

UN ALGORITMO PARA LA RECTIFICACION E INTERPOLACION DE VALORES PUNTUALES EN LAS IMAGENES DE SATELITE NOAA

A. Sanz Redondo

Dpto. de Suelos y Riegos, CIDA, Apdo. 4240. 14080 Córdoba. Tfno.: 957-218537.

E-mail: ir1sarea@uco.es

J.V. Giráldez Cervera

Dpto. de Agronomía, ETSIAM, Avda. Menéndez Pidal s/n, Apdo. 3048, 14080 Córdoba.

Tfno.: 957-218512. E-mail: ag1gicej@uco.es

M. Sánchez de la Orden

Dpto. Ingeniería Gráfica, ETSIAM, Avda. Menéndez Pidal s/n, Apdo. 3048, 14080

Córdoba. Tfno.: 957-218537.

M.P. González Dugo

Servicio Centralizado de Información del Territorio, ETSIAM, Avda. Menéndez Pidal s/n,

Apdo. 3048, 14080 Córdoba. Tfno.: 957-218921. E-mail: maria@uco.es

RESUMEN.- Los datos del sensor AVHRR de los satélites NOAA han sido utilizados en diversos estudios climáticos y medioambientales debido a su alta resolución temporal, espectral. Sin embargo, la amplitud del mínimo elemento gráfico, pixel, 1100x1100 m² en el nódido, complica la referenciación de estas imágenes, imprescindible en estudios multitemporales.

Diferentes distorsiones geométricas, a las que se ven sometidas las imágenes, impiden la existencia de una relación biunívoca entre las unidades gráficas en la imagen primitiva y en la imagen referenciada. Esto puede dar lugar a errores en la asignación de la información digital y por tanto falsear los resultados obtenidos en el análisis multitemporal.

El objetivo de este artículo es analizar y optimizar el proceso de rectificación, cuantificando los errores que se cometen en la misma, tanto geoméricamente como en la asignación de valores digitales.

ABSTRACT.- NOAA-AVHRR data are widely used for environmental research due to their high temporal and spectral resolutions. However, the higher spatial resolution of NOAA-AVHRR images requires a careful referenciation for multitemporal studies.

The geometric distortion in the raw data, avoid a one-to-one pixel correspondence between distorted input and rectified output images. This situation may originate troubles in the assignment of the digital information.

This paper describes an algorithm developed to improve the rectification process of the NOAA images satellite and the resampling of the information.

1.- INTRODUCCION

El uso de los datos procedentes de satélites como la serie NOAA (National Oceanic Atmosphere Administration), nos ha permitido hacer estudios a nivel regional, continental e incluso global de gestión y evaluación de vegetación y superficie del suelo, tales como

detección de fuego (Matson *et al.*, 1987); análisis de incendios (Casanova *et al.*, 1991); cartografía de superficie quemada (Martín *et al.*, 1994); detección de bancos de atunes; determinación de índices de sequía y clasificación de cubiertas vegetales.

Las imágenes adquiridas por teledetección sufren diferentes distorsiones debido a la curvatura de la Tierra, a su rotación, a los sensores que las captan y a la proyección de una superficie esférica sobre un plano. Estas distorsiones pueden dar lugar a errores en los análisis y en la comparación de imágenes, sobretudo en estudios secuenciales, o basados en imágenes captadas por distintos satélites. Estos errores se evitan con dos tipos de correcciones: i) geométricas que afectan a la posición exacta de las unidades gráficas o píxeles e ii) radiométricas que afectan a los niveles digitales (ND) de la imagen.

Para analizar series temporales de imágenes de una misma zona se hace necesario la referencia de todas ellas a un mismo sistema de proyección para su comparación, y extrapolación de datos obtenidos a partir de las mismas. La referencia de una imagen del satélite NOAA tiene como finalidad la identificación de cada uno de los elementos de imagen, píxeles, con coordenadas geográficas y viceversa (Diem y Asem, 1986).

Debido a estos defectos, no existe una relación biunívoca entre los elementos de imagen en la señal primitiva y en la proyectada, produciéndose, por tanto, una incertidumbre en el proceso de transferencia de la información digital de una imagen a otra (Di y Rundquist, 1994).

Así mismo, sólo conocemos con exactitud en la imagen primitiva y en la imagen rectificada los ND de los puntos de control, pero no los del resto de la imagen, complicando aún más la verificación del proceso de interpolación espacial.

Existen diversos procedimientos que automáticamente corrigen la imagen. Sin embargo la interpretación de los resultados conseguidos es muchas veces difícil por desconocerse los detalles de los diferentes métodos aplicados. Por ello, se ha desarrollado un algoritmo "*ad hoc*" para analizar las imágenes.

2.- MATERIAL Y METODOS

Las imágenes del satélite NOAA se reciben a través de una antena situada en la ETSIAM de la Universidad de Córdoba. Estas imágenes son corregidas orbitalmente (Kelso, 1992). Posteriormente se realiza otra corrección para eliminar la distorsión panorámica causada por la curvatura de la Tierra y el amplio campo de visión cubierto por el sensor AVHRR.

Al mismo tiempo que se capturan las imágenes, obtenemos un fichero de puntos de control, que son las coordenadas, en filas y columnas y en latitud/longitud, de algunos elementos de imagen, píxeles, en el instante de toma de la imagen por el satélite.

Cada imagen espacial es proyectada sobre un plano, es el proceso denominado *rectificación* donde estableceremos la correspondencia entre los píxeles, definido en filas y columnas, y sus coordenadas geográficas.

Con las coordenadas en filas y columnas y en latitud/longitud de los puntos de control establecemos una ecuación de transformación polinómica de tercer grado en x e y,

$$x' = a_0 + a_1 * x + a_2 * y + a_3 * x^2 + a_4 * x * y + a_5 * y^2 + a_6 * x^3 + a_7 * x^2 * y + a_8 * x * y^2 + a_9 * y^3 \quad (1a)$$

$$y' = b_0 + b_1 * x + b_2 * y + b_3 * x^2 + b_4 * x * y + b_5 * y^2 + b_6 * x^3 + b_7 * x^2 * y + b_8 * x * y^2 + b_9 * y^3 \quad (1b)$$

cuyos coeficientes se ajustan a los datos de los puntos de control, minimizando la suma de los cuadrados de las diferencias, mediante un método de optimización como el algoritmo de Rosenbrock (Himmelblau, 1972). La bondad de este ajuste se determina a través del error medio cuadrático que suele estar entre 300-400m.

Para verificar la corrección, se superpone un mapa de España digitalizado por el Instituto Geográfico Nacional a E:1/1000000 como muestra la Figura 1.



Figura 1.- Imagen rectificada (31/05/1995) (C. 47)

En la transformación anterior hemos creado una imagen con coordenadas mapa aunque vacía de información. A continuación, se realiza el trasvase de información digital interpolando los valores correspondientes a puntos conocidos mediante alguno de los métodos conocidos: i) vecino más próximo, ii) interpolación bilineal y espline bicúbico. Este último método, ampliamente usado en cartografía (Press et al., 1990 § 3.6) se representa bajo la forma de convolución indicado por Khan *et al.*, 1994.

Existen varios programas en el mercado que realizan este tipo de correcciones, sin embargo, ante las dudas sobre los procedimientos que usan, se ha optado por desarrollar un algoritmo propio que realiza la rectificación de las imágenes y la transferencia de su información digital, con el fin de poder interpretar y analizar los resultados de esta transformación.

4.- DESCRIPCION DEL ALGORITMO

La rectificación y la interpolación de las imágenes se realizan con un algoritmo plasmado en el código REFER¹. Esencialmente, el algoritmo tras leer los datos, calcula las coordenadas geográficas de la cuadrícula transformada en la imagen rectificada asignándole sus correspondientes valores digitales. A continuación, se generan los nuevos píxeles y se les transfiere la información digital calculada según el método de interpolación deseado.

Como consecuencia de las correcciones por distorsión panorámica, a la proyección de una imagen esférica sobre un plano, y a la limitación de tamaño de pixel a 1100 x 1100 m²; nos encontramos, en la imagen rectificada, un mayor número de píxeles que en la imagen primaria, lo que nos plantea la incógnita de conocer los valores digitales que toman los nuevos píxeles a partir de los originales.

En la imagen de entrada, Figura 2, cada cuadrícula representa una unidad gráfica, pixel, con sus coordenadas, definidas en filas y columnas, y su valor digital equivalente a la radiancia captada por el sensor.

Esta imagen, la proyectamos sobre un plano y le damos coordenadas geográficas, a partir de las ecuaciones de transformación previamente establecidas (Figura 3). Cada cuadrícula de esta nueva imagen no coincide con las unidades gráficas elementales, pues se le asigna un tamaño de 1100 x 1100 m² con el objetivo de poder comparar imágenes en estudios multitemporales.

A continuación se generan los píxeles del tamaño considerado y se calcula su punto medio al que se le asignará, por cuestiones de comodidad, el valor digital interpolado.

En esta nueva malla, Figura 4, se puede observar como la superficie, en la imagen rectificada, correspondiente a su homóloga en la imagen original, está formada por varios píxeles, por tanto, la información digital de ella será una composición de los valores que tengan los píxeles que la constituyen.

¹ el código escrito en lenguaje FORTRAN puede ser conseguido solicitándolo a la primera autora.

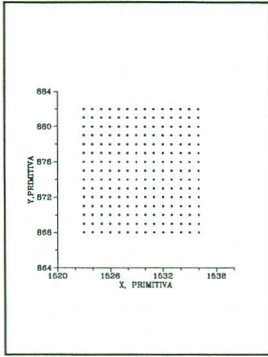


Figura 2.- Imagen primitiva

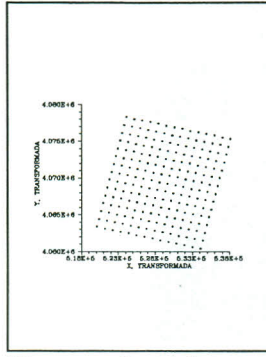


Figura 3.- Imagen transformada

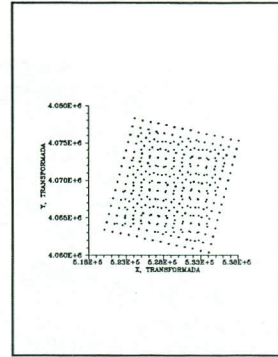


Figura 4.- Pixeles generados

5.- RESULTADOS

Ante la dificultad de conocer con exactitud los valores digitales en la imagen original y en la rectificada, de otros puntos diferentes de los de control, se ha procedido a verificar cual de los métodos de interpolación se ajusta mejor a la realidad.

Para ello, hemos generado un número determinado de puntos en el interior de cada pixel, y se les ha calculado el nivel digital correspondiente según cada uno de los métodos de interpolación.

Si se considera el verdadero valor del pixel como el promedio de todos los puntos que lo constituyen, el mejor método de trasvase de información digital será aquel cuyas diferencias entre puntos contiguos sean menores porque dichos valores se distribuirán mejor, y el valor medio, se ajustará más a la realidad del área que representa.

En las figuras 5, 6 y 7, se han representado los valores de estos puntos, con el programa SURFER. En ellas podemos observar las grandes diferencias entre usar el método del vecino más próximo e interpolaciones de grado superior.

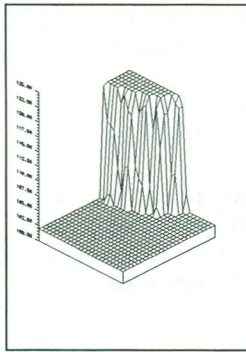


Figura 5.- Vecino mas proximo.

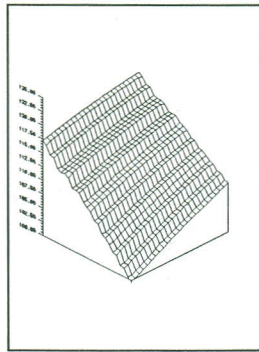


Figura 7.- Espline bicúbico

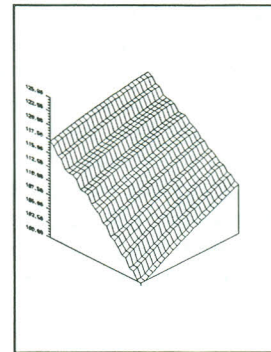


Figura 6.- Interpolación bilineal

Con el método del vecino más próximo, Figura 5, el valor promedio del pixel, no refleja el verdadero valor del área que representa, debido a los cambios bruscos entre una zona y otra de puntos.

La superficie alabeada a la que se ajustan los valores digitales de los puntos interiores a un

pixel calculados por el método de espline bicúbico, Figura 7, indica que no hay saltos bruscos entre valores de puntos próximos entre sí, como consecuencia de la influencia del entorno a la hora de calcular su valor, lo que implica una mayor homogeneidad en la distribución de estos puntos y un mayor ajuste al valor real del pixel.

6.- CONCLUSIONES

Existe un gran desconocimiento de los procesos que automáticamente corrigen las imágenes y la manera en que se realiza la transferencia digital de valores de una imagen a otra. Esta situación se agrava con la dificultad de verificar los resultados de estas correcciones, debido a la imposibilidad de conocer realmente el valor digital antes y después de la corrección.

En este trabajo, se ha desarrollado un algoritmo que realiza la rectificación de las imágenes y el trasvase de sus niveles digitales, y se ha verificado qué método de interpolación espacial se ajusta más al verdadero valor de los píxeles.

A medida que elevamos el grado de interpolación, el entorno de una cuadrícula en la imagen primitiva, influye en el valor calculado del pixel en la imagen rectificadora lo que significa que este valor refleja con mayor exactitud la realidad que representa.

7.- AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General de Investigación Agraria de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía el soporte económico para la realización de este trabajo, sin el cual no hubiese sido posible la realización del mismo.

8.- BIBLIOGRAFIA

- Casanova, J.L., Illera, P., Delgado, J.A. and Rodriguez, P. 1991. Análisis de incendios mediante imágenes NOAA. Teledetección y Medio Ambiente. *IV Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección*. Sevilla. pp 40-45.
- Di, L. and Rundquist, C. 1994. A one-step algorithm for correction and calibration of AVHRR level 1b data. *Photogram. Enging. Rem. Sens.* **60**: 165-171.
- Diem, H. and Asem, A. 1986. NOAA AVHRR image referencing. *Int. J. Rem. Sens.* **7**: 895-904.
- Himmelblau, D.M. 1972. Applied nonlinear programming Mc Graw Hill, N. York.
- Kelso, T.S. 1992. Documentation for NORAD SGP4/SDP4 Units. Version 2.50
- Khan, B., Hayes, L.W.B. and Crackwell, A.P. 1995. The effects of higher-order resampling on AVHRR data. *Int. J. Rem. Sens.* **16**:147-163.
- Martín, M.P., Chuvieco, E. and Domínguez, L. 1994. Cartografía, evaluación y seguimiento de grandes incendios forestales a partir de imágenes NOAA-AVHRR. *Revista de Teledetección*, **3**:20-27.
- Matson, M. and Holben, B. 1987. Fire detection using data from the NOAA-N satellites. *Int. J. Rem. Sens.* **8**: 961-970.
- Press, N.H., Tenkolsky, S.A., Vetterling, W.T. and Flannery, B.P. 1990. Numerical Recipes, 2ª Ed., Cambridge Univ. Press, N. York.