

TESIS DOCTORAL

Desarrollo integrado de técnicas de análisis de imágenes y datos LiDAR para la actualización de bases de datos de ocupación del suelo

Autor: José Luis Gil Yepes

Directores: Dr. Luis Ángel Ruiz Fernández y Dr. Jorge Abel Recio Recio

Lugar: Universidad Politécnica de Madrid

Fecha: 14/07/2017

Calificación: Sobresaliente *Cum Laude*

Disponible: <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.48329>

[http://cgat.webs.upv.es/BigFiles/Tesis_Gil-Yepes_final\(digital\)_comp.pdf](http://cgat.webs.upv.es/BigFiles/Tesis_Gil-Yepes_final(digital)_comp.pdf)

1. Introducción

Las zonas agrícolas y urbanas se encuentran entre los tipos de paisaje más dinámicos, sujetas a continuos cambios tanto en su estructura como en su vegetación a causa de la influencia de diversas actividades humanas (Lambin *et al.*, 1999). Debido a la propia naturaleza de estas zonas, las bases de datos que contienen la información cartográfica referida a los usos del suelo quedan desactualizadas con rapidez. El conocimiento detallado de estas áreas se considera de vital importancia debido a su influencia en actividades económicas como el empleo, financiación gubernamental, estructuras de irrigación, producción de alimentos y otras actividades relacionadas con la planificación y gestión, como son el análisis de riesgos medioambientales y paisajísticos, el estudio de tendencias demográficas o la gestión de residuos, entre otros.

El objetivo de esta tesis es desarrollar una metodología integrada de procesamiento digital de imágenes de alta resolución y datos LiDAR basada en la

extracción de características cuantitativas a nivel de objetos y subobjetos para la asignación de un tipo de uso del suelo o cobertura, orientada a la detección de cambios y a la actualización de bases de datos de ocupación del suelo en zonas urbanas y agrícolas. Los datos empleados son imágenes aéreas y de satélite de alta resolución de fechas diferentes, así como datos LiDAR y la cartografía catastral base en formato vectorial.

2. Metodología

Para abordar el problema de la actualización de bases de datos se han empleado técnicas de detección de cambios mediante clasificación directa orientada a objetos. En primer lugar, la cartografía aporta los límites espaciales que delimitan los objetos de estudio, que en este caso se corresponden con las subparcelas catastrales. En segundo lugar, se extraen las características descriptivas de las parcelas combinando información de las dos fechas de estudio. Posteriormente se realizan estudios de selección de características con

el propósito de reducir el número de variables empleadas además de ver cuáles de ellas proporcionan mayor información sobre los cambios estudiados. Esta información es introducida en el algoritmo clasificador para la asignación de una de las clases de cambio o no cambio, relacionadas con los usos del suelo (Figura 1) de las parcelas en las dos fechas estudiadas.

2.1. Características descriptivas con carácter temporal extraídas a nivel de objeto

La descripción cuantitativa de cada objeto se hace por medio de un conjunto de características diseñadas específicamente para la descripción de parcelas. Las características propuestas (i) tridimensionales, (ii) derivadas de funciones geoestadísticas (semivariograma cruzado y codispersión) y (iii) características de fragmentación, se han evaluado en diferentes estratos paisajísticos.

Las características tridimensionales aportan información relativa a las alturas de los elementos contenidos dentro de las parcelas de estudio. Para obtener significado temporal en este conjunto de

características se han calculado las diferencias entre los modelos digitales de superficies normalizados (MDSn) de dos fechas de estudio y posteriormente se han extraído las características a nivel de objeto.

Las características derivadas de funciones geoestadísticas han sido aplicadas y validadas por primera vez en este estudio y publicadas en Gil-Yepes *et al.* (2016). Este conjunto de características se extrae del semivariograma cruzado y de la codispersión. El semivariograma cruzado (Wackernagel, 2003) es una extensión del semivariograma (Curran, 1988; Atkinson *et al.*, 2000) que permite el análisis simultáneo de dos variables continuas. La función de codispersión se obtiene a partir de los valores del semivariograma cruzado y los valores de los semivariogramas de las dos variables que intervienen en el semivariograma cruzado (Wackernagel, 2003). Estos conjuntos de características aportan información acerca de la distribución espacial del contenido de las parcelas describiendo cambios en la regularidad o irregularidad en la disposición de los elementos u objetos presentes en las parcelas de estudio en dos fechas diferentes.

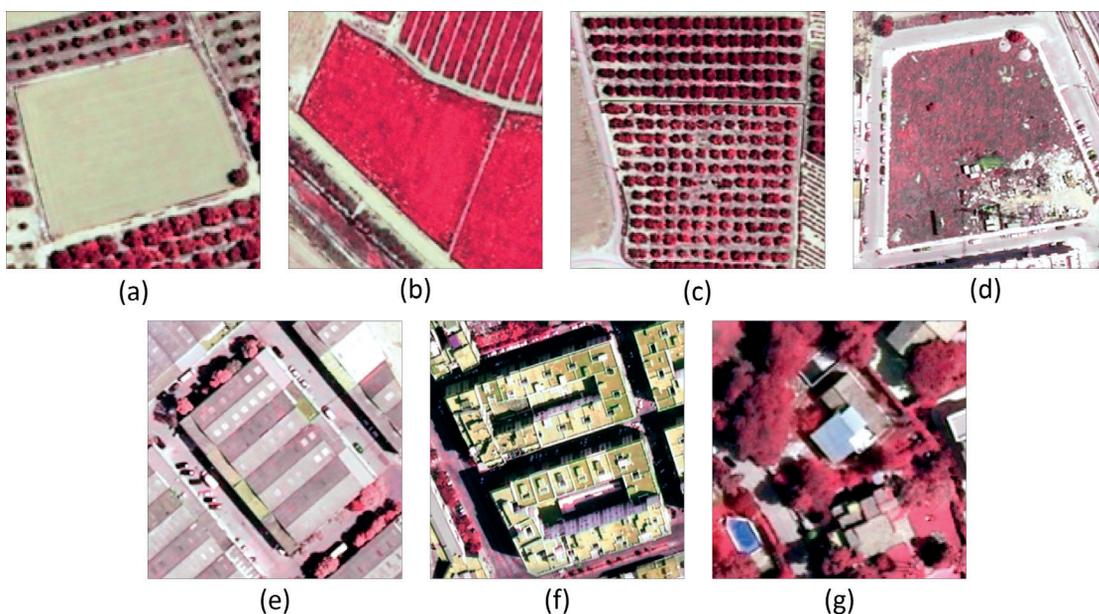


Figura 1. Ejemplos de clases de usos de suelo de la zona de estudio: (a) terreno arable; (b) terreno cultivado; (c) cultivo arbóreo; (d) terreno yermo; (e) edificio industrial; (f) edificio urbano; (g) edificio rural. (Detalles sobre imágenes PNOA 2008 - composición falso color infrarrojo).

Las características de fragmentación se emplean para cuantificar o medir la estructura del paisaje o distribución espacial de las coberturas existentes dentro de un área determinada (McGarigal *et al.*, 2014). En este estudio se han extraído índices de fragmentación a nivel de parcela u objeto de estudio, y a nivel de los subobjetos contenidos dentro de cada parcela (características de cobertura, subobjeto o subparcela). Con el fin de proporcionar de significado temporal a las características de fragmentación, se ha realizado la diferencia, parcela a parcela, entre las características extraídas de las dos épocas de estudio.

2.2. Aplicación de los métodos de detección de cambios

Se han empleado dos métodos de detección de cambios: el método de post-clasificación y el método de clasificación directa, siendo este segundo el más extendido entre los ensayos realizados. Estos métodos de detección de cambios permiten comparar información de fechas diferentes mediante la clasificación de imágenes. En el caso de la clasificación directa, admite la integración de información de dos fechas diferentes en una única clasificación. El algoritmo clasificador empleado es el algoritmo de árboles de decisión J48 (Witten *et al.*, 2011), generando las reglas de clasificación a partir de un conjunto de parcelas de estudio empleadas como parcelas de aprendizaje.

En un último ensayo se emplea un conjunto de características integrando aquellas seleccionadas en los ensayos anteriores, así como el uso previo de las parcelas, contenido en la base de datos a actualizar, como una característica adicional, como si de un caso real de actualización de bases de datos se tratase. La evaluación de los ensayos de detección de cambios se ha realizado sobre un conjunto de parcelas de evaluación. Se evalúa tanto la clasificación como de detección de cambios. Se han obtenido valores de fiabilidad global de la clasificación y de la detección de cambios entorno al 94% y al 95% respectivamente (Figura 2). En todos los casos estudiados, la introducción en los métodos de detección de cambios de los conjuntos de características propuestos permite reducir significativamente el trabajo manual que debería ser realizado por operadores en forma de combinación de información temporal, procesado de datos y tareas de revisión por fotointerpretación.

3. Conclusiones

De entre los conjuntos de características propuestos y estudiados en este tesis, se ha comprobado que las características tridimensionales, extraídas de la diferencia de modelos de superficie normalizados obtenidos de los datos LiDAR, mejoran los resultados de clasificación de clases de cambio relacionadas con edificios en entornos urbanos y reducen la confusión entre clases que presentan gran variabilidad espectral en estos entornos. Así

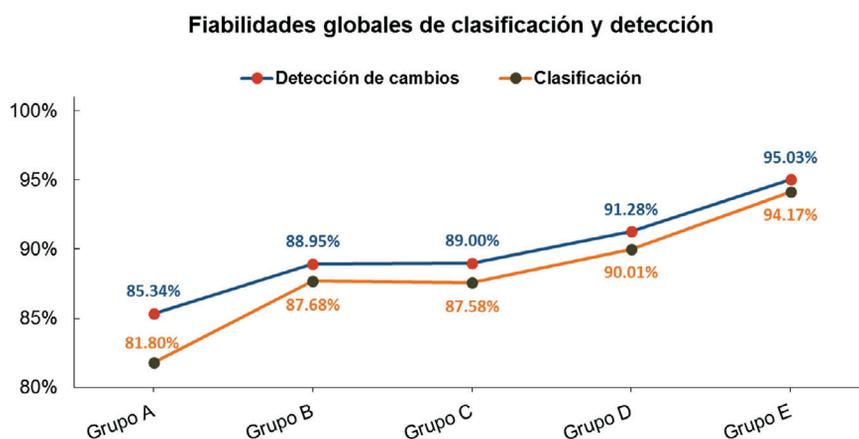


Figura 2. Fiabilidad global de clasificación y detección de cambios por grupos de características. Grupo A: espectrales, textura y forma; Grupo B: Grupo A + tridimensionales; Grupo C: Grupo B + codispersión y semivariograma cruzado; Grupo D: Grupo C + fragmentación; Grupo E: grupo D + clase 2004.

mismo, las características derivadas de funciones geoestadísticas sintetizan información temporal con respecto a la estructura interna de la parcela, por lo que son buenos indicadores de cambio en parcelas en las que se han producido arranques de cultivos arbóreos o en las que se han cultivado nuevas plantaciones. Además, presentan una gran complementariedad con las características espectrales, combinando la información sobre la estructura interna de la parcela con la respuesta espectral de las coberturas en las parcelas. Por último, las características de fragmentación permiten describir los diferentes tipos de coberturas presentes en el interior de las parcelas.

Referencias

- Atkinson, P. M., Lewis, P. 2000. Geostatistical classification for remote sensing: an introduction. *Computers and Geosciences*, 26(4), 361-371. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(99\)00117-X](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(99)00117-X)
- Curran, P. J. 1988. The semivariogram in remote sensing: an introduction. *Remote Sensing of Environment*, 24(3), 493-507. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90021-1](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90021-1)
- Gil-Yepes, J., Ruiz, L. A., Recio, J., Balaguer-Beser, A., Hermosilla, T. 2016. Description and validation of a new set of object-based temporal geostatistical features for land-use/land-cover change detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 121, 77-91. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.08.010>
- Lambin, E., Baulies, X., Bockstael, X., Fischer, N., Krug, G., Leemans, T., Moran, R., Rindfuss, E., Sato, R., Skole, Y., Turner, D., Vogel, B. 1999. Land-use and land cover change: implementation strategy. Reporte técnico, IGBP Secretariat, Stockholm, Sweden.
- McGarigal, K., Cushman, S., Ene, E. 2014. FRAGSTATS v4: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps.
- Wackernagel, H. 2003. *Multivariate geostatistics*, 3a Edición. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05294-5>
- Witten, I., Eibe, F., Hall, M. 2011. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*, 3a Edición. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc.