

Super – Resolución: una técnica para incrementar la resolución espacial de Imágenes Satelitales

Paula M. Tristán, Ruben S. Wainschenker, Jorge H. Doorn

INTIA, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Paraje Arroyo Seco, Campus Universitario (7000) Tandil Argentina.
e-mail: {ptristan, rfw, jdoorn}@exa.unicen.edu.ar

Resumen:

La resolución espacial de las imágenes satelitales se ha ido mejorando con la puesta en órbita de instrumentos de medición más precisos. No obstante, este aspecto también puede ser abordado utilizando métodos numéricos y otras propiedades de las imágenes.

Recientemente se ha desarrollado una técnica denominada Súper Resolución (*Hyper – Resolution*) relacionada con el aumento o la mejora del nivel de definición o calidad de las imágenes. Esta técnica está basada en la utilización del movimiento de objetos dentro del cuadro en una secuencia de imágenes. Este método se ha utilizado principalmente en la reconstrucción o mejora de secuencias de video de baja resolución para lograr por ejemplo reconocer rostros dentro de una secuencia de video obtenido por cámaras de seguridad.

Este trabajo presenta una forma de aplicar la idea de Súper Resolución como un intento de mejorar la resolución espacial de imágenes satelitales. Se aprovecha aquí, el hecho de que una superficie representada por un píxel en una imagen satelital aparecerá repartida en varios píxeles de otra imagen adquirida en otra circunvalación. Para realizar este ajuste se utiliza el concepto de auto-correlación de imágenes.

Introducción:

El desarrollo de la teledetección ha crecido vertiginosamente en los últimos 50 años, y se espera aún un mayor crecimiento en el futuro. Actualmente existen numerosas aplicaciones basadas en el análisis de imágenes satelitales que abarcan campos científicos muy variados como cartografía, agricultura, forestación y logística militar, búsqueda y exploración de petróleo entre otros.

Actualmente la globalidad de los problemas requiere complementar la escala y la cobertura tradicional de los estudios de campo con nuevas herramientas, que permitan observar territorios más amplios y más frecuentemente. En efecto, la teledetección contribuye a entender lo concreto desde la globalidad. Esto hace que una imagen satelital permita visualizar una porción amplia de territorio (del orden de cientos de kilómetros). Sin embargo, cuando se pretende utilizar este tipo de imágenes para algún estudio que requiera algún nivel de detalle se presenta el problema del análisis de las escenas.

Cualquier sistema de teledetección está compuesto por: el sensor, el objeto observado y por el flujo energético que permite poner a ambos en relación. Ese flujo generalmente proviene por reflexión de la luz solar. Entre el sol y la superficie terrestre; y entre la superficie terrestre y el sensor se interpone la atmósfera, que interfiere de formas diversas con el flujo radiante y por ende afecta en forma considerable las escenas resultantes.

Independientemente de los inconvenientes que trae la interacción atmosférica en el proceso de teledetección existen otros problemas adicionales. Una vez capturada la radiación emitida por la superficie terrestre se debe discretizar y plasmar dicha información en una matriz de píxeles. El

valor numérico de cada píxel se define en función de la radiancia recibida por el sensor para esa porción de terreno para una banda espectral, el cual se denomina nivel digital (ND).

Como ya se dijo, el principal inconveniente que poseen los sistemas de teledetección es la resolución espacial. La resolución espacial hace referencia al tamaño de la mínima unidad discriminable sobre la imagen. Este concepto, se relaciona con el tamaño del píxel y por consiguiente con la escala con la cual se representan las imágenes [Chuvienco].

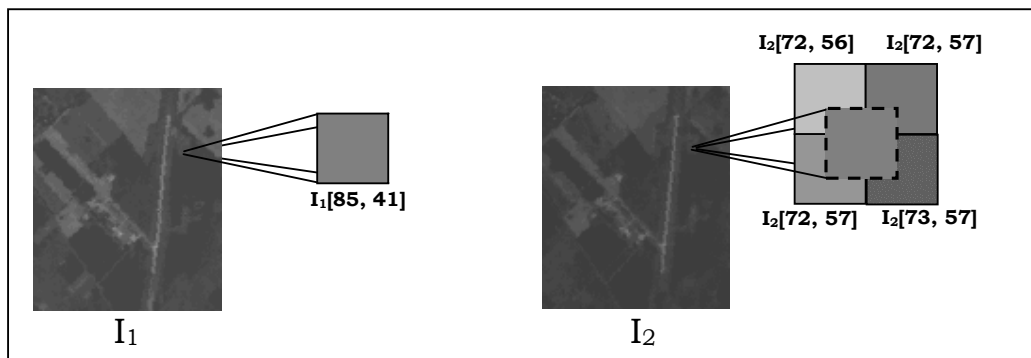
A primera vista se puede aseverar que aquellos elementos por debajo del tamaño del píxel no serán, en principio, discriminables en la imagen, lo que supone un elemento fundamental en la selección del sensor más conveniente para cada objetivo de estudio. Cuanto mayor sea la resolución, mejor podrá definirse un píxel, ya que será más susceptible de albergar una única cubierta. Por el contrario, si el tamaño del píxel es grande, la señal detectada resulta frecuentemente de varios tipos de cubiertas, haciendo mucho más compleja su visualización.

Aplicación de la técnica: Súper - Resolución

Cada satélite tiene definido una órbita, que repetirá sucesivamente en intervalos de tiempo fijo, capturando imágenes a medida que se desplaza. Esto significa que, luego de un periodo fijo el satélite pasará por un mismo lugar pudiéndose obtener entonces, una secuencia de imágenes de la misma zona adquiridas en diferentes fechas.

Cuando se cuenta con una secuencia donde la información contenida en una imagen es aproximadamente la misma a la siguiente, se puede obtener una imagen cuyo nivel de detalle o resolución espacial sea mayor. Esto se logra mediante una técnica denominada Súper – Resolución la cual se basa en aprovechar la información no redundante de una secuencia de imágenes de forma tal de construir una nueva imagen que posea una mayor definición que las originales [Federico2004].

Debido a cuestiones tales como la discretización de la energía capturada por el sensor en una matriz fija o el movimiento propio del satélite, la superficie representada por un píxel en una imagen no se corresponderá exactamente con ese mismo píxel en una imagen posterior.



Figural.- Sector de una imagen Landsat 7 de la banda 3 en la que se muestra la correspondencia entre píxeles para diferentes imágenes.

La Figura 1 muestra un sector de una imagen Landsat 7 para una banda particular, donde I1 fue capturada el día 02/11/2000 y la imagen I2 el día 18/11/2000. Se puede observar que el píxel I1[85, 41], representa una porción de territorio de 30 x 30 m. cuya intensidad representa la energía recibida desde esa porción de territorio. La imagen I2 muestra una posible distribución de píxeles en donde I2[72,56], I2[73, 56], I2[72, 57] y I2[73, 57] recibirán cada uno parte de la energía emitida por

la superficie correspondiente al píxel $I_1[85, 41]$ mas otra parte correspondiente a la porción de terreno adyacentes a este.

Esto se puede interpretar como una traslación de una imagen digital respecto de otra diferente fecha.

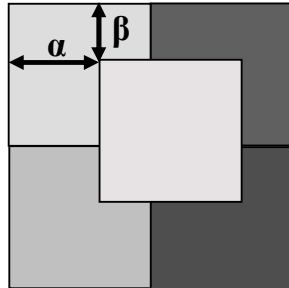


Figura 2.- Desplazamiento a nivel sub - píxel en ambos sentidos.

La Figura 2 muestra la traslación sub - píxel existente entre dos imágenes. El vector traslación esta definido por el par (α, β) , donde α define el desplazamiento del píxel en sentido horizontal y β define el desplazamiento del píxel en sentido vertical.

La principal dificultad en este problema es claro, y se basa en encontrar la traslación sub-píxel entre las imágenes.

La metodología propuesta busca la mejor representación de la traslación sobre un muestreo predefinido. Esto es, dado un nuevo muestreo para las imágenes, encontrar aquel par de valores de α, β que maximicen la auto-correlación entre las mismas.

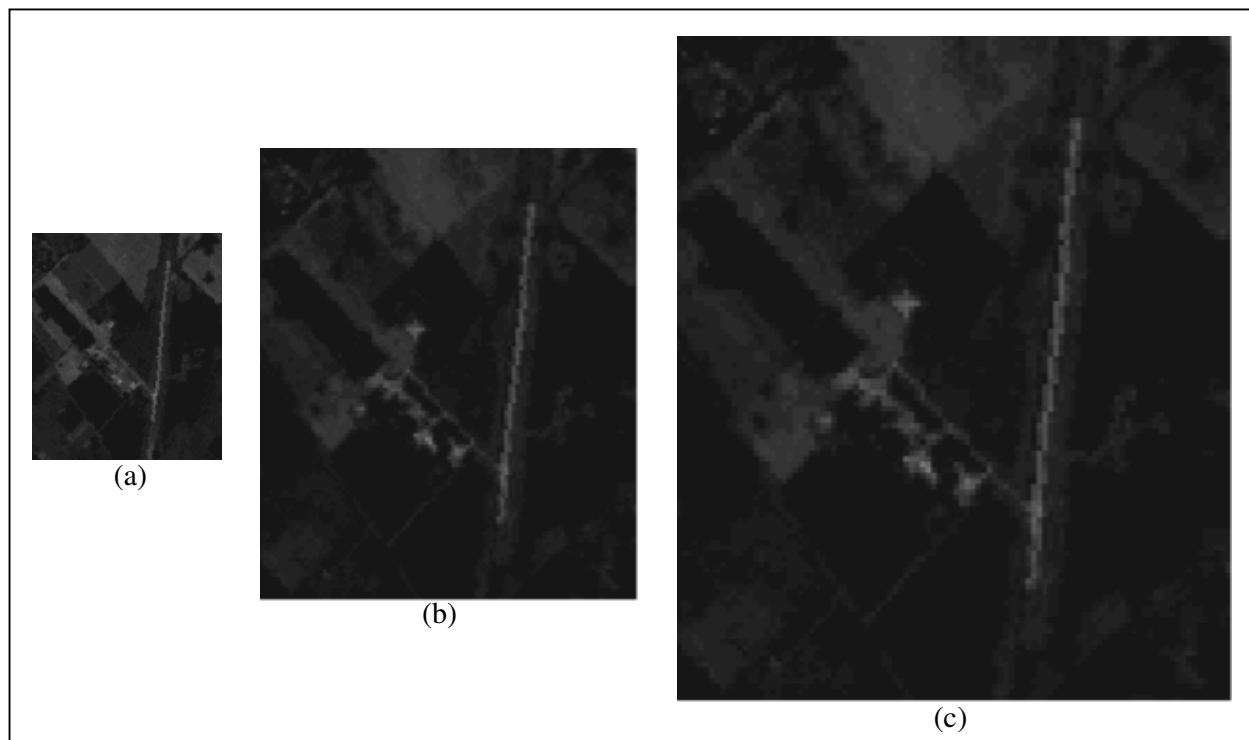


Figura 3.- Diferentes muestreos utilizados.

Los primeros resultados

Se ha probado la técnica para varios sectores de diferentes imágenes satelitales y se han obtenido, como se puede observar, buenos resultados. Aquí se muestra un sector que corresponde a la pista de aterrizaje, hangares y alrededores de la VI Brigada dependiente de la Fuerza Aérea Argentina en la ciudad de Tandil. Las fechas de las imágenes utilizadas en este ejemplo son 12/04/2000, 02/11/2000, 18/11/2000 respectivamente.

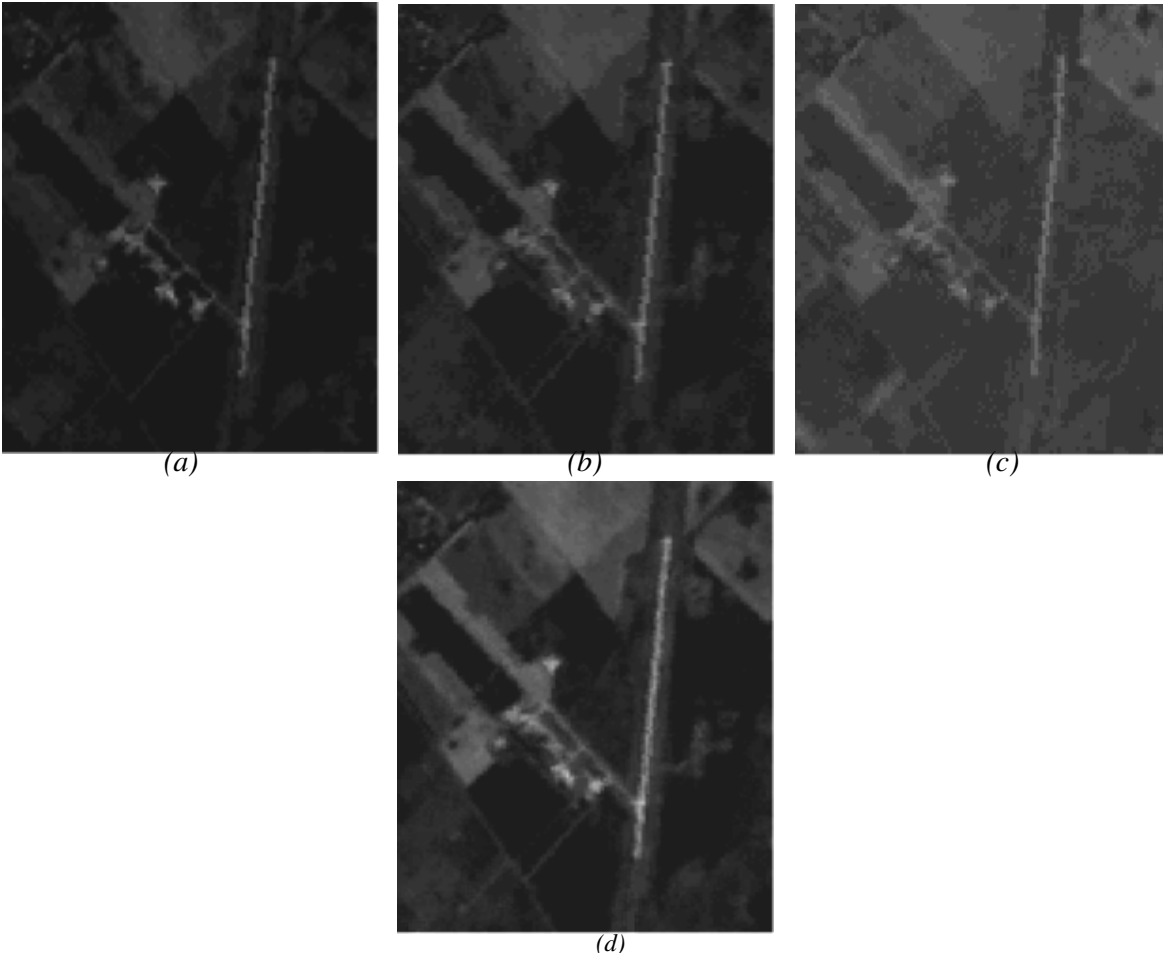


Figura 4.- (a), (b) y (c) corresponden a imágenes capturadas el 12/04/2000, 02/11/2000 y el 18/11/2000 respectivamente con un muestreo de 1:4. (d) Resultado de aplicar Súper - Resolución a estas tres imágenes.

La Figura 4(d) muestra los resultados obtenidos al aplicar la técnica a las tres imágenes mostradas en (a), (b) y (c).

Las imágenes originales utilizadas (Escala 1:1) tienen una resolución espacial de 30 m x 30 m. y la imagen obtenida como resultado fue construida a partir de píxeles de 15 x 15 m., lo que en la práctica significa una cuasi duplicación de la resolución.

En la imagen a la cual se le aplicó la súper resolución se puede observar como se obtuvo una mejora considerable en la definición, a diferencia de las imágenes con el nuevo muestreo. La pista se ve claramente mas recta, es decir no se visualiza el escalonamiento que se percibe claramente en las originales. Tampoco se puede distinguir en (a), (b) y (c) los hangares y dependencias de la

brigada aérea cosa que si se puede apreciar con más claridad en la imagen resultante, tanto así como el efecto serrucho presente también en los caminos y los límites entre cultivos adyacentes.

Futuro del proyecto

Se estudiará la posibilidad de determinar la cantidad de imágenes necesarias para poder lograr cierta mejora en un muestreo dado. Es decir cuantas imágenes se necesitan para obtener resultados aceptables para un muestreo 1:4, cuantas para un muestreo de 1:9 y así sucesivamente.

Otra cuestión importante es la de incorporar todas las bandas espectrales de una imagen satelital en la metodología, para así aprovechar toda la información disponible y poder obtener resultados más precisos.

Estudiar el efecto que causa la variación de la intensidad luminosa a través del tiempo, además de las variaciones provocadas en la misma por la atmósfera

Bibliografía

[Akgun2004] Toygar Akgun, Yucel Altunbasak, Russell Mersereau. “Super-resolution Reconstruction of Hyperspectral Images”

[Alvarez2004] Alvarez, L.D., J.Mateos, R. Molina, A.K. Katsaggelos “*Observabilidad y Predictibilidad en la Super -Resolución*”

[Molina2004] Molina, Rafael. “*Super – Resolution From Images and Video*”

[Federico2004] Cristina Federico, Oscar Bria, Claudia Russo. “*Generación de Imágenes de Alta Resolución Utilizando Secuencias de vides de Baja Resolución*”. CACIC 2004

[Mateos2003] Javier Mateos. “*Aplicaciones de los algoritmos de restauración de imágenes multicanal a problemas de Super - Resolución*”

[Segall2003] C.A. Segall, R. Molina, and A. K. Katsaggelos “*High Resolution Images from a Sequence of Low Resolution and Compressed Observations: A Review*”

[Kin2003] Kwan In Kin, Matthias Franz, Bernhard Schölkopf. “*Kernel Hebbian Algorithm for Image Hyperresolution*”.

[Molina2001] Rafael Molina. “*Extracción de imágenes y secuencias de videos de alta resolución a partir de secuencias de video comprimidas de baja resolución*”.

[Borman98] Sean Borman, Robert Stevenson. “*Spatial Resolution Enhancement of Low Resolution Images Sequences. A Comprehensive Review with Directions for future Research*”

[Chuvieco94] Emilio Chuvieco. “*Fundamentos de la Teledetección Espacial*”.