

Tesis doctoral

Análisis de imágenes basado en objetos (OBIA) y aprendizaje automático para la obtención de mapas de coberturas del suelo a partir de imágenes de muy alta resolución espacial. Aplicación en la Unidad de Demanda Agraria n.º 28, Cabecera del Argos

Autor: Fulgencio Cánovas García

Director: Francisco Alonso Sarriá

Lugar: Departamento de Geografía. Universidad de Murcia

Fecha: Mayo de 2012

Calificación: Sobresaliente *Cum Laude*

El lanzamiento del primer satélite *Landsat* en los inicios de la década de los 70 señaló el comienzo de la era de la teledetección espacial. Hasta finales de los 90, los satélites de media resolución espacial como este eran la fuente de información de mayor resolución espacial para la comunidad científica dedicada a la teledetección. Todo cambió en 1999 con el lanzamiento del satélite IKONOS-2, de un metro de resolución, lo que supuso la disponibilidad de imágenes de satélite de alta resolución espacial para aplicaciones civiles. En poco tiempo al IKONOS-2 le siguió el QuickBird, el OrbView-3, etc. Con estos la resolución de las imágenes se acerca a la de las fotografías aéreas, de algunas decenas de centímetros a un metro.

En este contexto surge el análisis de imágenes basado en objetos (OBIA por sus siglas en inglés), técnica que permite explotar gran parte de las dimensiones contenidas en las imágenes de teledetección, incluyendo aspectos espectrales, espaciales, contextuales, morfológicos y temporales; superando algunos de los inconvenientes asociados a los clasificadores estadísticos basados únicamente en la respuesta espectral de los píxeles.

Una clasificación basada en objetos se compone siempre de dos etapas: la segmen-

tación de la imagen y la clasificación. La primera consiste en la formación de objetos mediante la unión de píxeles, posteriormente la clasificación se realiza utilizando las características de los objetos. Se ha comprobado que este enfoque es capaz de ofrecer mejores resultados que los obtenidos por un enfoque tradicional basado en píxeles, muy especialmente cuando se trata con imágenes de alta resolución espacial.

Con respecto al aprendizaje automático, hasta mediados de la década de los 90, los métodos de clasificación supervisada aplicados al análisis de imágenes de satélite se basaban principalmente en técnicas estadísticas convencionales, como la clasificación por máxima verosimilitud o por mínima distancia. Aunque estas técnicas pueden dar buenos resultados, su capacidad para resolver problemas de confusión entre clases es muy limitada. Como consecuencia, en los últimos años, a raíz de los avances experimentados en el campo tecnológico de la computación, se han propuesto estrategias alternativas, particularmente el uso de redes neuronales artificiales, árboles de decisión, máquinas de vectores soporte o métodos derivados de la teoría de la lógica borrosa.

El objetivo general de esta investigación es profundizar en algunos elementos del análisis de imágenes basado en objetos, de manera que se reduzca el desfase existente entre el uso estandarizado de técnicas de clasificación de imágenes de teledetección y la disponibilidad de datos procedentes de sensores de muy alta resolución espacial. Concretamente, en esta investigación se atiende a las coberturas agrícolas.

Para aceptar que los resultados sean representativos, se ha considerado necesario realizar la investigación en un área de estudio de una extensión y complejidad considerables, como es la Unidad de Demanda Agraria denominada Cabecera del Argos, una de las unidades territoriales sobre las que se realiza la caracterización de demandas agrarias del plan hidrológico de la cuenca del Segura. En esta se dan distintos tipos de paisaje agrario y queda bien representada la variabilidad intra-clase propia de la agricultura del espacio rural mediterráneo. Se ha elegido un área de estudio más extensa de lo habitual, más de 9.000 ha, en investigaciones que emplean imágenes de menos de 0,5 m de resolución espacial, con la intención de acercarse lo más posible a la escala de aplicación real.

La segmentación de imágenes es un aspecto específico del análisis de imágenes basado en objetos cuando se aplica a imágenes de teledetección. En esta tesis se propone un método para la optimización del parámetro de escala del algoritmo de segmentación multirresolución. Tras el análisis de los resultados de este método se detectan ciertas deficiencias que tratan de superarse con la introducción de dos nuevos algoritmos de segmentación, mejorando sensiblemente la correspondencia espacial entre los objetos y los elementos de la realidad que pretenden ser clasificados.

El análisis y la selección de variables es una cuestión muy tratada en las investigaciones relacionadas con el aprendizaje automático y a

la que cada vez se presta más atención en teledetección. En análisis de imágenes basado en objetos el número de variables explicativas con el que se cuenta es muy elevado, por lo que es posible que los resultados de una clasificación estadística achaquen lo que se ha denominado efecto *Hughes*. Para afrontar esta cuestión se proponen cuatro métodos de ordenación de variables y un proceso de búsqueda heurístico como estrategia para seleccionarlas. El método de ordenación que ofrece mejores resultados es el basado en el índice de *Gini*.

También se pone en práctica un sistema clasificador de tipo supervisado. Se emplean cinco algoritmos de clasificación tratando de que queden representados los enfoques más importantes en el campo de la clasificación de imágenes de teledetección: del ámbito de la estadística paramétrica se incluyen dos métodos de técnicas bayesianas, análisis discriminante lineal y *naive Bayes*; del ámbito de los árboles de decisión se utiliza el algoritmo *Random Forest*; de los métodos basados en *kernels* se prueban las máquinas de vectores soporte; y del ámbito de los métodos basados en la vecindad se aplica el método de *k*-vecinos más próximos ponderados. Finalmente se genera una clasificación por votos, obteniendo un índice *kappa* de 0,68.

Se concluye con un proceso de posclasificación, a la que se puede definir como la modificación de la clase asignada por alguno de los métodos anteriores, atendiendo a diversos criterios como la clase asignada previamente; las características que posean los objetos; o la posición con respecto a otros objetos. Al aplicar los procesos de posclasificación se aumenta la exactitud de la cartografía temática cuatro puntos porcentuales, alcanzando un índice *kappa* de 0,72, además se reduce notablemente la existencia de incoherencias contextuales, muy frecuentes si únicamente se realiza una clasificación estadística.