aún es presentada como viable [5] cuando las imágenes son de alta complejidad.

Existen numerosos métodos de segmentación para asistir interactivamente al usuario. Nombramos uno de ellos, el método de estrellas geodésicas convexas, propuesto por Gulshan et al., [6], ya que es usado en el campo relevante a este trabajo [7] y brinda buenos resultados.

La distribución Fiji de ImageJ [8] es actualmente el software estado del arte en este campo y lleva más de 25 años [9] siendo utilizado en este a través de sus distintas evoluciones. Sin embargo la interacción consume tiempo, dependiendo del problema. En el trabajo de Stokes et al [10] de clasificación de especies de corales en imágenes *in situ*, el análisis de clasificación manual toma entre 15-30 min dependiendo de la complejidad de la imagen. Trabajando con grandes conjuntos de datos el tiempo (y costo) del experto se vuelven inviables.

Para imágenes complejas evitar la interacción de un experto es difícil. Sin embargo, para imágenes simples evitar dicha interacción para poder analizar grandes cantidades de imágenes es deseable.

I-B. Métodos semi-automatizados

Automatizar los métodos de análisis de imágenes hace parte de los retos en este campo. Se han obtenido resultados relevantes a través de métodos semi-asistidos o semi-automatizados.

Treibitz et al. [7], basándose en el método de Gulshan et al. [6], desarrollan un método semi-asistido para imágenes *in situ* fluorescentes de campo amplio de corales. El usuario interactiva indica brevemente el ruido y una región de objeto. El algoritmo segmenta los objetos dados estos datos. El tratamiento que enseguida se le hace a los objetos es automatizado (no-interactivo). Así, logran mostrar una correlación entre los espectros resultantes este tratamiento y las medidas de espectrómetro de los mismos corales.

De la misma manera, Neal et al. [5], con el objetivo de hacer medición de las varianzas de estimaciones de campo en colonias de corales, utiliza una segmentación de imágenes *in situ* interactiva en la que se indican ruido y objetos antes de

que el software identifique los contornos. El usuario tiene la posibilidad de corregir dichos contornos. El análisis que luego hace el software es independiente y efectivo.

Así, métodos semi-automatizados, que requieren en algún paso, la interacción con el usuario/experto brindan resultados. Lograr evitar esta interacción es un reto dada la complejidad de las imágenes *in situ*.

I-C. Métodos automatizados

Esta categoría corresponde al conjunto de métodos más relevante para el desarrollo del presente proyecto en la medida en que uno de los requerimientos más importantes del mismo corresponde a la caracterización sistemática, en términos de tamaño, de los organismos coralinos sin intervención alguna del usuario. En particular, estas técnicas hacen uso de algoritmos basados en niveles de intensidad, colores y detección de formas con la finalidad de identificar objetos de interés.

En primer lugar, se destaca el método propuesto por Tripathi et. al. [11] para la identificación de autopistas en imágenes aéreas, el cual consta de dos etapas principales: segmentación gruesa y refinamiento. La primera etapa hace uso de los niveles de intensidad y la geometría presente en la imagen para realizar una selección preliminar de un conjunto de píxeles de interés. Posteriormente, se realiza el refinamiento respectivo para seleccionar los píxeles finales por medio de un análisis de croma y formas. Este algoritmo resulta interesante para la identificación de estructuras tubulares debido a la aplicación de una etapa previa de segmentación general, esto permite que su respectiva ejecución sea más eficiente en relación a otras técnicas.

Asimismo, se destaca el uso de algoritmos basados en la curvatura. Turetken et. al. [12] demostraron la efectividad de emplear conceptos asociados al flujo en estructuras tubulares para la segmentación de objetos. En particular han empleado el flujo óptimo orientado (OOF), el flujo orientado multi-dimensional (MDOF) y el flujo orientado antisimétrico (OFA) para la identificación de estructuras de interés, principalmente vasos sanguíneos en imágenes médicas. Estos métodos resultan particularmente interesantes debido a que son poco susceptibles a errores de segmentación debido a estructuras adyacentes.

Finalmente, se destaca el caso de la segmentación basada en la identificación de figuras geométricas. Para ilustrar este punto, se puede tomar como referencia la investigación desarrollada por De Leener et. al. [13] quienes propusieron un método para la identificación de vértebras en la espina dorsal, una estructura tubular, basándose en la detección de elipses y tomando provecho de las características de simetría de la anatomía humana. Este método se destaca entre los demás debido a que permite, además de la segmentación de la espina dorsal, el etiquetamiento sobre las vértebras que componen dicha estructura.

REFERENCIAS

- [1] A. Mendes, M. Hoebrechts, and A. B. Albu, "Evolutionary computational methods for optimizing the classification of sea stars in underwater images," in *Applications and Computer Vision Workshops (WACVW), 2015 IEEE Winter*, Jan 2015, pp. 44–50.
- [2] M. R. Algodon, A. Hilomen, and M. Soriano, "Estimating coral reef slope or camera pitch from video," in *OCEANS 2015 - MTS/IEEE Washington*, Oct 2015, pp. 1–5.
- [3] A. Maldonado-Ramírez and L. A. Torres-Méndez, "Autonomous robotic exploration of coral reefs using a visual attention-driven strategy for detecting and tracking regions of interest," in *OCEANS 2015 - Genova*, May 2015, pp. 1–5.
- [4] O. Beijbom, P. J. Edmunds, D. I. Kline, B. G. Mitchell, and D. Kriegman, "Automated annotation of coral reef survey images," in *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on*, June 2012, pp. 1170–1177.
- [5] B. P. Neal, T.-H. Lin, R. N. Winter, T. Treibitz, O. Beijbom, D. Kriegman, D. I. Kline, and B. Greg Mitchell, "Methods and measurement variance for field estimations of coral colony planar area using underwater photographs and semi-automated image segmentation," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 187, no. 8, Aug. 2015. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-015-4690-4>
- [6] V. Gulshan, C. Rother, A. Criminisi, A. Blake, and A. Zisserman, "Geodesic star convexity for interactive image segmentation." *IEEE*, Jun. 2010, pp. 3129–3136. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5540073>
- [7] T. Treibitz, B. P. Neal, D. I. Kline, O. Beijbom, P. L. D. Roberts, B. G. Mitchell, and D. Kriegman, "Wide Field-of-View Fluorescence Imaging of Coral Reefs," *Scientific Reports*, vol. 5, p. 7694, Jan. 2015. [Online]. Available: <http://www.nature.com/articles/srep07694>
- [8] J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise, V. Kaynig, M. Longair, T. Pietzsch, S. Preibisch, C. Rueden, S. Saalfeld, B. Schmid, J.-Y. Tinevez, D. J. White, V. Hartenstein, K. Eliceiri, P. Tomancak, and A. Cardona, "Fiji: an open-source platform for biological-image analysis," *Nature Methods*, vol. 9, no. 7, pp. 676–682, Jun. 2012. [Online]. Available: <http://www.nature.com/doi/10.1038/nmeth.2019>
- [9] C. A. Schneider, W. S. Rasband, and K. W. Eliceiri, "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis," *Nature Methods*, vol. 9, no. 7, pp. 671–675, Jul. 2012.
- [10] M. D. Stokes and G. B. Deane, "Automated processing of coral reef benthic images: Coral reef benthic imaging," *Limnology and Oceanography: Methods*, vol. 7, no. 2, pp. 157–168, Feb. 2009. [Online]. Available: <http://doi.wiley.com/10.4319/lom.2009.7.157>
- [11] A. K. Tripathi and S. Swarup, "Shape and color features based airport runway detection," in *Advance Computing Conference (IACC), 2013 IEEE 3rd International*, Feb 2013, pp. 836–841.
- [12] E. Turetken, C. Becker, P. Glowacki, F. Benmansour, and P. Fua, "Detecting irregular curvilinear structures in gray scale and color imagery using multi-directional oriented flux," in *2013 IEEE International Conference on Computer Vision*, Dec 2013, pp. 1553–1560.
- [13] B. D. Leener, J. Cohen-Adad, and S. Kadoury, "Automatic segmentation of the spinal cord and spinal canal coupled with vertebral labeling," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 34, no. 8, pp. 1705–1718, Aug 2015.