

Bonham-Carter, G. F. (1996): *Geographic information systems for geoscientists. Modelling with GIS*. Tarrytown, N. Y., Pergamon, Elsevier Science Ltd., Computer Methods in the Geosciences, vol. 13, 398 p., 1ª ed. 1994, reimpresso en 1996.

Los sistemas de información geográfica (SIG) representan una tecnología en rápido desarrollo, especialmente cuando se los considera unidos a otras técnicas relacionadas, como la teledetección y los sistemas de localización (GPS). Aunque relativamente recientes, los SIG existen ya desde hace unos años y esto permite examinar su evolución con cierta perspectiva temporal. En este sentido, los avances que los SIG han experimentado en la última década han sido de dos clases. La primera afecta a las herramientas tecnológicas: soporte informático, lenguajes, interoperabilidad, compatibilidad, formatos de intercambio de datos, etc. La segunda incluye los avances propiamente científicos en el sentido de proponer herramientas de análisis que hagan del uso de los SIG una labor eficaz y profunda desde el punto de vista de la investigación.

Personalmente, he echado de menos durante los últimos años que esta última parte se haya desarrollado más. Las herramientas de análisis que los SIG ofrecen suelen ser muy simples y bastante limitadas (con alguna notable excepción que, como tal, confirma la regla dejando en evidencia al resto de los productos).

Viene a cuento esta introducción para plantear que el libro de Bonham-Carter es una aportación muy valiosa para ayudar a cubrir la ausencia de documentos en esta línea de análisis orientado hacia la investigación.

El libro está organizado en 9 capítulos que, implícitamente pueden agruparse en dos partes. La primera agrupa los capítulos 1 a 5 e incorpora los temas habituales de introducción a los SIG que pueden encontrarse en muchas otras obras (modelos y estructuras de datos, métodos de captura de datos, consultas, etc.). Aunque escritos con bastante claridad y concisión, no hay aportaciones relevantes en estos capítulos que no puedan localizarse en otros lugares.

La mejor parte del libro es sin duda la segunda debido a la circunstancia contraria: los temas tratados están, en una buena parte, ausentes del resto de tratados en la disciplina. Esta parte se organiza en un capítulo dedicado a las transformaciones espaciales ("*spatial data transformations*") y otros tres dedicados a "herramientas" útiles para el análisis ("*tools for map analysis: single maps, map pairs, multiple maps*"). En mi opinión, un SIG que incorporara la posibilidad de ejecutar las operaciones que se describen en estos 4 capítulos representaría una oferta extraordinariamente competitiva.

En el capítulo 6, dedicado a transformaciones espaciales, se describen éstas organizadas en función del tipo de elemento de origen y destino: puntos a puntos, puntos a áreas, etc. Con esta estructura, se tratan los problemas de creación de mapas de densidad, dilatación de objetos, triangulación, interpolaciones, teselación de Voronoi, etc.

En el capítulo 7 se tratan las "herramientas" para el análisis sobre mapas simples. La mayor incidencia se hace sobre las operaciones de reclasificación, agregación y selección topológica. Finalmente, se tratan las operaciones de convolución mediante filtros; a los más habituales (detección de bordes, paso alto o bajo) se añaden otros como los de textura y autocorrelación.

El capítulo 8 trata ya de operaciones entre pares de mapas. Comienza con las operaciones de superposición (*overlay*) en sus diferentes variantes: intersección, recorte, diferencia, unión, etc., todas ellas adecuadamente ilustradas con ejemplos geológicos. La aportación más original e importante del capítulo se encuentra bajo el título de "mapas binarios" (*binary maps*) que trata de métodos de reclasificación de mapas con múltiples clases para generar mapas con dos clases. El objetivo de estas reclasificaciones es el análisis de las tablas de correlación entre dos mapas. Para ello se describen los métodos de análisis de correlación binaria introduciendo los conceptos de probabilidad bayesiana, odds y razón de odds para terminar describiendo los conceptos implicados en los llamados "pesos de evidencia" (*weights of evidence*) como medida de asociación.

Finalmente, en el capítulo 9 se trata un conjunto de técnicas potencialmente útiles en el análisis simultáneo de múltiples mapas. Se comentan aquí los métodos de combinación basados en operaciones lógicas, en sumas ponderadas (*index overlay models*), lógica borrosa (*fuzzy logic*). Finalmente, se retoman los métodos bayesianos cuya descripción se había comenzado en el capítulo anterior aplicándolos a mapas múltiples y tratando el tópico de independencia condicional. El capítulo finaliza con la aplicación de los métodos basados en los pesos de evidencia a la construcción de un mapa de potencialidad de recursos minerales con una completa descripción, mediante ejemplos, de las operaciones implicadas.

De forma general, los métodos descritos en el libro se ilustran siempre con ejemplos tomados de la geología. Esto no debe hacer creer que se trata de un libro para geólogos exclusivamente ya que los métodos son de validez general. Los ejemplos se presentan siempre de una misma zona de estudio con lo que, al final de la lectura, tenemos una buena panorámica de dicha zona desde diferentes puntos de vista.

Los gráficos son suficientes en número y calidad y la bibliografía es correcta para la fecha de la edición.

Las aportaciones de mayor interés del libro están en una organización conceptual bastante clara de las operaciones de análisis espacial y, sobre todo, en la presentación de los métodos basados en "pesos de evidencia" que se presentan aquí, si se tolera el término cinematográfico, en exclusiva.

La parte menos positiva del libro está relacionada con una sensación inquietante, al menos para mí, sobre que los métodos más avanzados que se describen exigirían un tratamiento más

profundo y reposado. Es evidente el conocimiento que el autor tiene de los métodos bayesianos pero también es bastante evidente que las continuaciones naturales de esos métodos están poco (o nada) desarrolladas. Por ejemplo, no hay ningún apartado dedicado a la regresión logística, que es una progresión lógica de los "pesos de evidencia". Asimismo, el tratamiento de los métodos *fuzzy* es más una pincelada que un análisis de sus posibilidades y no queda claro cuál sería la aportación de dichos métodos al análisis de mapas.

La impresión anterior se confirma cuando se sigue la trayectoria del autor en los años siguientes a la publicación. Este aspecto es, en este caso, muy importante ya que supone un valor añadido al libro que debe mencionarse.

El método de pesos de evidencia ha sido posteriormente desarrollado en trabajos diversos de varios autores, incluido el propio Bonham-Carter (ver bibliografía). La exigencia original de partir de mapas binarios ya no existe; se han desarrollado, como era de esperar, los métodos basados en regresión logística. Finalmente, se han diseñado aplicaciones concretas que ya pueden llamarse con toda justicia sistemas de ayuda a la decisión o sistemas expertos.

Estos desarrollos han permitido que la teoría esbozada en el libro de Bonham-Carter tenga ahora su reflejo en una aplicación informática de libre distribución llamada Arc-SDM (*Spatial Data Modeller*). Arc-SDM desarrolla lo expuesto en el libro que comentamos aquí y reúne los pesos de evidencia, la regresión logística, las redes neuronales y la lógica borrosa para permitir organizar un sistema de decisión complejo pero flexible.

La referencia para Arc-SDM es la siguiente:

Kemp, L. D., Bonham-Carter, G. F., Raines, G. L. and Looney, C. G. (2001): *Arc-SDM: Arcview extension for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural network analysis*. http://ntserv.gis.nrcan.gc.ca/sdm/default_e.htm

Para saber más:

Agterberg, F. P., Bonham-Carter, G. F., Cheng, Q. y Wright, D. F. (1993): "Weights of Evidence Modeling and Weighted Logistic Regression for Mineral Potential Mapping", en Davis, J. C. y Herzfeld, U. C. (Ed): *Computers in Geology - 25 Years of Progress*. New York, Oxford University Press, pp. 13-32.

Agterberg, F. P. Bonham-Carter, G. F. (1990): "Deriving weights of evidence from geoscience contour maps for the prediction of discrete events", *Geological Survey of Canada Contribution*, 46689, pp. 381-396.

Agterberg, Frederik P., Bonham-Carter, Graeme F. (1999): "Logistic regression and weights of evidence modeling in mineral exploration", Presented at APCOM '99, Golden, Colorado, october 1999.

Agterberg, F. P., Bonham-Carter, G. F., y Wright, D. F., 1990: "Statistical Pattern Integration for Mineral Exploration" en Gaal, G. y Merriam, D. F (Ed): *Computer Applications in Resource Estimation: Prediction and Assessment for Metals and Petroleum*. Toronto, Pergamon Press, pp. 1-21.

Felicísimo, A. M. (2003): "Bonham-Carter, G. F. (1996): *Geographic information systems for geoscientists. Modelling with GIS*", *GeoFocus (Recursos)*, n° 3, p. 9-12. ISSN: 1578-5157

- An, P., Moon, W. M., y Rencz, A. (1991): "Application of fuzzy set theory for integration of geological, geophysical and remote sensing data"; *Canadian Journal of Exploration Geophysics*, 27, pp. 1-11.
- Asadi, H. H., Hale, M., (1999): "A predictive GIS model for potential mapping of gold and base metal mineralization in Takab area", *Proceedings of GeoComputation 99*, Iran. <http://www.geovista.psu.edu/geocomp/geocomp99/>
- Bonham-Carter, G. F., Agterberg, F. P. y Wright, D. F., 1988, Integration of geological datasets for gold exploration in Nova Scotia: In *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 11, pp. 1585-1592.
- Bonham-Carter, G. F., Agterberg, F. P. y Wright, D. F. (1989): "Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential" en Agterberg, F. P. y Bonham-Carter, G. F. (Ed.): *Statistical Applications in the Earth Sciences*. Geological Survey of Canada, Paper 89-9, pp. 171-183.
- Carranza, Emmanuel John M., Hela, Marín (1999): "Geologically-constrained probabilistic mapping of gold potential", *Proceedings of GeoComputation 99*, Baguio District, Philippines <http://www.geovista.psu.edu/geocomp/geocomp99/>
- Hesmer, D. W., Lemeshaw, S. (1989): *Applied Logistic Regression*. New York, Wiley.
- Looney, C. G. (1997): *Pattern recognition using neural networks: theory and algorithms for engineers and scientists*, New York, Oxford University Press.
- Menard, S., (1995): "Applied Logistic Regression Analysis", en *Quantitative Applications in the Social Sciences*, 106, London, Sage Publications.
- Zimmermann, H. J. (1985): *Fuzzy Set Theory - and Its Applications*, Boston-Dordrecht-Lancaster, Kluwer-Nijhoff Publishing.

A. M. Felicísimo
Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría
Departamento de Expresión Gráfica. Escuela Politécnica.
Universidad de Extremadura.
10071 Cáceres, España
amfeli@unex.es