

Software de Visión por Computador en Sistemas de Monitoreo Ambiental

Natalia V. Revollo Sarmiento^{1,2,3}, Claudio Delrieux³, Gerardo M. E. Perillo^{1,4}

¹Instituto Argentino de Oceanografía, CONICET

²Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, UNJU

³Instituto de Investigaciones en Ingeniería Eléctrica-Dpto. de Ing. Eléctrica y de Computadoras, UNS-CONICET

⁴Departamento de Geología, UNS

nrevollo@criba.edu.ar, cad@uns.edu.ar, gmeperillo@criba.edu.ar

RESUMEN

El procesamiento de imágenes para el estudio de fenómenos naturales es una de las técnicas no invasivas más usadas para extraer información cualitativa y cuantitativa que sirve de apoyo a la toma de decisiones económicas, políticas, sociales y ambientales. Existen zonas costeras, como las playas, que pueden ser monitoreadas constantemente con este tipo de herramientas. En este proyecto se propone el desarrollo de un sistema de monitoreo costero basado en tecnologías de visión por computador.

Palabras clave:

Visión por Computador, Monitoreo Costero, Procesamiento de Imágenes, Segmentación, Clasificación.

1. CONTEXTO

El trabajo se lleva a cabo en el Instituto Argentino de Oceanografía UNS-CONICET. La línea de Investigación presentada está inserta en el proyecto "Interacciones Físico-Químicas y Biológicas sobre la Costa y Plataforma Interior del Sur de Buenos Aires." (PICT-2006-01202), dirigido por la Dra. Cintia Piccolo y financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, dentro del cual la Ing. Revollo Sarmiento realiza su trabajo de tesis doctoral bajo la

dirección de los Dres. Gerardo Perillo y Claudio Delrieux.

2. INTRODUCCION

La extracción y clasificación de información de fenómenos empleando procesamiento de imágenes y teledetección satelital son una de las técnicas en creciente desarrollo en la última década [1] [2]. La teledetección es una técnica que presenta errores, y tiene asociado un elevado costo de adquisición de la información. En contraparte, el monitoreo usando sistemas de visión por computador puede confrontar estas desventajas si los algoritmos empleados son eficientes. Existen proyectos a nivel mundial que estudian fenómenos naturales mediante el empleo de video. El proyecto Argus del programa CoastView es el pionero en sensado remoto óptico de manejo costeros [3] [4]. Este proyecto fue desarrollado por el laboratorio Coastal Imaging Lab (CIL) en la universidad de Oregon. Argus permite adquirir datos y brindar información a partir de observaciones de sitios costeros de interés.

Sin embargo, el continuo desarrollo en la tecnología de captura de imágenes y videos digitales, ha permitido un avance importante en el alcance de las aplicaciones de monitoreo ambiental. El proyecto denominado Inlet Dynamics

Initiative: Algarve (INDIA) esta encuadrado en el marco de trabajo de la Unión Europea Internacional MAST 3. El mismo estudia la dinámica de boca de marea de Barra Nova en Algarve, Portugal, y sus resultados son mediciones cualitativas y cuantitativas que describen como responden los sistemas de boca de marea originados por olas y mareas [5].

El proyecto HORUS, desarrollado en conjunto por la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Cantabria, implementa un conjunto de técnicas para obtener datos cuantitativos de una forma fácil y económica a partir de medidas de corto y largo plazo, sobre imágenes instantáneas o modificadas mediante algún operador matemático o estadístico [6]. Otro experimento en el área de monitoreo costero se lleva a cabo en la Universidad de Tsukuba, Japón, en donde los videos son captados por cuatro cámaras desde un globo aerostático [7]. En Nueva Zelanda el sistema Cam-Era consiste en un número de sitios remotos sobre la costa conectados a una estación base central de procesamiento en Hamilton [8].

Las aplicaciones de carácter ambiental más relevantes de monitoreo costero incluyen el estudio de la línea de costa entre la interacción del mar y tierra, la variación de la geomorfología de playas o estudio de olas. En otro aspecto, la estimación del número de usuarios de playa puede resultar un factor importante en la planificación de políticas de gestión en seguridad, salud y turismo.

3. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

Nuestra propuesta consta en desarrollar investigación en algoritmos capaces de reconocer fenómenos costeros empleando procesamiento de imágenes y videos.

Las principales líneas de investigación se describen a continuación.

3.1 Detección de la línea de Costa y su variación en imágenes medias de secuencias de videos.

En este trabajo se propone una metodología empleando hardware económico y software de procesamiento de alta performance [9]. Como objetivo particular se aplica esta metodología para monitoreo y medición de la línea de costa de Monte Hermoso, Argentina. Las imágenes empleadas son adquiridas usando cámaras RGB de pequeño formato y procesadas en equipos de computación estándares. Para obtener resolución espacial constante se utiliza un proceso de rectificación mediante transformación proyectiva afín bidimensional, la cual relaciona los puntos en la imagen original oblicua con su proyección sobre un plano cenital, a efectos de conseguir una superficie plana georreferenciada. La línea de costa es representada con una poligonal determinada a través de un clasificador por umbral de distancia a un prototipo estáticamente definido. Dicho prototipo define la clasificación de cada pixel como mar o tierra, en base a la diferencia o similitud de niveles de intensidad en el espacio cromático YIQ. Todo pixel clasificado como mar, contiguo a uno clasificado como tierra firme (y viceversa) es etiquetado como pixel de frontera. Seguidamente se implementa una interpolación geométrica bilineal por medio de una adaptación del algoritmo "marching squares", y por último, la distancia acumulada de cada segmento de la poligonal permite estimar la longitud de la línea costera.

3.2 Clasificación y medición de áreas de las zonas que conforman la playa.

Otro de los principales ejes de investigación en estudio es el uso de sistemas de video para monitoreo de

geomorfología y dinámica de playas. Dentro de las aplicaciones de monitoreo se encuadra el trabajo de detección de zonas de playas [10].

Como caso de estudio se emplea un set de videos provenientes de una estación de monitoreo en la ciudad de Pehuén-Co. Estos videos son procesados con el objetivo de obtener una imagen media que mejor representa el periodo muestreado. Cada imagen media es rectificadas, y el resultado obtenido es similar a las imágenes satelitales. Grupos de pixeles prototipos representativos de cada zona de la playa en el espacio cromático YIQ son seleccionados. A partir de estos prototipos la imagen media es clasificada por distancia mínima euclídea. En la última etapa se realiza la medición de cada área de la playa.

3.3 Estimación de la cantidad de usuarios de playa.

La tercera línea de investigación se orienta al estudio de la interacción de la población en ambientes costeros [11]. En este sentido la estimación del número de usuarios de playa es un aspecto clave.

Los datos que se emplean son imágenes medias de las playas de Pehuén-Co y Monte Hermoso así como un set de imágenes instantáneas de la playa La Magdalena, de la ciudad de Cantabria España provistas por el proyecto HORUS.

El algoritmo de clasificación es el de distancia mínima euclídea a pixeles prototipos. El filtrado para la corrección de falsos positivos y falsos negativos incluye operaciones morfológicas y reclasificación por factor de forma.

4. RESULTADOS OBTENIDOS Y ESPERADOS

Cada una de las líneas de investigación descritas presenta resultados que han

sido publicados en diversos congresos y revistas nacionales. A continuación se describen en forma resumida.

Como primer paso en la detección de la línea de costa en imágenes medias se obtiene la imagen rectificadas de la zona seleccionada (Figura 1. a.). Sobre esta última se aplica el algoritmo de clasificación (Figura 1. b.) y luego se binariza con un umbral determinado en forma empírica (Figura 1. c.). El conjunto de pixeles frontera entre regiones de fondo y figura representa la línea de costa entre la interacción de mar y tierra.

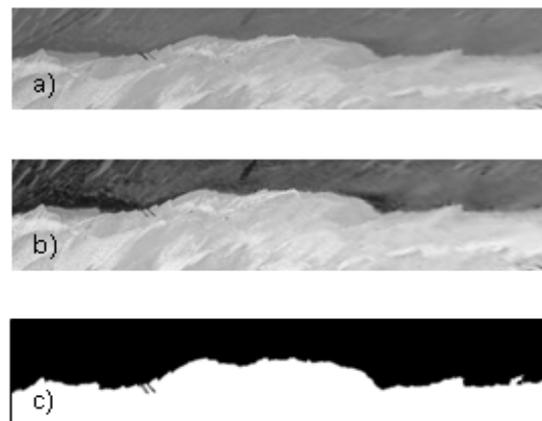


Figura 1. a) Imagen rectificada con la zona se interés. b) Imagen pseudo-coloreada con clasificación de distancia mínima. c) Imagen binarizada de las zonas segmentadas.

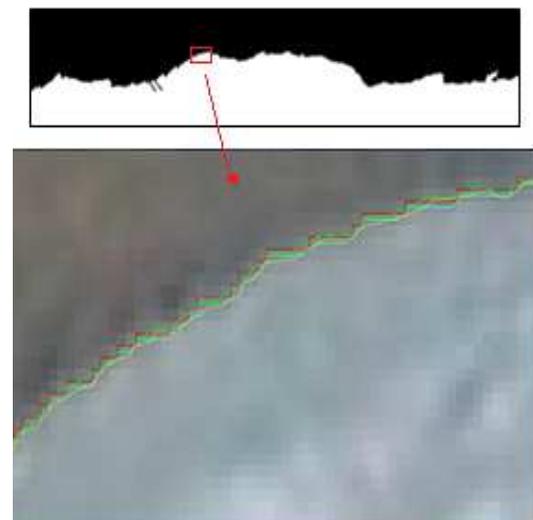


Figura 2. Zoom de la zona segmentada con la identificación y medición de la línea de costa.

Para la validación de los resultados obtenidos se toma como estimación el perímetro de una poligonal representada por una línea en formato vectorial digitalizada en forma manual. De esta manera se verifica que el valor obtenido con los algoritmos desarrollados posee un alto nivel de exactitud (Figura 2).

En la segunda línea de investigación para la detección de las zonas costeras el proceso comienza con la determinación de una región de interés que debe ser rectificada en base al conocimiento de cuatro puntos de control en la imagen con sus respectivas coordenadas cartesianas medidas con un GPS.

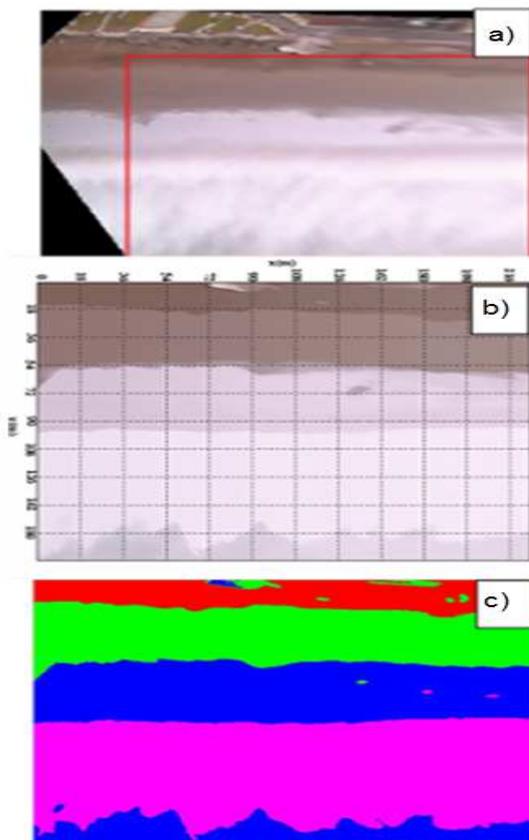


Figura 3. a) Zona de interés de la imagen rectificada b) Reducción de dispersión de intensidad con algoritmo Mean Shift. c) Clasificación de diferentes zonas de playa.

A continuación se utiliza el algoritmo Mean Shift para reducir la dispersión de la intensidad de los píxeles en cada zona. La clasificación final se realiza mediante un algoritmo de distancia

mínima euclídea a grupos de píxeles prototipos definidos por el usuario. El trabajo actual está orientado a determinar cuatro zonas de playa: playa seca, playa húmeda, zona de rompientes y agua. Los resultados de las etapas de rectificación, reducción de dispersión y clasificación se pueden observar en la secuencia de la Figura 3, respectivamente.

Por otra parte, los primeros resultados de la estimación de la cantidad de personas en la playa se presentan en forma preliminar. El set de imágenes de prueba del algoritmo es cortesía del proyecto Horus.

Los resultados de la clasificación donde los usuarios son detectados se pueden observar en la Figura 4.

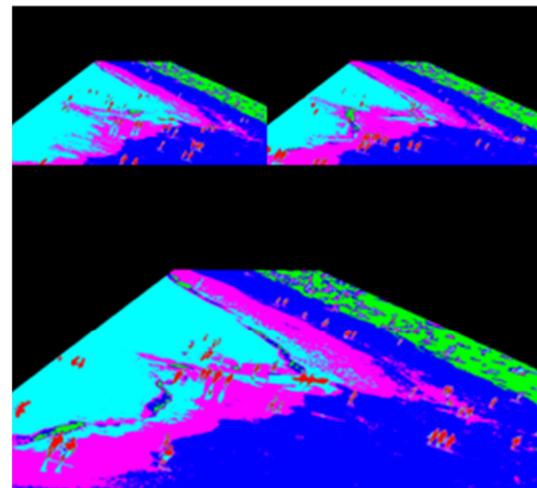


Figura 4. Imágenes clasificadas. Las personas se identifican en color rojo

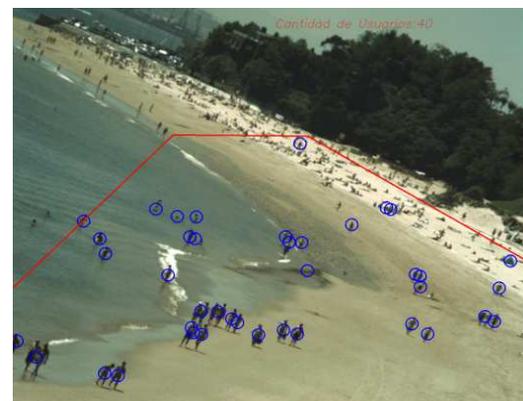


Figura 5. Personas detectadas con el algoritmo implementado.

Para corregir los errores de la clasificación en falsos positivos y falsos negativos se emplean filtros morfológicos y factor de forma. El desempeño del algoritmo completo es analizado superponiendo las marcas que representan personas sobre la imagen original Figura 5.

Actualmente la elección de grupos de píxeles prototipos es en forma manual requiriendo intervención del usuario. Sin embargo, como trabajo futuro se prevee la implementación de una base de datos que permita realizar la clasificación en forma no supervisada.

5. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Las líneas de investigación presentadas se corresponden con la tesis de doctorado “Sistemas de Visión Inteligente para Monitoreo Ambiental en Estaciones Remotas” de la Ing. Revollo Natalia V. En relación a los temas en desarrollo, el director del grupo de investigación ha dictado los cursos “Geomorfología y Dinámica de Estuarios” y “Dinámica del Transporte de Sedimentos” en el Instituto Argentino de Oceanografía, mientras que el Dr. Claudio Delrieux dirige el Imaging Science Lab en la Universidad Nacional del Sur, donde se llevan a cabo investigaciones relacionadas con Procesamiento de Imágenes y Visión por Computador.

6. REFERENCIAS

[1] Jensen. J.: *Introductory Digital Image Processing. A Remote sensing Perspective*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey (2000).
 [2] Girard, C., Girard, M.: *Processing of Remote Sensing Data*. Dunod, Paris (1999).
 [3] Lippman, T., Holman, R.: Quantification of sand bar morphology: A video technique based on wave dissipation.

Journal of Geophysics (1989). <http://cil-www.coas.oregonstate.edu:8080>

[4] Holman, R.A., Stanley, J., 2007. The history, capabilities and future of Argus.

Coast. Eng 54, 477–491 (this issue).

[5] Morris, B.D., Davidson, M.A. y Huntley, D.A. 2001. Measurements of the response of a coastal inlet using video monitoring techniques, *Marine Geology*, 175, pp. 251 - 272.

[6] A.F. Osorio, R. Medina, M. Gonzalez, An algorithm for the measurement of shoreline and intertidal beach profiles using video imagery: PSDM, *Computers & Geosciences*, Disponible online, ISSN 0098-3004, 0.1016/j.cageo.2011.12.008. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300411004328>.

<http://www.horusvideo.com>

[7] Takewaka, S., Misaki, S. y Nakamura, T. 2003. Dye diffusion experiment in a longshore current field, *Coastal Engineering Journal*, Vol. 45, No. 3, pp. 471-487. <http://cecom.kz.tsukuba.ac.jp/>

[8] <http://www.niwa.co.nz/our-services/online-services/cam-era/>

[9] Revollo Sarmiento, N., Delrieux, C., Perillo, G., Cipolletti, M.: *Coastal Monitoring and feature estimation with small format cameras: Application to the shortline of Monte Hermoso, Argentina*. Computer Science Technology Series, EDULP, Argentina (2009).

[10] Cipolletti, M., Revollo Sarmiento, N., Delrieux, C., Perillo, G., Piccolo, M.: *Segmentación Supervisada y No Supervisada de Zonas Costeras en Secuencias de Videos*. 39 JAIIO, Argentina (2010).

[11] Revollo Sarmiento, N., Delrieux, C., Perillo, G. : *Monitoreo Costero: Análisis de la Cantidad de Usuario de Playa en Secuencias de Videos Mediante Sistemas de Visión*. 40 JAIIO, Argentina (2011).