

Procesamiento Inteligente de Imágenes Satelitales Métodos avanzados y acelerados de segmentación y fusión de información

Cristian Pacheco^{1,2}, Héctor del Valle², Claudio Delrieux³, Gloria Bianchi²

¹ Departamento de Informática, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

² Centro Nacional Patagónico (CENPAT)-CONICET

³ Universidad Nacional del Sur (UNS) - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras – IIIE – CONICET

cpacheco@cenpat.edu.ar

delvalle@cenpat.edu.ar

cad@uns.edu.ar

Gloria.Bianchi@gmail.com

Resumen

En general, la información necesaria para el análisis de las imágenes de satélite no se encuentra en los píxeles de la imagen, sino en los objetos significativos de la misma y en sus relaciones mutuas. Pese a ello, aún la mayoría de las aplicaciones basadas en datos procedentes de teledetección utiliza los conceptos básicos de procesamiento de las imágenes desarrollados a principios de los años setenta.

La clasificación orientada a los objetos de imagen, en cambio, tiene en cuenta, entre otros aspectos, las formas, las texturas y la información espectral presentes en la imagen. En este sentido, la segmentación de la imagen es un paso crítico para su posterior análisis y uno de los principales motivos para llevarla a cabo es que la mayoría de los datos de la imagen presenta una textura característica, que es siempre obviada en las clasificaciones tradicionales realizadas píxel a píxel.

En esta línea de investigación se enfoca el estudio de modelos y el desarrollo de algoritmos de clasificación orientada al objeto de imágenes ópticas (MODIS, LANDSAT, ALOS AVNIR-2) y de radar SAR, su implementación acelerada en arquitecturas GPU, y su integración dentro del flujo de trabajo de grupos de investigación en Teledetección y SIG.

Palabras clave: *Segmentación orientada al objeto, Imágenes satelitales, Imágenes*

multiespectrales, Imágenes SAR, Operadores topológicos, Espacios de funciones.

Contexto

El procesamiento de imágenes y vídeo tiene actualmente gran trascendencia por la cantidad de usos científicos y tecnológicos y particularmente en la región de influencia de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco existe una gran demanda de resultados relacionados con estas tecnologías.

La línea de investigación aquí presentada surge del proyecto de investigación *Procesamiento Inteligente de Imágenes*, acreditado como trabajo colaborativo de los Departamentos de Informática de las Sedes Puerto Madryn y Trelew de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Dentro del proyecto se plantean diversas casuísticas en las que se requiere el procesamiento inteligente de imágenes, basadas en situaciones específicas y donde los resultados son de aplicación directa en diferentes contextos. De aquí que se definieran diversas líneas de investigación y desarrollo, entre ellas la segmentación y fusión de información en imágenes satelitales y el trabajo conjunto con investigadores del Centro Nacional Patagónico (CENPAT)-CONICET,

particularmente, el Grupo de Teledetección y SIG liderado por el Dr. Héctor F. del Valle.

Así mismo se menciona la vinculación e intercambio con el Laboratorio de Ciencias de las Imágenes del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras de la Universidad Nacional del Sur, a través de la participación del Dr. Claudio Delrieux, y la vinculación con los proyectos: PIP CONICET, “Algoritmos de clasificación de imágenes radar” (CENPAT-CONICET), PGI 24/K046, “Procesamiento Inteligente de Imágenes (Universidad Nacional del Sur Bahía Blanca) y PICT Start-Up 2442-2010 “Herramientas de Hardware y Software para el Relevamiento y Modelado Ambiental”.

Introducción

Fundamentación

La creciente disponibilidad de grandes volúmenes de imágenes satelitales de diversas misiones y modalidades, constituye actualmente un catalizador para la realización de estudios a grandes escalas geográficas y temporales. Esto hace que sea posible la elaboración y contrastación de novedosos modelos e hipótesis en varios campos de aplicación (ecología, geología, agronomía, hidrología, medicina, climatología, etc.).

En general, la información necesaria para el análisis de las imágenes de satélite no se encuentra en los píxeles en los que se divide la imagen, sino en los objetos significativos de la misma y en sus relaciones mutuas. Es común que aplicaciones basadas en datos procedentes de teledetección todavía utilicen los conceptos básicos de procesamiento de las imágenes desarrollados a principios de los años setenta (González & Woods, 2008; Russ, 2012), realizándose la clasificación de los píxeles de manera individual en un espacio multi-dimensional. Es decir, el contexto espacial juega un papel modesto en los análisis basados en píxeles individuales.

Los algoritmos clásicos basados en píxeles no son demasiado adecuados para la clasificación

de imágenes de alta y moderada resolución. A pesar de que las técnicas están bien desarrolladas y se han producido avances sofisticados como el clasificador bayesiano, la regla de decisión de incertidumbre y la evaluación multicriterio, estos algoritmos no hacen uso de conceptos espaciales. La clasificación orientada a objetos tiene en cuenta, entre otros aspectos, las formas, las texturas y la información espectral presentes en la imagen. Su principio esencial es hacer uso de información importante (forma, textura, información contextual, etc.) que sólo está presente en los objetos significativos de la imagen y en sus relaciones mutuas. En definitiva, dividir las imágenes en toda una serie de objetos es un procedimiento fundamental para llevar a cabo con éxito un análisis de la imagen o para realizar una interpretación automática de la misma.

En este sentido, la segmentación de la imagen es un paso crítico para su posterior análisis y uno de los principales motivos para llevarla a cabo es que la mayor parte de los datos de la imagen presenta una textura característica, que es siempre obviada en las clasificaciones tradicionales realizadas píxel a píxel. Estudios anteriores han reconocido el reto y a la vez, las ventajas de utilizar sensores remotos en la discriminación de coberturas vegetales, formas y estados de degradación del suelo y de la vegetación. Sin embargo, existen dificultades para caracterizar estas variables biofísicas, tanto en los rangos ópticos como radar, con certidumbre estadística.

En el noreste de Patagonia existen manifestaciones de acciones naturales y actividades antropogénicas que conllevan a procesos de degradación de la tierra, tanto de los pastizales naturales como en los oasis de riego. En estos ecosistemas existen problemas para obtener clasificaciones digitales con alta verosimilitud. A su vez, los métodos computacionales necesarios para llevar a cabo dichas tareas son aún incipientes, se caracterizan por no ser fácilmente integrables dentro de los flujos de información de los grupos de investigación, muchas veces

requieren el pago de licencias anuales onerosas, e insumen tiempos de computación muy elevados.

En esta propuesta de investigación se enfoca el estudio de modelos y el desarrollo de algoritmos de clasificación orientada al objeto de imágenes ópticas (MODIS, LANDSAT, ALOS AVNIR-2) e imágenes de radar SAR (SIR-C, PALSAR y COSMO), su implementación acelerada en arquitecturas GPU, y su integración dentro del flujo de trabajo de grupos de investigación en Teledetección y SIG.

Líneas de Investigación y Desarrollo

Se plantea el estudio e implementación de segmentación y fusión de información en imágenes satelitales, en particular el estudio de modelos y el desarrollo de algoritmos de clasificación orientada al objeto de imágenes ópticas e imágenes de radar SAR.

La combinación de estas técnicas en imágenes satelitales es relativamente reciente (Hilker et. al., 2009; Hu et. al., 2005; Ursani et. al., 2012). La metodología requiere en primera instancia la elaboración de mosaicos de cada una de las modalidades, para proceder luego a su registración. Luego se genera un vector de descriptores para etiquetar los píxeles a partir de elementos característicos en las diferentes áreas a segmentar con el objetivo de determinar cuáles de ellos son efectivos como clasificadores. Finalmente se agrupan los píxeles con las mismas etiquetas en regiones, utilizando algoritmos de crecimiento de regiones, detección de bordes, y demás metodologías. Adicionalmente, puede aplicarse la metodología a series temporales de imágenes, con el objeto de elaborar análisis multitemporales en las áreas segmentadas.

Los algoritmos de segmentación que se investigarán principalmente serán:

- **Basados en el histograma:** Agrupan píxeles que tienen las mismas propiedades.

- **Basado en la detección de bordes:** Los objetos destacan de su entorno y tienen bordes definidos.
- **Segmentación basada en regiones:** Combina información de ubicación espacial y similaridad de los píxeles.

Se prevé su implementación acelerada en arquitecturas GPU.

Así mismo se plantea su integración dentro del flujo de trabajo de grupos de investigación en Teledetección y SIG y el trabajo conjunto con investigadores del Centro Nacional Patagónico CENPAT-CONICET.

Resultados Esperados

Estudiar, desarrollar e implementar algoritmos y protocolos avanzados para la segmentación y fusión de información geográfica y temporal proveniente de imágenes satelitales de diferentes modalidades (óptica y radar), y su implementación computacional utilizando aceleración por GPU.

Se utilizarán imágenes satelitales de diversas misiones ópticas (MODIS; LANDSAT, ALOS AVNIR-2) y radar SAR (SIR-C, PALSAR y COSMO) con los que se elaborarán “*subsets*” de las áreas representativas georeferenciadas siguiendo la metodología desarrollada en (Manera, 2010). Con la supervisión de un especialista, se elegirán diferentes sectores geográficos cuyo *landcover* se conoce por contarse con información de campo. Para dichos sectores se analizarán diferentes atributos locales directos (color, textura, fractalidad) e indirectos (descriptores locales de Fourier, wavelet). El objetivo es obtener un vector de descriptores por píxel lo suficientemente robusto para poder realizar una segmentación que identifique a dichos tipos de *landcover* con matrices de confusión adecuadas. Una vez obtenido un clasificador robusto por píxel, es posible proceder a la segmentación de regiones por medio de técnicas agregativas (Zou et. al., 2012).

Se prevén como áreas de estudio el sureste de Río Negro (Sitio 1), noreste del Chubut (Sitio 2) y Valle Inferior del Río Chubut (Sitio 3) y se seleccionarán “áreas de entrenamiento digital” para reducir la cantidad de datos y niveles de procesamiento. Tales sitios presentan las siguientes situaciones necesarias de abordar para su mejor relevamiento, caracterización y monitoreo con técnicas de segmentación orientada al objeto: procesos de erosión eólica que afectan a pastizales naturales y áreas agrícolas de secano (Sitio 1, Río Negro); disturbios naturales y antropogénicos expresados principalmente por erosión eólica y degradación de la vegetación (Sitio 2, Chubut); reemplazo de especies mesofíticas por xerofíticas, exceso de sales, degradación física, química y biológica del suelo (Sitio 3, Chubut).

En relación a la clasificación con algoritmos de segmentación orientados a los objetos, en datos radar, Blanco et al. (2007 y 2009), y del Valle et al. (2009) investigaron la segmentación de esta información precisando el discernimiento de clases con mayor exactitud que en los sistemas ópticos.

Al estar la imagen formada por píxeles, el primer paso en el análisis orientado a objetos será agrupar los píxeles adyacentes mediante técnicas de regiones crecientes, para posteriormente clasificar los objetos extraídos. Con ello el número de parámetros que se podrán valorar aumentará notablemente, permitiendo considerar criterios como el tamaño, la forma, medias de color, máximos y mínimos, proximidad a otros objetos, textura, etc. Al mismo tiempo, la segmentación, al reducir el número de objetos a clasificar, provoca que el tiempo de procesado también disminuya. La segmentación se inicia con un píxel que forma un objeto o una región en la imagen y continúa hasta que el criterio especificado se alcance.

La primera decisión se basará en el criterio de homogeneidad local. El algoritmo debe garantizar una distribución espacial regular de los objetos de la imagen. La propia heterogeneidad no sólo estará basada en la

desviación típica de los objetos de la imagen sino también en su forma. La relación entre heterogeneidad espectral y forma hará seguramente que se logre un ajuste en los resultados de la segmentación esperada.

Formación de Recursos Humanos

En el marco del proyecto de investigación *Procesamiento Inteligente de Imágenes*, dirigido por el Dr. Claudio Delrieux y codirigido por la Ing. Gloria Bianchi, acreditado en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, se encuentra en desarrollo el plan de trabajo de tesis doctoral en Ciencias de la Computación del Lic. Cristian Pacheco, dirigido por el Dr. Héctor del Valle (CENPAT-CONICET) y codirigido por el Dr. Claudio Delrieux.

Así mismo, con beca de CONICET, la Lic. Celia Cintas se encuentra desarrollando su trabajo de tesis doctoral *Reconstrucción y Manipulación Computacional de Estructuras 2D y 3D para Morfometría Geométrica Basada en Landmarks: Aplicaciones al fenotipado forense de ADN*.

Se menciona además que se encuentran en desarrollo la propuesta de tesis doctoral de la Lic. Romina Stickar, *Métodos no supervisados para la evaluación de fauna silvestre utilizando imágenes de sensado remoto*, dirigida por el Dr. Claudio Delrieux y la tesina de grado de una alumna avanzada de Licenciatura en Informática, ambas integrantes del mismo proyecto de investigación.

Referencias

Blanco P.D., Metternicht G. y del Valle H.F. 2009. Improving the discrimination of vegetation and landforms patterns in sandy rangelands: a synergistic approach. *International Journal of Remote Sensing* 30(10):2579-2605.

Blanco P.D., Metternicht G.I., del Valle H.F. y Sione W. 2007. Assessment of TERRA-

ASTER and RADARSAT imagery for discrimination of dunes in the Valdes peninsula: an object oriented approach. *Revista de Teledetección* 28:87-96.

del Valle H.F., Blanco P.D., Metternicht G.I y Zinck J.A. 2010. Radar Remote Sensing of wind-driven land degradation processes in northeastern Patagonia. *Journal of Environmental Quality* 39:62-75.

del Valle H.F., Blanco P.D., Sione W., Rostagno C.M. y Elissalde N.O. 2009. Assessment of salt-affected soils using multisensor radar data: A case study from northeastern Patagonia (Argentina). En: G. Metternicht y A. Zinck (eds.), 155-173 pp, Chapter 9, *Remote Sensing of Soil Salinization: Impact on Land Management*. CRC Press Taylor & Francis Group.

González R.C. y Woods R.E. 2008. Digital Image Processing (3rd. Edition). Prentice Hall.

Hilker T., Wulder M.A., Coops N.C., Seitz N., White J.C., Gao F., Masek J.G., & Stenhouse, G. 2009. Generation of dense time series synthetic Landsat data through data blending with MODIS using a spatial and temporal adaptive reflectance fusion model. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1988-1999.

Russ J.C. 2012. The Image Processing Handbook. Taylor and Francis, Inc., London, UK, (6th. Edition).

Tiangang Y., Inglada J. y Osman J. 2012. Time series image fusion: Application and improvement of STARFM for land cover map and production. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, pp.378-381.

Ursani A.A., Kpalma K., Lelong C.C.D. y Ronsin J. 2012. Fusion of Textural and Spectral Information for Tree Crop and Other Agricultural Cover Mapping With Very-High Resolution Satellite Images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol.5, no.1, pp.225-235.

Hu X., Tao C.V. y Prenzel B. 2005. Automatic Segmentation of High-resolution Satellite Imagery by Integrating Texture, Intensity, and Color Features. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* vol. 71, no. 12 pp. 1399-