

DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE EDIFICIOS MEDIANTE IMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN Y DATOS LIDAR PARA LA ACTUALIZACIÓN DE BASES DE DATOS CARTOGRÁFICAS EN ENTORNOS URBANOS

T. Hermosilla, L. A. Ruiz, J. Recio y A. Fernández-Sarría.

*Grupo de Cartografía GeoAmbiental y Teledetección.
Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.
Universidad Politécnica de Valencia.
Camino de Vera s/n 46022, Valencia, SPAIN.
txohergo@topo.upv.es*

RESUMEN

En este trabajo se estudia la viabilidad de empleo de una metodología de detección de edificios para la determinación automática del tanto por ciento de ocupación de edificios en polígonos de bases de datos geoespaciales de usos del suelo tales como el SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España). La metodología de detección de edificios combina información espectral proveniente de ortofotografías de alta resolución con datos altimétricos obtenidos a partir de tecnología Lidar aerotransportado. Los resultados obtenidos de superficie edificada y porcentaje de edificaciones en una serie de polígonos SIOSE se evalúan y analizan con los datos de referencia obtenidos mediante digitalización de las edificaciones.

ABSTRACT

This paper studies the viability of the use of a building detection methodology for updating geospatial databases. Building detection method combines two types of data: spectral and heights. Spectral information is composed by aerial orthophotographs. Surface digital model has been generated using Lidar data. The experiments have been performed using polygons from the SIOSE (Spanish land use / land cover information system) geospatial database. The achieved results regarding surface of buildings and percentage of built area are analyzed and compared to the reference data, which have been created through digitalization.

Palabras clave: detección de edificios; Lidar; imágenes de alta resolución; SIOSE.

INTRODUCCIÓN

Para una correcta gestión del territorio es necesario disponer de información precisa y actualizada del mismo. El alto grado de dinamismo al que se encuentra sometido conlleva una constante alteración de los paisajes y usos característicos de entornos periurbanos causada por la construcción de nuevas infraestructuras, viviendas y edificaciones.

Por ello, se hace patente la necesidad de emplear una metodología rápida, eficiente y sistemática que permita un continuo mantenimiento y actualización de la información sobre edificaciones contenida en las bases de datos cartográficas. Hoy en día, estos procedimientos requieren de un gran esfuerzo económico y de recursos humanos. La información obtenida a través de técnicas de teledetección y el tratamiento digital de estos datos facilita la actualización cartográfica.

La detección automática de edificios, así como de otros elementos propios de entornos

urbanos y periurbanos, es una tarea compleja de realizar mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes que ha llevado a un gran número de autores a realizar investigaciones en este área, proponiendo diferentes metodologías que no han llegado a ofrecer una solución completamente satisfactoria. Liu et al. (2005) distingue, en función de las fuentes de información utilizadas, dos tipologías principales de métodos para la detección y localización de edificios.

La primera se basa únicamente en imágenes aéreas o de satélite, combinando algoritmos de procesamiento de imágenes con distintos métodos de reconocimiento de formas o de clasificación. Estos métodos tienen una serie de dificultades técnicas que deben solucionarse, principalmente la ausencia de una tridimensionalidad explícita. La segunda tipología de métodos realiza la detección de los edificios combinando información de la imagen con información altimétrica, derivada mediante técnicas de estereoscopia o utilizando otras fuentes más modernas, como los sistemas de láser escáner.

La detección de edificios utilizando metodologías basadas en imágenes aéreas o de satélite supone, aún hoy en día, una tarea difícil, puesto que los edificios pueden mostrarse como estructuras complejas con muchos detalles arquitectónicos, o estar rodeados por objetos que dificulten su detección. Además, las respuestas espectrales de los tejados son muy diferentes debido a la diversidad de materiales empleados en su construcción. Esta problemática requiere, por tanto, la utilización no sólo de técnicas de visión de bajo nivel (*low-level vision*), como extracción de bordes o detección de alineaciones, sino también de técnicas de visión de nivel medio o alto (*high-level vision*), como son el reconocimiento de formas o la clasificación (Kim y Muller, 1999). Así, en función de las metodologías utilizadas, las técnicas de localización de edificios empleando únicamente imágenes pueden dividirse en dos grandes grupos: de bajo nivel y de alto nivel. Las técnicas de bajo nivel consisten, fundamentalmente, en la detección y extracción de bordes y líneas de las imágenes y la posterior construcción de una serie de reglas o hipótesis que éstas han de cumplir para ser definidas como pertenecientes a edificios (Irvin y McKeown, 1989; Lin y Nevatia, 1998). Por su parte, las técnicas de procesado digital de imágenes de alto nivel tratan de imitar la cognición humana y la habilidad de tomar decisiones en función de la información contenida en la imagen. Así, metodologías propias de estas técnicas son la detección de objetos, el reconocimiento de formas y la clasificación de imágenes (Wei et al., 2004; Hermosilla et al., 2008).

La detección de edificios combinando imágenes de satélite e información altimétrica conlleva una menor dificultad y proporciona mejores resultados que los obtenidos empleando únicamente imágenes o información altimétrica. Una gran parte de los autores recurre a la clasificación a nivel de objetos generados por segmentación automática basados en criterios de homogeneidad. Los objetos son caracterizados, además de por sus respuestas espectrales, de textura, tamaño y forma, a través de la información tridimensional (Kokubu et al., 2001; Teo y Chen, 2004). Otros autores obtienen un conjunto de edificios candidatos a partir de umbralizaciones del nDSM (modelo de superficies normalizado) y del enmascaramiento de la vegetación utilizando la información multispectral, principalmente el índice de vegetación NDVI (Rottensteiner, 2003; Vögtle y Steinle, 2000). En el análisis comparativo realizado por Hermosilla y Ruiz (2009) se comprueba cómo el método de establecimiento de umbrales en altura y vegetación proporciona, por lo general, mejores

resultados que el empleo del método aparentemente más robusto basado en clasificación orientada a objeto, que requiere la selección de los datos con los que realizar la segmentación, la selección del método de segmentación, el cálculo de características descriptivas, la selección de las más significativas y la selección de un algoritmo de clasificación.

El objetivo de este trabajo es comprobar la viabilidad de la utilización de técnicas de detección automática de edificios basadas en datos Lidar para la actualización de bases de datos geoespaciales de ocupación del suelo, específicamente el SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España). Este proyecto, enmarcado dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio en España, y dirigido y coordinado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), pretende reunir en un único sistema de información los datos precisos para el conocimiento integral de la ocupación del suelo en España, con el propósito general de “recoger la información una vez” y “utilizarla por todos”, de acuerdo a los principios de la iniciativa INSPIRE de la Unión Europea. (Instituto Geográfico Nacional, 2007). La unidad básica de esta base de datos es el polígono SIOSE, que representa una ocupación de suelo con cobertura uniforme y homogénea. En lo referido a edificaciones, para cada polígono se describe, además de la tipología de las construcciones existentes, el porcentaje de la superficie que ocupan. Hasta el momento, la asignación del porcentaje se ha realizado mediante estimaciones visuales y técnicas de fotointerpretación. Consecuentemente, estas metodologías conllevan un gran coste económico y temporal. Es por ello que se pretende evaluar la posibilidad de estimar el porcentaje de superficie edificada de los polígonos SIOSE utilizando metodologías de detección automática de edificios.

ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS

El estudio se ha realizado en el término municipal de Alcalá de Henares, Madrid, trabajando con los datos disponibles para la elaboración del SIOSE.

La imagen utilizada es una ortofotografía del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea en color verdadero con una resolución espacial de 0.5 metros por pixel. Los datos Lidar tienen una densidad de 0,5 puntos/m². Se ha dispuesto, además, de la definición geométrica de los polígonos SIOSE para este municipio y de la información alfanumérica referente a la ocupación de los polígonos.

MÉTODOLÓGIA DE DETECCIÓN DE EDIFICIOS

El método de detección de edificios empleado se basa en el establecimiento de umbrales (Hermosilla y Ruiz, 2009) que consiste fundamentalmente en la definición de dos valores de umbralización, uno en altura y otro con respecto a la presencia o densidad de vegetación. El umbral con respecto a las alturas de los edificios se establece sobre el nDSM. Para aislar y enmascarar la vegetación se establece un umbral sobre la imagen de NDVI. Al no disponerse de banda infrarroja la vegetación se enmascaró utilizando el ratio de la banda del verde entre la banda del rojo. El procedimiento para la definición de los valores umbral es similar en ambos casos, tomándose muestras de entrenamiento de las áreas que se desea diferenciar: el suelo de las zonas con edificios, y las áreas sin vegetación de las zonas arboladas. Una vez tomadas las muestras, se calculan ambos histogramas y se aproximan posteriormente a curvas gaussianas con el fin de simplificar su forma. El valor umbral es el correspondiente a la intersección de ambas curvas. A la máscara resultante de la umbralización de la vegetación se le aplica un filtro de cierre morfológico, descartando los objetos muy pequeños.

El último paso es la combinación de ambas máscaras, obteniéndose objetos que, una vez refinadas sus formas y eliminados los de menor tamaño, representarán los edificios detectados. Este método se ha combinado con el estudio de las relaciones contextuales de los edificios detectados con las sombras. Para ello se ha seguido la metodología descrita en Hermosilla et al. (2008). Tras la detección y un posterior refinamiento en la forma de las sombras, se establece como requisito que los objetos detectados como edificios sean contiguos a una sombra proyectada siguiendo la dirección del ángulo de incidencia solar.

RESULTADOS

Las Figuras 1 y 2 muestran la relación entre la detección automática con respecto a los edificios de referencia para las superficies, y el porcentaje de zona edificada, respectivamente, para los 68 polígonos SIOSE analizados. Analizando la gráfica referente a las áreas, se observa una fuerte correlación lineal entre las áreas automáticamente detectadas y las de referencia, que muestran un coeficiente de correlación R^2 superior a 0,95. Este coeficiente de correlación disminuye hasta un 0,75 al comparar el porcentaje de superficie edificada, observándose un exceso de detección. Este efecto es

más acusado en el caso de las parcelas más pequeñas ya que pequeñas alteraciones en la superficie edificada detectada se traducirán en grandes variaciones en el porcentaje de superficie del polígono SIOSE.

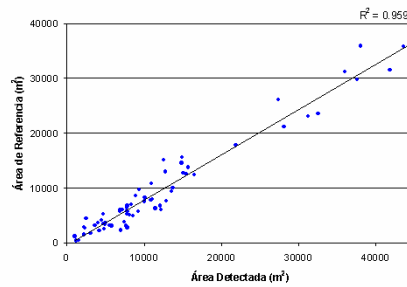


Figura 1.- Relación entre las superficies edificadas de referencia y las estimadas automáticamente.

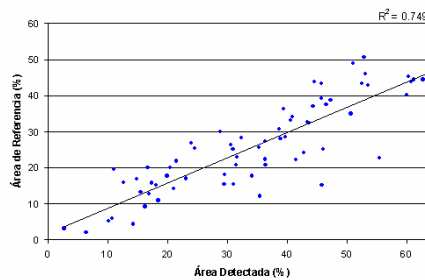


Figura 2.- Relación entre los porcentajes de superficie edificada de referencia dentro del polígono y el estimado automáticamente.

Analizando las causas de los errores de detección se confirma, por lo general, la sobre-detección de la superficie de los edificios. Los edificios detectados muestran un tamaño mayor a los de referencia. Esto es debido a la baja densidad de los puntos Lidar. Además, una gran fuente de error es debida a la detección errónea de vegetación arbolada como edificios. Esta causa de error puede ser paliada en gran medida mediante la utilización de información multispectral infrarroja, tal y como ha sido comprobado por Hermosilla y Ruiz (2009).

Los errores de omisión de detección de edificios también son producidos, en gran medida, por la ausencia de información espectral infrarroja y debido al índice de vegetación utilizado, que en algunos casos se detecta como vegetación edificios cuyos tejados presentan una respuesta espectral similar, principalmente en zonas industriales.



Figura 3.- Ejemplos de edificios detectados.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado la posibilidad de inclusión de un método de detección automática de edificios en el proceso de la actualización del porcentaje de ocupación de edificios en polígonos SIOSE. Los resultados obtenidos muestran la posibilidad del empleo de estas técnicas, si bien las precisiones pueden ser mejoradas utilizando información multispectral del infrarrojo cercano, para evitar la detección errónea de árboles como zonas edificadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Herмосilla, T., Ruiz, L.A., 2009. Detección automática de edificios combinando imágenes de satélite y datos lidar. *Semana Geomática*, 2/2/2009.
- Herмосilla, T., Ruiz, L.A., Fdez. Sarriá, A., Recio, J.A., 2008. Detección automática de edificios en imágenes aéreas mediante técnicas de teledetección y análisis contextual. In: *Congreso Internacional sobre Ingeniería Geomática y Topográfica*, TOP-CART 2008. Febrero 2008, Valencia.
- Instituto Geográfico Nacional, 2007. Sistema de información de ocupación del suelo en España. *Manual de Fotointerpretación*. versión 1.2.

Irvin, R.B., McKeown, D.M.Jr., 1989. Methods for exploiting the relationship between buildings and their shadows in aerial imagery. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 19, 1564-1575.

Kim, T., Muller, J., 1999. Development of a graph based approach for building detection. *Image and Vision Computing* 17, 3-14.

Kokubu, K., Kohiyama, M., Umemura F., Yamazaki, F., 2001. Automatic Detection of Building Properties from Aerial Photographs Using Color and 3D Configuration. Presented at the *22nd Asian Conference on Remote Sensing*, Singapore.

Lin, C., Nevatia, R., 1998. Building detection and description from a single intensity image. *Computer Vision and Image Understanding* 72, 101-121.

Liu, Z.J., Wang, J., Liu, W.P., 2005. Building extraction from high resolution imagery based on multi-scale object oriented classification and probabilistic Hough transform. In: *Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium* 4, 2250- 2253.

Rottensteiner, F., Trinder, J., Clode, S., Kubic, K., 2003. Building detection using LIDAR data and multispectral images. In: *Proceedings of DICTA*, Sydney, Australia, pp. 673-682.

Teo, T.A., Chen, L.C., 2004. Object-based building detection from LiDAR data and high resolution satellite imagery, In: *Proceedings of the 25th Asian Conference on Remote Sensing*. Chiang Mai, Thailand. 22 - 26 November.

Vögtle, T., Steinle, E., 2000. 3D modelling of buildings using laser scanning and spectral information. In: *Geoinformation for all, XIXth Congress of the ISPRS*, Amsterdam, Netherlands, IAPRS, vol. XXXII, Part B3, pp. 927-934.

Wei, Y., Zhao, Z., Song, J., 2004. Urban building extraction from high-resolution satellite panchromatic image using clustering and edge detection. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium* 3, 2008-2010.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la financiación por parte del MCI y el FEDER en el marco de los proyectos CTM2006-11767/TECNO y CLG2006-11242-C03/BTE. Al IGN por su apoyo y por facilitar los datos necesarios para realizar este trabajo.