

MÉTODO AUTOMÁTICO DE EXTRACCIÓN DE VÍAS DE COMUNICACIÓN A PARTIR DE LA IMAGEN IRS-P

J. ARMESTO y M. L. GIL

mlgild@correo.lugo.usc.es

*Dpto de Enxeñería Agroforestal. Universidad de Santiago.
EPS. Campus Universitario. 27002 Lugo. (España)*

RESUMEN: Debido a la alta resolución que ofrece el satélite IRS-1C en sus imágenes pancromáticas (5,8 metros), se ha convertido en uno de los satélites más demandados en aplicaciones topográficas y en cartografía temática a media escala. Las imágenes de alta resolución resultan especialmente útiles en estudios de identificación de vías de comunicación: por tratarse de elementos muy estrechos (a menudo de ancho menor que el propio tamaño de píxel) la resolución del sensor es esencial.

En este artículo se expone un método de extracción automática de la red de vías de comunicación de una región forestal a partir de una imagen de satélite pancromática. El estudio se ha centrado en un espacio natural de la provincia de Lugo (España).

El objetivo es la búsqueda de un método competitivo en coste y tiempo en comparación con la digitalización manual. Podrá resultar útil en actualización de vías o en la elaboración rápida de cartografía en áreas que todavía no disponen de ella.

ABSTRACT: The use of IRS imageries in medium scale mapping and topographic applications has become very attractive because of the high resolution of the IRS-1C satellite panchromatic imageries (5,8 metres). They are especially interesting in forest roads network identification studies: because of the size of the roads, the spatial resolution is essential.

This work offers an automatic road extraction method from panchromatic satellite imagery. This study has been based on the South East of the province of Lugo (Spain) an area dedicated to the nature conservation.

This method permits saving time and effort comparing with those based on manual digitalisation. The automatic road extraction method based on satellite imagery, would permit mapping road network in regions which do not have this kind of mapping or which have no up-to-date mapping.

Palabras clave: IRS, vías, extracción automática.

MATERIAL

Se ha trabajado con una imagen pancromática (0,5 μm -0,75 μm) de 5,8 m de resolución espacial (Figura 1).

El estudio se ha centrado en la Reserva de Caza de Los Ancares, situada al Sudeste de la provincia de Lugo (España); tiene una superficie de 7.975 hectáreas.

El soporte informático utilizado para el tratamiento digital de la imagen IRS, realizado por el Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Santiago de Compostela, consiste en Software EASI/PACE y ACE de la compañía canadiense PCI Geomatics Group bajo ordenador personal Pentium a 200 Mhz.

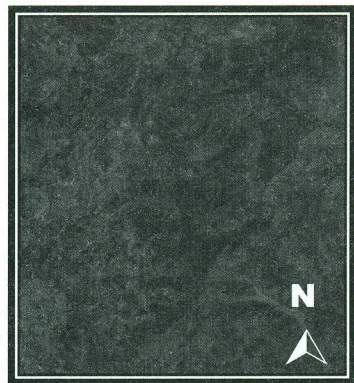


Figura 1. Imagen IRS_P de la Reserva de Caza de Ancares. 12 de Julio de 2000.

METODOLOGÍA

Corrección geométrica de la imagen

La corrección geométrica de la imagen se realizó mediante 38 puntos de control tomados del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000. Se aplicó el método de mínimos cuadrados con funciones de transformación de tercer orden.

Imagen objetivo

Para que el programa pueda identificar las vías y digitalizarlas, la imagen debe satisfacer una serie características:

- Los bordes de las vías deben ser nítidos.
- Es conveniente que se distinga el relieve.
- Se debe mejorar la visualización de tramos de vías confusos o no visibles en la imagen original.
- Las vías deben destacar claramente sobre el resto de cubiertas.

El tratamiento digital ideal sería aquel que redujese los diversos tipos de cubiertas que contiene la imagen de partida a una única cubierta homogénea, y destacada sobre ella mostrase la red de vías de comunicación; bastaría con vectorizar la imagen (generar una capa vectorial formada por vectores que delimitan el contorno de las áreas de igual nivel digital) para obtener de forma automática el trazado de las vías.

En la medida en que se consiga homogeneizar la imagen, el grado de automatización del proceso será mayor: si las áreas de terreno comprendidas entre las vías son muy heterogéneas, la capa vectorial generada por el programa contendrá los contornos de todas esas áreas (serán vectores que no delimitan contornos de vías), y deberán ser eliminados manualmente. Sin embargo, la homogeneización de la imagen implica una pérdida de información y de definición de las vías. Se trata, pues, de llegar a una solución de compromiso.

Tratamientos digitales aplicados

Para conseguir una imagen que satisfaga adecuadamente estos requisitos, se estudiaron tres tipos de tratamientos aplicables (Figura 2):

- Realces radiométricos: realce por expansión lineal del contraste, expansión cuadrática del contraste, eualización del histograma, infrecuencia, binarización e inversión de la tabla de color.
- Realces geométricos: filtros de paso bajo (filtros media, Gausiano, mediana, modal, Gamma) y filtros de paso alto (Laplacianos de detección de bordes tipo 1 y tipo 2, Detector de bordes de Sobel, Detector de bordes Prewitt, filtro de realce de bordes) aplicados en diversos tamaños de matriz (3x3, 5x5, 7x7 y 9x9); se realizaron ensa-

— yos de filtros en aplicación múltiple, filtros direccionales y combinaciones de filtros y realces.

- Clasificación digital de la imagen. Se ensayaron los métodos de clasificación supervisada y no supervisada.

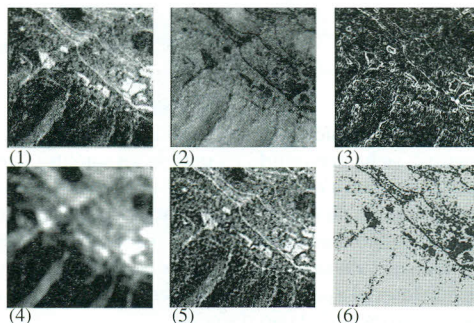


Figura 2.- Muestra de las imágenes que resultan de aplicar algunos tratamientos digitales: (1) Realce por expansión lineal del histograma. (2) Inversión de la tabla de color. (3) Filtro detector de bordes Sobel. (4) Filtro media. (5) Filtro de realce de bordes. (6) Clasificación digital de la imagen por el método de máxima probabilidad.

Conclusiones que se derivan de los ensayos realizados:

- En la imagen resultante de la aplicación de un filtro de realce de bordes 9x9 dos veces y realizada por inversión de la tabla de color, las vías destacan muy claramente sobre las demás cubiertas, son visibles tramos de vías inapreciables en la imagen original, los contornos son nítidos, y se distinguen las formas del relieve. No obstante, esta imagen no es vectorizable.
- La clasificación supervisada de la imagen da como resultado imágenes vectorizables.

La clasificación digital de la imagen

Clasificar una imagen implica categorizar dicha imagen, de tal forma que el nivel digital de un píxel determina la clase donde ha de ser incluido. Hay dos métodos de clasificación: supervisado y no supervisado.

El método no supervisado consiste en agrupar los niveles digitales de la imagen de tal forma que cada uno de esos grupos incluye píxeles con un comportamiento espectral homogéneo y, que por lo tanto, deberían definir clases temáticas de interés. No obstante, en la imagen que resulta de realizar una clasificación no supervi-

sadas prácticamente imposible interpretar el significado temático de las categorías generadas. Por ello en paisajes muy heterogéneos, como es este caso, la clasificación no supervisada debe desecharse.

El método supervisado consiste en seleccionar sobre la imagen una muestra de píxeles que sean suficientemente representativos de cada una de las categorías que componen la leyenda (vías de comunicación y resto). El principal problema de la clasificación digital de la imagen IRS_P estriba en que las vías tienen un comportamiento espectral similar a otras cubiertas; esto supone que existe una cierta dispersión en torno a su nivel digital medio. Por ello, definir con rigor la categoría de vías constituye la fase decisiva para garantizar un buen resultado. Para facilitar la toma de píxeles de muestra, la selección se efectuó sobre la imagen que resulta de aplicar el filtro de realce de bordes 9x9 dos veces y un realce por inversión de la tabla de color.

Una vez seleccionada la muestra de píxeles sobre las vías, se aborda la fase de asignación, que consiste en adscribir a las categorías de vías de comunicación todos los píxeles de la imagen que tengan niveles digitales semejantes a los de la muestra. De los tres métodos más habituales empleados para esta fase de la clasificación (mínima distancia, paralelepípedos y máxima probabilidad) el de mínima distancia es el que dio mejor resultado.

Extracción de la red de vías

El resultado de la clasificación digital es una imagen con dos clases temáticas: vías de comunicación y resto de cubiertas; consecuentemente en la imagen clasificada los píxeles toman solo dos niveles digitales. Al vectorizar esta imagen, se genera una capa vectorial que delimita el contorno de todas las áreas homogéneas de la imagen. De esa capa vectorial se seleccionan los vectores que delimitan el contorno de los tramos continuos de vías para identificar la dirección de las principales vías; se ha señalado con anterioridad que las vías tienen un comportamiento espectral similar a otras cubiertas; es por ello que la categoría de vías contiene también otras cubiertas. En una fase posterior se seleccionan en la capa vectorial general los tramos intermedios. Finalmente se unen todos los tramos para generar una red continua de las vías de comunicación de la Reserva de Caza de Los Ancares (Figura 3).

Comprobación del método

La comprobación del método desarrollado tiene por objeto testar los criterios de interpretación de la imagen empleados, y verificar los tramos confusos en la imagen (tramos parcialmente ocultos por la vegetación vecina, senderos muy estrechos o en desuso, vías que discurren

por el medio de los pueblos, que son las áreas más confusas de la imagen). Las comprobaciones, tanto de los criterios de análisis como de las vías dudosas, se han realizado a partir de:

—Fotografía aérea de toda la Reserva de Caza a escala 1:18.000.

—Trabajo de campo *in situ* para las cuestiones que no se han podido dilucidar mediante la fotografía aérea.

Las comprobaciones realizadas han puesto de manifiesto la alta fiabilidad de los criterios de interpretación, y por extensión de la imagen. Así mismo, se ha comprobado que no figuran en la red final las vías que por ser menos transitadas o haber caído en desuso se mimetizan con su entorno, o bien en las que están parcialmente cubiertas por la vegetación arbórea que las rodea; esto se debe a la propia naturaleza del método de clasificación (basado en la selección de los píxeles en función exclusivamente de sus niveles digitales) y a las características del paisaje de esta región (cubiertas poco contrastadas y vegetación muy desarrollada y muy densa).

RESULTADOS

El proceso de extracción automática de la red de vías de comunicación a partir de una imagen pancromática consiste en:

1. Corrección geométrica mediante funciones de transformación de tercer orden y método de interpolación por vecino más próximo (Figura 3; a).
2. Aplicación de un filtro de realce de bordes 9x9 dos veces (Figura 3; b).
3. Aplicación de un realce por inversión de la tabla de color (Figura 3; c).
4. Clasificación digital de la imagen (Figura 3; d).
5. Reducción a colores puros (Figura 3; e).
6. Vectorización de la imagen binarizada (Figura 3; f).
7. Creación de una capa vectorial compuesta por los vectores que delimitan el contorno de los tramos continuos de vías, con el fin de identificar la dirección de las vías principales (Figura 3; g).
8. Selección de pequeños tramos intermedios en la capa vectorial inicial e incorporación de ellos a la nueva capa (Figura 3; h).
9. Unión de tramos y suavizado de líneas.

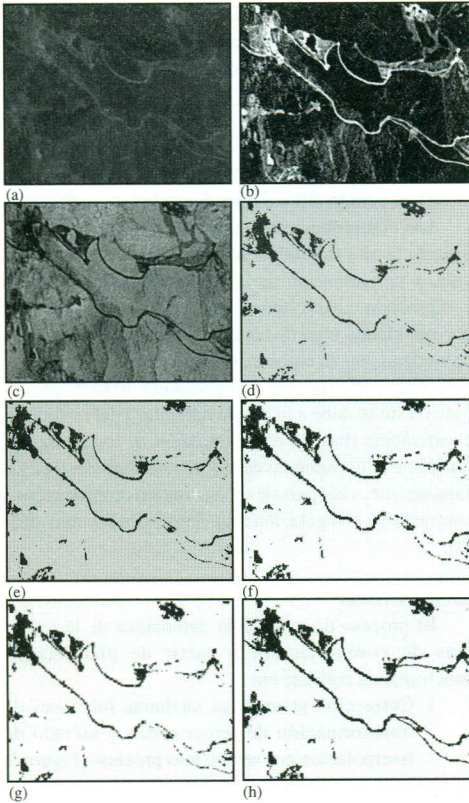


Figura 3. Secuencia del proceso en imágenes (ver texto).

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados consideramos que la clasificación digital es el procedimiento más adecuado para extraer automática de la red de vías de comunicación de una imagen. El método aquí descrito resulta competitivo con los métodos basados en la digitalización manual. Además puede ser muy útil y en la actualización de la

red de vías de comunicación, ya que las de reciente construcción contrastan mucho con el entorno debido a los movimientos de tierras, la ausencia de vegetación en las cunetas, el nuevo firme, etc. En cualquier caso, es útil disponer de una metodología de extracción rápida de la red de vías de una región, para poder generar dicha cartografía en regiones que carecen de ella o que aun teniéndola es tan obsoleta que no puede ser utilizada.

BIBLIOGRAFÍA

- CHUVIECO, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección espacial*. Ed. Rialp S.A. Madrid.
- CONGALTON, R. G. (1997). "Exploring and Evaluating the consequences of Vector - to - Raster and Raster-to-Vector conversion". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol 63. Nº 4, pp 424-434.
- JAZOULI, R.; VERBYLA, L.; MURPHY, D. L. (1994). "Evaluation of SPOT Panchromatic Digital Imagery for Updating Road Locations in a Harvested Forest Area". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol 60, Nº 12, pp 1449-1452.
- MAILLARD, P.; CAVAYAS, F. (1989). "Automatic map-guided extraction of roads from SPOT imagery for cartographic database updating". *Remote Sensing*. Vol 10. Nº 11, pp 1775-1787.
- MAYER, H.; BAUMGARTNER, A.; STEGER, C. (1998). "Road extraction from aerial imagery". CV online: Online Compendium of Computer Vision.
- PCI (1997). *Using PCI software*. Richmond Hill, Ontario, Canada.
- TON, J.; JAIN, A. K.; ENSLIN, W. R.; HUDSON, W. D. (1989). "Automatic road identification and labelling in Landsat 4 TM images". *Photogrammetria (PRS)*. Nº 43, pp 257-276.
- VOSSELMAN, G.; J. DE KNECHT (1995). "Road tracing by profile matching and kalman filtering". *Proceedings workshop on automatic extraction of man-made objects from aerial and space images*. Eds A. Gruen, O. Kuebler and P. Agouris. Birkhaeuser, Basel-Boston-Berlin, pp 265-274.