

Normalización de Imágenes Satelitales en el Análisis Multi-Temporal

Paula M. Tristan(1)(2), Ruben S. Wainschenker(1) , Jorge H. Doorn(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,rfw}@exa.unicen.edu.ar*

Resumen – En los últimos años la teledetección ha crecido de manera exponencial tanto así como las áreas en que pueden utilizarse. Existen numerosas aplicaciones basadas en el análisis de imágenes satelitales que abarcan campos científicos muy variados como cartografía, agricultura y forestación, entre los más comunes. Una alternativa interesante de aplicación que ha surgido, es la posibilidad de estudiar la evolución a lo largo del tiempo de diferentes fenómenos utilizando una secuencia de imágenes. Debido a que la disponibilidad de imágenes no es amplia surge la necesidad de utilizar imágenes obtenidas por diferentes sensores. Ya que cada sistema sensor posee características diferentes, las imágenes resultantes tienen también diferentes características. Es por esto que surge la necesidad de normalizar la secuencia de imágenes de manera que éstas puedan ser comparables. Este trabajo presenta una alternativa de normalización de imágenes satelitales que analiza todos los parámetros que definen a cada una de las imágenes utilizadas en el estudio. Esta tarea de normalización es imprescindible a la hora de intentar estudiar cualquier tipo de fenómeno utilizando imágenes obtenidas por diferentes sensores.

Palabras clave - Teledetección, Resolución, Análisis Multi-Temporal, Normalización

1.- Introducción

Se denomina resolución de un sistema de captación de imágenes a la capacidad de éste para discriminar información de detalle de los objetos contenidos en la misma [1]. El concepto de resolución aplicado a los instrumentos ópticos tradicionales se refiere fundamentalmente al poder de separación espacial del sistema. Cuando se utilizan sensores remotos a bordo de satélites, el estudio de una cubierta introduce nuevas dimensiones, además de las planimétricas. La variable altimétrica en determinados casos puede considerarse despreciable, pero sin embargo aparecen, por un lado, la variable espectral, al poder ser adquirida la imagen en varias bandas del espectro electromagnético, y por otro, la variable temporal, al ser posible el estudio multitemporal de una escena, en virtud de la periodicidad del paso del satélite por el lugar de estudio. En teledetección se emplea el mismo término resolución, pero como una extensión del concepto anterior. Así pues se habla de resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal [2], [3].

En la actualidad muchas aplicaciones visuales requieren imágenes con altos valores en su resolución de manera de facilitar una adecuada interpretación de los datos almacenados en las mismas.

Si se desea realizar algún análisis de la evolución de cierto fenómeno a lo largo del tiempo es necesario utilizar una secuencia de imágenes que abarquen el período deseado. Generalmente, debido a la escasa disponibilidad, es necesario recopilar imágenes provenientes de diferentes sensores. Como es sabido cada sensor posee características y dispositivos diferentes que definen la resolución de éste en todas sus dimensiones, de manera que las imágenes resultantes también tienen resoluciones diferentes de las otras.

Esto hace necesario realizar algunas operaciones previas al análisis, ya que se deben compatibilizar todas las imágenes de la secuencia de manera que éstas puedan ser comparables entre sí.

Este trabajo presenta alternativas para el estudio y la normalización de los valores de las diferentes resoluciones con el fin específico de permitir un facilitar el análisis

comparativo de diferentes imágenes satelitales, obtenidas por los mismos o diferentes sensores, a lo largo del tiempo. Esta normalización implica un análisis minucioso de cada variable, intentando en toda circunstancia lograr una mejora en los valores de cada uno de estos parámetros.

2.- Resolución de un sistema sensor

La definición de los valores de cada una de las resoluciones depende fundamentalmente del objetivo para el cual el sensor fue construido, la capacidad de transmisión y almacenamiento de información a estaciones receptoras. A continuación se definen cada una de estas resoluciones.

2.1.- Resolución Espacial

Se llama resolución espacial a la capacidad del sistema para distinguir el objeto más pequeño posible en una imagen. Esta acepción del término coincide con su formulación tradicional, tal como se aplica a sistemas analógicos. La resolución espacial de los satélites óptico-electrónicos depende de la altura orbital, de la velocidad de exploración y del número y la miniaturización de los detectores entre otras características. La resolución espacial de los sensores actualmente en explotación varía de acuerdo al objetivo específico de cada uno; existen sensores con resoluciones por debajo del metro mientras que hay otros que oscilan alrededor de los 11000m.

2.2.- Resolución Espectral

Se denomina resolución espectral a la capacidad del sensor para discriminar la radiancia detectada en distintas longitudes de onda del espectro electromagnético. La resolución espectral está determinada por el número de bandas que el sensor puede captar y por la anchura espectral de éstas.

En términos generales, el sensor será de mayor utilidad cuanto mayor sea el número de bandas que proporcione, ya que algunas cubiertas requieren estudios multiespectrales. Por otro lado, conviene que el ancho de cada banda sea lo más reducida posible, con el objeto de no obtener valores medios de regiones espectrales de diferentes significación física. Algunos sensores discriminan el espectro en 3 bandas mientras que los hiper-espectrales oscilan alrededor del centenar.

2.3.- Resolución Radiométrica

La resolución radiométrica es la capacidad del sensor para discriminar niveles o intensidades de radiancia espectral. En los sistemas analógicos como la fotografía, la resolución radiométrica viene determinada por el número de niveles de gris que pueden obtenerse. En los sistemas óptico-electrónicos, la radiancia incidente en el sensor es registrada matricialmente por un arreglo de celdas, cada una de las cuales reporta un nivel digital (ND) proporcional a la cantidad de energía electromagnética recibida. Este dato es obtenido por un convertidor analógico-digital incorporado en la plataforma. Existen sensores que diferencian 128 niveles mientras que otros alcanzan los 1024 niveles diferentes.

2.4.- Resolución Temporal

Se denomina resolución temporal a la capacidad del sistema para discriminar los cambios temporales sufridos por la superficie en estudio. Este concepto hace referencia a la periodicidad con que el sensor puede adquirir una nueva imagen del mismo punto de la superficie terrestre. En la mayoría de los satélites, la periodicidad de paso por un

lugar depende solamente de dos factores: la altura de la órbita, de la que depende la velocidad del satélite, y el ángulo de abertura de la observación.

3.- Métodos Propuestos

Habitualmente para poder estudiar la evolución o analizar los cambios de las superficies a lo largo del tiempo utilizando imágenes satelitales diferentes o adquiridas por diferentes sensores, es necesario en la mayoría de los casos, realizar correcciones o adaptaciones respecto de algún tipo de resolución de forma de adecuar las imágenes a una forma normal y común.

Las imágenes una vez recibidas por las estaciones terrenas sufren una serie de correcciones, por un lado correcciones de carácter geométrico y por otro de carácter radiométrico debido fundamentalmente a la presencia de la atmósfera. Una vez realizadas estas correcciones, las imágenes resultantes quedan disponibles para los usuarios finales.

A continuación se presentan las alternativas propuestas para la normalización de las imágenes, analizando y describiendo éstas desde los tres puntos de vista mencionados.

3.1.- Desde el punto de vista TEMPORAL

Cuanto mayor sea la resolución temporal de un sensor, se podrá realizar un análisis mas detallado en virtud de que existirán muchas imágenes disponibles. En casos que la resolución temporal no se suficiente para cubrir las necesidades existe la posibilidad de completar el periodo de estudio con imágenes provenientes de otros sensores cubriendo aquellos momentos en que un sensor no este disponible.

Una imagen satelital mayormente esta separada de la próxima en por lo menos varios días. El transcurso del tiempo trae aparejado algunos inconvenientes, principalmente el cambio en las condiciones de iluminación.

La iluminación promedio de una imagen satelital integrante de una secuencia temporal de imágenes de un lugar específico de la Tierra, difiere notoriamente de las correspondientes iluminaciones promedio de otras imágenes de la misma secuencia; esto es debido a numerosos factores. Indudablemente el más importante es la variación del ángulo solar y luego le sigue la variación de la distancia entre la Tierra y el Sol. La variación del ángulo solar depende de la época del año, en verano el ángulo de elevación solar es mucho mayor que en invierno mientras que en el hemisferio sur la distancia Tierra Sol es menor en el verano y mayor en el invierno.

Para comparar imágenes capturadas en diferentes estaciones del año, ya sean obtenidas por el mismo sensor o por sensores diferentes, es necesario entonces independizarse de la época del año en la cual fue adquirida cada imagen. Esta normalización implica una corrección de cada valor de energía recibido por el sensor respecto del día del año en la que la imagen fue capturada. Estas correcciones son conocidas y se aplican normalmente.

Existen también otros problemas no menores como las condiciones meteorológicas y la diafanidad del aire en el momento de la captura. En estos casos se esta estudiando la posibilidad de introducir información adicional como datos meteorológicos o de trabajo de campo de manera de poder eliminar estos efectos.

3.2.- Desde el punto de vista ESPACIAL

En las últimas décadas, con el avance de la tecnología, las características de los sensores han avanzado permitiendo de esta manera una mejora en la resolución espacial. Desde el punto de vista del análisis Multi-Temporal puede ser necesario comparar imágenes de varios años y hasta décadas de diferencia, con evidentes diferencias en su resolución

espacial. En este caso es deseable poder discriminar y detectar objetos más pequeños que los que el sensor puede capturar, o al menos lograr aproximar la resolución de las imágenes con menor resolución espacial a las imágenes de mayor resolución, de forma de facilitar el estudio de diversos fenómenos como humedad en el suelo, enfermedades de cultivos, estimación de cosechas, superficie inundada, etc.

Existe una técnica de mejoramiento de imágenes conocida como Súper-Resolución y se basa en aprovechar la información no redundante presente en una secuencia de imágenes. Idealmente cada imagen debe diferir respecto de las otras en un simple vector desplazamiento. El vector desplazamiento no puede ser cualquiera, pues si hay correspondencia entre la secuencia de baja resolución en unidades enteras de píxeles, entonces ambas imágenes contendrán casi la misma información, solamente que desplazada, con lo cual no existe nueva información que permita construir una imagen de mayor resolución con este método. Pero, si las imágenes tienen desplazamientos a nivel sub-píxel entre ellas, entonces existe información adicional y se puede mejorar la resolución espacial [4]-[9].

Esta técnica ya ha sido extendida y aplicada con éxito a imágenes satelitales [9],[10] permitiendo de manera relativamente sencilla mejorar la resolución espacial en una secuencia de imágenes satelitales.

Este trabajo ya está hecho y probado, en algunos casos se podrá mejorar la resolución de todas las imágenes mientras que en otros sólo se podrán mejorar algunas dependiendo de la disponibilidad de éstas.

3.3.- Desde el punto de vista RADIOMETRICO

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 captado por los sensores. Los principales fenómenos físicos que se producen por la interposición son la absorción y la dispersión. Esto lleva consigo una necesidad de realizar correcciones a los valores de energía recibidos. Se entiende por esta corrección a cualquier proceso que conduce a la restauración de los valores de radiancias obtenidas para una imagen de manera de acercarlos a los valores que hubieran tenido en condiciones de recepción ideales y ausencia del efecto atmosférico. Ante esta situación surge la necesidad de normalizar la energía, es decir llevar todos los valores de energía a una escala “normal y común” a la secuencia de imágenes a utilizar.

Una de las formas de expresar esta normalización es utilizar en vez de valores de energía reflejada los valores de reflectividad de superficies.

La reflectividad es la relación entre el flujo incidente y el reflejado por una superficie terrestre, precisamente es el porcentaje de radiación incidente que es reflejada por la superficie [2]. La reflectividad es una característica del objeto observado, aunque puede variar con el ángulo de observación, pero no depende del sistema de observación, por lo tanto, es la magnitud ideal para comparar imágenes Multi-Temporales o multi-sistema.

Una vez estimados los valores de reflectividad se puede utilizar información adicional como valores de reflectividad obtenidos en trabajo de campo o teóricos conocidos de manera de corregir los valores calculados.

3.4.- Desde el punto de vista ESPECTRAL

Cada banda está definida en una porción del espectro electromagnético, dicha porción depende directamente de las características de los detectores a bordo del sensor.

Si se desea comparar imágenes adquiridas por sensores diferentes será necesario, siempre que sea posible, compatibilizar las bandas.

Hacer compatible una banda de una imagen proveniente de un sensor con otra banda de una imagen proveniente de otro no es tarea sencilla. El valor captado por cada detector corresponde a la cantidad total de energía recibida para el intervalo de longitud de onda que lo define, con lo cual será necesario diferenciar que porción de la energía total recibida corresponde a un subintervalo de longitud de onda de la banda.

Esta tarea no es nada sencilla y se están realizando pruebas para diferenciar por ejemplo: la banda pancromática de imágenes Landsat 7 con la proporción correspondiente a las bandas infrarroja, roja y verde. Siempre que se hagan estas estimaciones deberá indicarse el porcentaje de error con el que se está trabajando.

4. Conclusiones y trabajos futuros

La teledetección conforma actualmente una herramienta muy útil para estudiar la evolución de muchos fenómenos, tanto naturales como elaborados por el hombre. Realizar un análisis Multi-Temporal no es una tarea sencilla, para poder tener resultados certeros es fundamental normalizar cada una de las imágenes utilizando un patrón común.

La normalización de imágenes respecto de la resolución temporal esta relativamente bien resuelta utilizando una compensación de la iluminación respecto de la fecha de adquisición.

Para normalizar imágenes respecto de la resolución espacial, se ha desarrollado satisfactoriamente un algoritmo que extiende las técnicas de Súper-Resolución de manera de incrementar la resolución de una imagen satelital y así poder compararla directamente con otra.

Respecto de la resolución radiométrica, es fundamental utilizar valores de reflectividad y no energía detectada. Por otro lado es fundamental completar estos valores de reflectividad con valores de campo reales de manera lograr una correcta interpretación independizándose totalmente de los efectos atmosféricos.

Por último, la normalización desde el punto de vista espectral implica un estudio minucioso y un conocimiento detallado de las características de los elementos sensibles y analizar de qué manera podría lograrse una normalización de bandas compensando entre ellas. Esta tarea todavía no se ha resuelto pero se esperan obtener resultados prontamente.

5.- Bibliografía

- [1] Pinilla C. Elementos de Teledetección. Ed. Ra-Ma., Madrid. 1995.
- [2] Chuvieco E. "Fundamentos de la Teledetección Espacial". Ed. Rialp S.A., Madrid-España. 1994.
- [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] Rees W. G. "Physical principles of remote sensing". Ed. Cambridge University Press. 2001.
- [6] Borman S. "Topics in multiframe superresolution restoration"
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Tristan, P. "Súper-Resolución: una alternativa eficaz para imágenes satelitales". Tesis presentada como requisito para optar al título de Magíster en Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As. Mayo 2007
- [10] Tristan, P. "Súper-Resolución Aplicada a Imágenes Satelitales". Revista Colombiana de Computación. Vol 8 Nro. 1. Junio 2007.