

El Problema de Normalización en Súper-Resolución de Imágenes Satelitales

Paula M. Tristan⁽¹⁾⁽²⁾, Jorge H. Doorn⁽¹⁾, Ruben S. Wainschenker⁽¹⁾

¹⁾ INTIA, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Paraje Arroyo Seco, Campus Universitario (7000), Tandil, Argentina Tel.(02293) 439682 Int. 49.

⁽²⁾ CONICET, Rivadavia 1917, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
e-mail: {ptristan,jdoorn,r fw}@exa.unicen.edu.ar

Resumen-- La resolución espacial de las imágenes satelitales ha ido mejorando en las últimas décadas con la puesta en órbita de plataformas con instrumentos de medición más precisos. No obstante, este aspecto también ha sido abordado utilizando métodos numéricos y aprovechando propiedades de las imágenes. La técnica denominada Súper-Resolución mejora la resolución de una secuencia de imágenes aprovechando el movimiento relativo de los objetos presentes en estas. A diferencia de otros dominios de aplicación, en el caso de las imágenes satelitales se tiene que la iluminación promedio de las diferentes imágenes de origen, tienen una variación muy grande, lo que hace imperioso el uso de estrategias de normalización adecuadas. Desafortunadamente los efectos estacionales no son suficientes para explicar este fenómeno por lo que es necesario utilizar información proveniente de la misma imagen para lograr un uso eficiente de la técnica de Súper-Resolución.

Palabras clave—Resolución especial, Sensado remoto, Teledetección, Mejora de Calidad

1. Introducción

El desarrollo de la teledetección ha crecido vertiginosamente en los últimos 50 años, y se espera aún un mayor crecimiento en el futuro. Existen numerosas aplicaciones basadas en el análisis de imágenes satelitales que abarcan campos científicos y tecnológicos muy variados como cartografía, agricultura, forestación, logística militar, y prospección petrolera entre otros [1].

Una de las principales características de los sistemas de teledetección es su resolución espacial la que se define como la menor separación entre dos objetos que puede diferenciar el sensor, este concepto está relacionado con el IFOV, (Instantaneous Field of View). El IFOV es el área de la superficie representada en cada píxel en una imagen satelital y por consiguiente está relacionado con la escala con la que se representan las imágenes [2].

Si el tamaño de la superficie representada por un píxel es grande comparado con la del objeto de interés, seguramente la señal capturada corresponderá a más de un tipo de cubierta, por ejemplo en una zona donde hay un sembrado próximo a un camino seguramente algún píxel estará afectado por el flujo emitido tanto desde el cultivo como del camino. Por el contrario cuanto menor sea la superficie representada, habrá más probabilidad de que cada píxel albergue una única cubierta [3].

En los años 70's las imágenes de los primeros Landsat tenían un IFOV de 79m x 79m, en la actualidad con el avance de la tecnología se han logrado poner en órbita satélites como el QuickBird que aportan imágenes con un IFOV de 0,62m x 0,62m. No obstante aún para las imágenes con la máxima resolución espacial, siempre es una buena noticia avanzar un paso más, así como mejorar la resolución de aquellos satélites que no tienen buen IFOV o mejorar la resolución

de las imágenes capturadas anteriormente con sensores antiguos de baja resolución.

En el presente artículo se analiza el impacto de la variabilidad de la iluminación proveniente de una misma región de la superficie al ser capturada en distintas pasadas del satélite.

2. Resultados obtenidos

Se ha desarrollado una técnica de súper-resolución a imágenes satelitales. Esta se basa en aprovechar la información no redundante presente en una secuencia de imágenes. Una imagen debe diferir respecto de las otras en un único vector desplazamiento para cada par analizado. Si hay correspondencia entre la secuencia de baja resolución en unidades enteras de píxeles, entonces cada imagen contendrá casi la misma información, solamente desplazada, con lo cual no existe un gran aporte en la construcción de una imagen de mayor resolución. Pero, si las imágenes tienen entre ellas desplazamientos a nivel sub-píxel, entonces existe información adicional y se puede mejorar la resolución espacial [4-11].

El primer trabajo de súper-resolución aplicado a imágenes satelitales estuvo motivado por la necesidad de mejorar la resolución de imágenes adquiridas por el satélite Landsat 4 en 1984 [12]. Este satélite adquiría imágenes de una misma región del planeta en el transcurso de sus orbitas, repitiéndose cada una de estas al cabo de dos semanas, produciendo así una secuencia de imágenes similares pero no idénticas de una región a lo largo de varios meses. La técnica de Super-Resolución trata de poner cuatro, nueve y quizás 16 píxeles en la misma área donde el medio de adquisición proveyó uno solo.

En imágenes satelitales, el movimiento de los objetos de imagen a imagen se debe a características propias de la órbita y giro de cada satélite además de los movimientos propios, como alabeo y cabeceo, lo que hace casi imposible que un satélite observe dos veces exactamente igual una misma porción de territorio.

El movimiento entre dos imágenes satelitales, implica realizar dos tipos diferentes de traslaciones, uno es a nivel píxeles enteros y otro a nivel sub-píxel. No se conoce el movimiento existente de una imagen a otra posterior, por lo que es necesario obtener esta información de las imágenes mismas. El algoritmo ya probado busca la mejor aproximación del vector de traslación de una imagen respecto a otra utilizando la correlación entre las mismas. Se selecciona una imagen base y se trasladan respecto de ella todas las imágenes restantes. Finalmente se construye una imagen artificial resumen, que es el resultado de promediar todas las imágenes de la secuencia.

Debido a que algunas cubiertas cambian su comportamiento espectral con el correr del tiempo esta técnica debe ser utilizada sobre imágenes con objetos cuasi invariantes en el tiempo [13-15]. Ejemplo de estos son caminos, rutas, construcciones edilicias entre otros.

3. Normalización

La iluminación promedio de cada imagen satelital, de una secuencia temporal, varía notoriamente debido a numerosos factores. Indudablemente el más importante de ellos está relacionado con la órbita terrestre, tanto por la distancia de la tierra al sol como por la declinación solar. Los otros factores están relacionados con aspectos climáticos y con la variación de la cubierta. Los aspectos climáticos están relacionados esencialmente en la diafanidad del aire en el momento de la observación y la variación de la cubierta puede ser menor o muy grande.

En *Figura 1* se presenta la variación anual de la radiación solar en la región de Tandil sin considerar los efectos atmosféricos [16], mientras que en la *Figura 2* se le ha adicionado las energías recibidas en el Satélite Landsat 7 provenientes de una estrecha región que encierra el aeropuerto las que si incluyen estos efectos. En este fragmento de imagen satelital se cumple

aceptablemente la hipótesis de baja variación en las características de la cubierta terrestre.

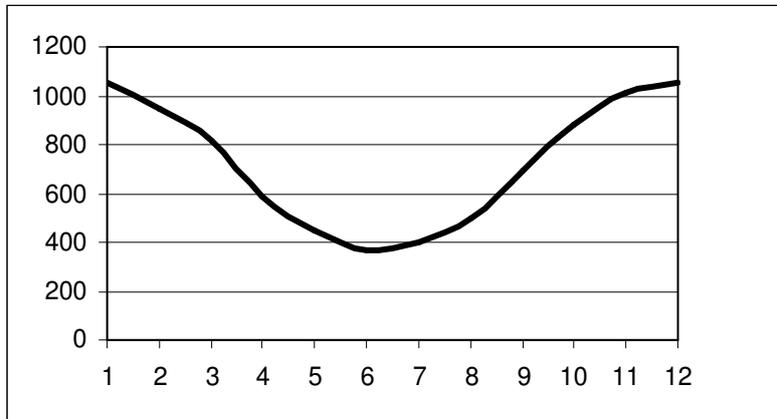


Figura 1: Radiación solar en la región de Tandil en Cal/(cm² día)

La *Figura 2* muestra claramente que la energía recibida en el satélite es afectada por la época del año en que se tomó la imagen, pero también por otros factores. Este hecho exige que la normalización de las imágenes, sea realizada utilizando información extraída de la imagen misma. En el caso de la *Figura 2* se han adecuado las escalas de energía recibida por el satélite para poner en evidencia la existencia de otros factores además de la variación de la radiación solar.

En presente proyecto se planifica utilizar diferentes estrategias con el propósito de evaluar la calidad de la normalización que se obtiene con cada una de ellas.

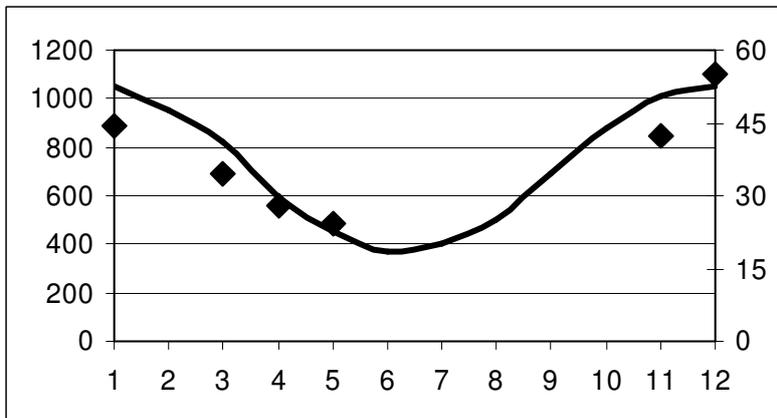


Figura 2: Radiación solar en la región de Tandil y moda de la energía recibida desde la zona del aeropuerto.

La más obvia de todas las estrategias consiste en tomar la media y la desviación estandar de las energías recibidas de la zona bajo análisis, de cada una de las imágenes; tomando luego como límites inferior y superior para el ajuste de histogramas de energías los extremos de los límites de confianza de los valores individuales con un 90 o 95 % de confiabilidad.

Es de esperar que esta estrategia sea efectiva en situaciones en las que todas las imágenes tengan distribuciones de energías aproximadamente gaussianas. Esto no ocurre frecuentemente, por lo que seguramente habrá que recurrir a otros estimadores estadísticos, como pueden ser la moda o la mediana, eventualmente más robustos para situaciones en las que existen distribuciones no

gaussianas.

De ser necesario podría recurrirse al uso de información de puntos de control en los que se conoce o se puede medir la reflectividad de la cubierta en forma directa, de manera de ajustar lo que recibe el satélite de estos puntos.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Se ha desarrollado con éxito un algoritmo que implementa la técnica de súper-resolución para aplicar a Imágenes Satelitales. El algoritmo es sencillo y de muy bajo costo computacional debido a que se utiliza sólo la porción de la imagen de interés. Los resultados obtenidos han demostrado su eficacia, no sólo a simple vista sino también a través de diferentes métricas de calidad [17-18].

Cabe destacar que la técnica desarrollada tiene importantes diferencias respecto de las aplicadas en secuencias de imágenes de video, debido a los procesos de captura de cada uno.

Se ha comprobado que una de las debilidades residuales en el proceso utilizado reside en la técnica de normalización utilizada. Por lo tanto se planifica investigar acerca de diferentes mecanismos para normalizar la secuencia de imágenes a partir de datos extraíbles de ellas mismas, de forma de mejorar los resultados que se obtengan al aplicar la técnica de Súper-Resolución implementada.

5. Referencias

- [1] Chuvieco E. *“Fundamentos de la Teledetección Espacial”*. Ed. Rialp S.A., Madrid-España. 1994.
- [2] Sabins F. *“Remote Sensing: Principles and Interpretation”*. Third Edition. Ed. Freeman And Company. New York 2000.
- [3] Jensen J. R. *“Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective”*. Ed. Prentice Hall. 1996.
- [4] Tristan P., Wainschenker R., Doorn J. *“Súper – Resolución aplicada a Imágenes Satelitales”*. XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2005. Concordia, Entre Rios, Argentina, 2005.
- [5] Tristan P., Wainschenker R., Doorn, J. *“Super – Resolución: una técnica para incrementar la resolución espacial de Imágenes Satelitales”*. VII Workshop de investigadores en Ciencias de la Computación. WICC 2005. Rio IV, Córdoba. Julio de 2005.
- [6] Toygar A., Yucel A., Russell M. *“Super-resolution Reconstruction of Hyperspectral Image”*. IEEE Transactions on Image Processing. Vol 14 (11) pp 1960-1875, 2005.
- [7] Borman S. *“Topics in multiframe superresolution restoration”*
- [8] Segall C. A., Molina R., Katsaggelos A. K. *“High Resolution Images from a Sequence of Low Resolution and Compressed Observations: A Review”*. IEEE Signal Processing Magazine Vol 3. pp 37-48. 2003.
- [9] Elad M., Feuer A. *“Superresolution Restoration of an image Sequence: Adaptive Filtering Approach”*. IEEE Transactions on Image Processing. Vol 8. Nro 3, pp. 387-395. 1999.
- [10] Elad, M., Feuer A. *“Restoration of a Single Superresolution Image from Several Blurred, Noisy, and Undersampled Measured Images”*. IEEE Transactions on Image Processing. Vol 6. Nro 12. 1997.
- [11] Baker, S., Kanade, T. *“Limits on Super-Resolution and how to break them”*. IEEE Transactions on Pattern analysis and machine intelligence Vol. 24 Nro. 9, pp 1167 – 1183. 2002.
- [12] Huang, T., Tsay, R. *“Multiple frame image restoration and registration”*. Advances in Computer Vision and Image Processing Vol. 38, pp. 801-805. 1984.
- [13] Rees W. G. *“Physical principles of remote sensing”*. Ed. Cambridge University Press. 2001.

- [14] Sobrino J., **“Teledetección”**. Ed. AECl. Valencia 2000.
- [15] Jensen J. R. **“Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective”**. Ed. Prentice Hall. 1996.
- [16] Kondratyev K. Y. **“Radiation in the atmosphere”**. Ed. Nueva York: Academic Press, International Geophysic Series, vol. 12, 1969.
- [17] Behairy H. M., Khorsheed, M. S. **“Improving Image Quality in Remote Sensing Satellites using Channel Coding”**. Transactions on Engineering, Computing and Technology, Vol. 9, pp 34. 2005.
- [18] Yao L. **“Evaluation of Resolution Improvement for Super-Resolution Image”**. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARS '05. Proceedings IEEE International, Vol. 5 pp. 3724-3727. 2005.