

Identificación No Supervisada de Fauna Marina Mediante Procesamiento de Imágenes Fotográficas

Débora Pollicelli^{1,2}, Mariano Coscarella^{1,3}, Claudio Delrieux⁴

¹*CESIMAR-CONICET, Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CCT CENPAT, Bv. Almirante Brown 2915, 9120, Puerto Madryn, Chubut, Argentina*

²*LINVI, Departamento de Informática, Facultad de Ingeniería, UNPSJB, Bv. Almirante Brown 3051, 9120, Puerto Madryn, Chubut, Argentina*

³*Departamento de Biología General, Facultad de Ciencias Naturales, UNPSJB, 9120, Puerto Madryn, Chubut, Argentina*

{deborapollicelli, mcoscarella}@gmail.com

⁴*Laboratorio de Ciencias de las Imágenes, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur y CONICET, 8000 Bahía Blanca, Argentina – cad@uns.edu.ar*

RESUMEN

Las técnicas de procesamiento inteligente de imágenes han experimentado en la última década un desarrollo muy importante, debido a la conjunción de varios factores tecnológicos.

Por un lado, se han propuesto técnicas y metodologías de estimación robusta de los parámetros geométricos relevantes en fotografías oblicuas (y por lo tanto una reconstrucción 3D plausible de las mismas), por otro lado, se han desarrollado nuevos modelos de reconocimiento de patrones e identificación no supervisada, aplicados con éxito en una gran variedad de contextos y áreas de intervención.

Estos avances permiten construir la hipótesis fundamental de esta línea de trabajo, según la cual es posible investigar y desarrollar técnicas y metodologías de procesamiento inteligente de imágenes para la identificación de individuos de fauna marina.

En el caso particular de los cetáceos, en los que las muescas en aletas dorsales son utilizadas para realizar la identificación individual, es necesario el procesamiento de imágenes fotográficas oblicuas. Una solución de este tipo poseería un sinnúmero de ventajas. Por un lado, la intervención no es directa y por lo tanto no es traumática para los individuos bajo estudio. Por otro lado es de aplicación masiva, es decir puede utilizarse para resolver problemas similares en distintas especies.

Palabras clave: Análisis de imágenes, foto-

identificación, cetáceos, delfín *Cephalorhynchus commersonii*, aprendizaje automatizado, reconocimiento de patrones.

CONTEXTO

El presente trabajo se enmarca dentro de las tareas de investigación del Laboratorio de Mamíferos Marinos del CENPAT-CONICET, cuyas actividades están centradas en el estudio de la dinámica poblacional, ecología de comunidades, dieta, reproducción comportamiento y genética de especies predadores tope del Mar Argentino, con énfasis en mamíferos marinos.

Estas actividades se llevan adelante desde hace 30 años, contando con una extensa base de datos fotográfica de tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*).

Dicho acervo fotográfico requiere una intensiva tarea manual para ser utilizada, por lo que surge como tarea innovadora la investigación y desarrollo de algoritmos de análisis de imágenes que permitan la identificación no supervisada de individuos de la fauna marina con base en dichas fotografías.

Dentro de dicha línea, se están llevando adelante varios trabajos de investigación, en particular el desarrollo de tesis doctoral *Algoritmos para la identificación no supervisada de fauna marina mediante imágenes fotográficas* en conjunto con el Laboratorio de Ciencias de las Imágenes (LCI)

del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur y CONICET.

INTRODUCCIÓN

El manejo de las poblaciones silvestres requiere estimaciones precisas y exactas de los parámetros que determinan la dinámica poblacional. Esto es particularmente crítico para las especies marinas superiores, en las que los efectos antrópicos, la fragmentación de hábitat, el cambio climático, y otros factores pueden ser inferidos de los cambios observados en éstos parámetros.

Una de las técnicas que provee una gran cantidad de información consiste en el marcado de individuos (ej. colocando precintos u otros dispositivos), con la expectativa de poder ubicar e identificar el mismo individuo en un tiempo posterior.

Uno de los principales supuestos de este análisis es que el comportamiento de individuos marcados no se ve modificado por la marca. Este supuesto es crítico y puede no mantenerse en caso de que la marca aplicada sea muy conspicua, proporcione una ventaja adicional a la supervivencia del animal, o provea algún tipo de beneficio reproductivo.

Una alternativa a la marcación artificial son las marcas naturales que presentan los animales.

Estas marcas permiten reconocer a los individuos mediante señas particulares que varían con la especie estudiada. El desarrollo de trabajos de investigación a largo plazo (especialmente en vertebrados terrestres, exceptuando las aves) mostró que muchos animales salvajes pueden ser individualizados mediante características o marcas naturales. La obtención de fotografías de cada animal, y su posterior análisis en gabinete proporciona información fehaciente sobre cuáles fueron los animales presentes en una sesión de muestreo particular.

La foto-identificación ha permitido a investigadores de todo el mundo reconocer individuos mediante marcas naturales desde la década de 1970. El reconocimiento individual

es una herramienta que permite obtener una gran cantidad y variedad de información biológica en la que se incluyen estimaciones de parámetros poblacionales tales como la mortalidad, la supervivencia y el ciclo reproductivo [1, 2]. Cuando se realizan sesiones fotográficas de más de una localidad pueden detectarse patrones de movimiento o migraciones [2].

La información proveniente de las capturas (fotográficas) de los individuos se analiza mediante modelos de captura-recaptura para obtener estas estimaciones [3, 4].



Figura 1: Recaptura fotográfica de ejemplar *Cephalorhynchus commersonii* identificado en la base de datos del LAMAMA-CESIMAR-CONICET. Presenta marcas principales sobre el borde de la aleta dorsal y marcas auxiliares sobre el lomo. Las marcas principales son identificables desde ambos flancos del animal, mientras que las auxiliares son visibles solo por un lado.

Las marcas utilizadas en estos animales son principalmente muescas o variaciones en el patrón de coloración de las aletas dorsales y caudales [1]. Adicionalmente, las cicatrices y las anomalías en el patrón de coloración se utilizan como características auxiliares en la identificación.

La singularidad de algunas formas de daños sufridos por el borde posterior de la aleta a lo largo de la vida de un individuo permite que pueda ser utilizado para identificar al individuo. Este método ha sido aplicado exitosamente en

orcas (*Orcinus orca*), cachalotes (*Physeter catodon*), delfines del indo-pacífico (*Sousa chinensis*), delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*), delfines rotadores de Hawai (*Stenella longirostris*), y ballenas yubartas (*Megaptera novaeangliae*) [1, 5].

La foto-identificación tradicional implica un laborioso proceso manual de búsqueda en cada fotografía en que se observan las características utilizadas para la identificación, en un catálogo de los individuos conocidos [6].

Por dicha razón existe un interés creciente en automatizar este proceso utilizando procesamiento de imágenes. Los programas más utilizados en el reconocimiento individual en delfines son el FinsScan y DARWIN [7]. Aunque estos programas pueden realizar reconstrucciones en 3D con el objeto de compensar diferencias en la orientación del cuerpo del animal, ambos necesitan que el operador registre un punto fijo (landmark) en la aleta y en el caso del FinScan también es necesario registrar la posición de al menos alguna muesca en la aleta.

Sin embargo, en el caso de los delfines pertenecientes al género *Cephalorhynchus*, ninguna de las cuatro especies que habitan los mares del hemisferio sur posee una aleta dorsal que presente una punta prominente, ya que sus aletas son redondeadas en vez de falcadas [6, 8]. En general, ninguno de los sistemas actuales efectúa un procesamiento correcto para las diferentes orientaciones de aleta (pose 3D) antes de realizar la correspondencia de una manera robusta [9]. Según Stweman et al., 2006, estos métodos no son robustos, y para su uso se requiere información adicional para optimizar la registración.

Este último punto es crítico, dado que la técnica de matching es basada en pixels (distancia Euclídea entre imágenes), por lo que aún una leve diferencia de registración lleva a no reconocer adecuadamente animales presentes en la base de datos.

Del mismo modo, cualquier elemento que genere diferencias métricas en dicha evaluación (deterioros, por ejemplo) hacen prácticamente inutilizable el sistema de reconocimiento.

En otras palabras, al no existir una correlación entre la similitud de la forma de las aletas y la métrica utilizada, el reconocimiento es muy propenso a una alta tasa de falsos positivos y negativos.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

La hipótesis de trabajo consiste en que es posible aplicar procesamiento inteligente de imágenes para la identificación de individuos de diferentes especies marinas a partir de imágenes fotográficas oblicuas.

Esto permitiría superar las limitaciones mencionadas en los sistemas de identificación actuales.

Los procedimientos a llevar a cabo para cumplir con los objetivos se basan en el uso conjunto de dos grupos de técnicas.

El primer grupo propone obtener una registración 3D basada en puntos característicos (features) que no sean necesariamente landmarks anatómicos, mientras que el segundo grupo busca un mecanismo de reconocimiento basado en mecanismos de análisis de formas con métricas más robustas que la distancia Euclídea. Respecto de la registración 3D, se plantea primero realizar una estimación de los parámetros extrínsecos de la cámara a través del uso de la geometría epipolar [10], buscando evaluar la matriz fundamental de la cámara a través de puntos característicos en la imagen, los cuales se encuentran a través de algoritmos bien establecidos como SURF [11] o SIFT [12]. Con una estimación de los parámetros extrínsecos, es posible determinar en forma robusta la pose 3D encontrando una transformación de mayor cantidad de grados de libertad que las utilizadas en los sistemas mencionados más arriba [13].

Con una registración 3D más robusta, es posible el análisis de formas a través de puntos característicos utilizando análisis por componentes principales [14], ICP (Iterative Closest Point) [15], RANSAC (RANdom SAmple Consensus) [16]. Estos métodos o una

combinación de ellos permiten elaborar modelos geométricos sobre los cuales es posible un análisis de la forma de los objetos para los que existan métricas de similitud adecuadas en este contexto, como el análisis de Procrustes u otros descriptores de forma [17].

También se prevé el uso de técnicas de reconocimiento de patrones como por ejemplo Deep Learning o ADA Boost, para alcanzar tasas de sensibilidad y especificidad adecuadas.

RESULTADOS Y OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

La presente línea de investigación propone desarrollar nuevos métodos de segmentación e identificación en imágenes que puedan ser utilizados para la identificación no supervisada de individuos pertenecientes a especies de cetáceos que no pueden ser analizadas con los métodos tradicionales.

Luego se aplicarán estos métodos a repositorios fotográficos de diferentes especies, lo que servirá como insumo para ulteriores investigaciones relacionadas con estimaciones de abundancia y otros estudios ecológicos y ambientales, articulándose con otras investigaciones científicas estratégicas en el mar argentino que incluyen actividades de exploración y conservación.

Además, los datos obtenidos pueden resguardarse en formato digital en repositorios abiertos, lo cual permitirá generar a largo plazo una base de información fotográfica de gran valor científico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos particulares son los siguientes:

1. Estudio exhaustivo de la bibliografía reciente en la temática de fotoidentificación, reconocimiento de patrones, reconstrucción 3D, análisis y descriptores de forma, detección de puntos característicos.
2. Análisis del estado del arte en sistemas y metodologías de propósitos similares y sistemas disponibles tanto comerciales como

libres.

3. Investigación y desarrollo de metodologías de reconocimiento e identificación no supervisada, y de estimación de parámetros geométricos a partir de imágenes oblicuas utilizando landmarking, morfometría y técnicas asociadas, así como su integración dentro de un workflow de procesamiento.
4. Estudio de la información relevante en modelos de aprendizaje no supervisado, deeplearning, minería de datos y metodologías de clasificación no supervisada.
5. Estudio e implementación de modelos de identificación y reconocimiento a partir de features fotográficos y landmarks.
6. Análisis de requerimientos en casos de uso y aplicación.
7. Desarrollo de un prototipo inicial que integre los resultados teórico-prácticos obtenidos y que considere casos de uso definidos de acuerdo al contexto de aplicación en particular, utilizando los repositorios fotográficos existentes.
8. Testeo y validación del prototipo. Análisis estadístico de los resultados. Realización de pruebas en campo y con repositorios fotográficos.

Actualmente estamos trabajando en el análisis de imágenes utilizando primero descriptores de Haar Cascade para la detección automática de ROI (principalmente la aleta) y luego los descriptores morfométricos para obtener un vector de características.

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Debido que esta línea de investigación está ligada al desarrollo de una tesis doctoral, se cuenta con la participación la doctoranda Lic. Pollicelli María Débora junto con el equipo de dirección conformado por dos investigadores especializados en las diferentes disciplinas que abarca el proyecto.

Por un lado, el Dr. Delrieux, especialista reconocido en la temática de procesamiento de imágenes, específicamente imágenes aéreas y satelitales.

Por otra parte, el Dr. Coscarella, especialista en mamíferos marinos, particularmente en el campo de la ecología del comportamiento y genética de poblaciones de cetáceos y en el reconocimiento individual de los mismos mediante métodos tradicionales desde hace más de 15 años.

Ambos complementan los aspectos de formación en el tema a desarrollar, ya que la implementación de los algoritmos al problema planteado requiere una aproximación metodológica y de desarrollo y su implementación no puede realizarse sin considerar los aspectos biológicos del sistema bajo estudio.

REFERENCIAS

- [1] P. S. Hammond, S. A. Mizroch, and G. P. Donovan, *Individual recognition of cetaceans: Use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters*, vol. 12 of *International Whaling Commission Special Issue Series*. Cambridge: International Whaling Commission, 1990.
- [2] S. Bräger, S. Dawson, E. Slooten, S. Smith, G. Stone, and A. Yoshinaga, "Site fidelity and along-shore range in Hector's dolphin, an endangered marine dolphin from New Zealand," *Biological Conservation*, vol. 108, no. 3, pp. 281–287, 2002.
- [3] G. C. White, *Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations*. Los Alamos National Laboratory, 1982.
- [4] C. Q. Da Silva, J. Zeh, D. MaDIGaN, J. Laake, D. Rugh, L. BaRaFF, W. KOSKI, and G. Miller, "Capture-recapture estimation of bowhead whale population size using photoidentification data," *Journal of Cetacean Research and Management*, vol. 2, no. 1, pp. 45–62, 2000.
- [5] B. Würsig and M. Würsig, "The photographic determination of group size, composition and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*)," *Science*, vol. 198, pp. 755–756, 1977.
- [6] M. A. Coscarella, *Ecología, comportamiento y evaluación del impacto de embarcaciones sobre manadas de tonina overa Cephalorhynchus commersonii en Bahía Engaño, Chubut*. Ph.d., 2005.
- [7] A. Gilman, T. Dong, K. Hupman, K. Stockin, and M. Pawley, "Dolphin fin pose correction using icp in application to photoidentification," in *Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ), 2013 28th International Conference of*, pp. 388–393, IEEE, 2013.
- [8] R. N. P. Goodall, A. R. Galeazzi, S. Leatherwood, K. W. Miller, I. Cameron, R. K. Kastelein, and A. P. Sobral, "Studies of Commerson's dolphins, *Cephalorhynchus commersonii*, off Tierra del Fuego, 1976–1984, with a review of information on the species in the South Atlantic," Report of the International Whaling Commission, vol. 9, pp. 3–70, 1988.
- [9] J. Stewman, K. Debure, S. Hale, and A. Russell, "Iterative 3-d pose correction and content-based image retrieval for dorsal fin recognition," in *International Conference Image Analysis and Recognition*, pp. 648–660, Springer, 2006.
- [10] R. I. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, ISBN: 0521540518, second ed., 2004.
- [11] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, "Speeded-up robust features (surf)," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 110, pp. 346–359, June 2008.
- [12] M. Toews and W. Wells, "Sift-rank: Ordinal description for invariant feature correspondence," in *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 172–177, June 2009.
- [13] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*. New York, NY, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 1st ed., 2010.
- [14] Y. Ke and R. Sukthankar, "Pca-sift: A more distinctive representation for local image descriptors," in *Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR'04*, (Washington, DC, USA), pp. 506–513, IEEE Computer Society, 2004.
- [15] F. Pomerleau, F. Colas, R. Siegwart, and S. Magnenat, "Comparing icp variants on real-world data sets," *Auton. Robots*, vol. 34, pp. 133–148, Apr. 2013.
- [16] S. Choi, T. Kim, and W. Yu, "Performance evaluation of ransac family," in *Proc. BMVC*, 1997.
- [17] F. B. Neal and J. C. Russ, *Measuring shape*. CRC Press, 2012.