

B I B L I O G R A F Í A

GeoComputation (editado por Stan Openshaw y Robert J. Abrahart, Taylor & Francis, Londres, 2000, 413 p.) y *Artificial Intelligence in Geography* (Stan Openshaw y Christine Openshaw, 1997, Londres, J. Wiley, 329 p.).

La Inteligencia artificial se está convirtiendo, en los últimos años, en una disciplina que empieza a tener un importante impacto en la evolución y desarrollo de la Geografía.

Con el nombre de Inteligencia artificial (IA) se conoce a un conjunto heterogéneo de ideas, técnicas y desarrollos teóricos que comparten la intención de incluir, dentro de la operación de los ordenadores, capacidades que se asemejen, o que imiten, las actividades inteligentes de los humanos.

El geógrafo inglés Stan Openshaw es uno de los más destacados en el estudio de las aplicaciones de estos conceptos a la Geografía, en los libros que ahora comentamos ha realizado, junto a un amplio conjunto de personas,

un importante esfuerzo para utilizar diversas técnicas de este carácter en el estudio de los problemas geográficos. Pero, además, la obra colectiva aquí tratada (*Geo-computation*) supone el planteamiento de una verdadera «nueva» disciplina científica, que podemos denominar Geocomputación.

Estudiando estos dos libros se puede encontrar un balance detallado y fácil de seguir de lo que la IA puede suponer para la Geografía, pero, además, ambas contienen un extenso conjunto de reflexiones de gran calado sobre el actual y el previsible papel de estos instrumentos dentro de la Geografía.

Según este autor las cuestiones de la IA de más fácil aplicación en Geografía son (Openshaw y Openshaw, 1997, p. 24):

— Avances en la comprensión y síntesis del lenguaje humano, la Lingüística computacional y el procesamiento del lenguaje natural.

— Los mecanismos de la denominada búsqueda heurística para elaboración de nuevos algo-

ritmos de resolución de problemas geográficos.

— Los conceptos relacionados con la representación del conocimiento, el uso de razonamiento automático y de sistemas expertos.

— La Lógica borrosa para el modelado de sistemas.

— Los métodos de reconocimiento de patrones y estructuras.

— La Robótica y la denominada vida artificial.

— La Visión artificial.

— Los mecanismos para el aprendizaje de máquinas.

— La Neurocomputación.

— La Programación evolutiva.

La aplicación de todos estos o de algunos de ellos a la Geografía podría conducir a una serie de beneficios para nuestra disciplina, como los siguientes:

A) Posibilidad de desarrollo de modelos detallados de la toma de decisiones espaciales, en los cuales la representación individual del mundo sea un factor importante. Es decir modelos detallados del comportamiento espacial de las personas, ahora no posibles de realizar y simular. Supondría la conversión de la Geografía del comportamiento en una verdadera Ciencia experimental basada en la simulación de comportamien-

tos individuales en situaciones inaccesibles a la observación.

B) Mejorar los sistemas de recuperación, búsqueda y análisis de datos espaciales mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica basados en el conocimiento.

C) La elaboración de modelos de los problemas geográficos que sean más manejables por el uso de representaciones simbólicas más generales.

D) Uso de un enfoque más avanzado, menos artesanal, y más cercano a la Ingeniería, en la resolución de problemas geográficos, mediante el uso de Sistemas expertos, empleados para modelar fenómenos y facilitar ayuda a la decisión espacial,

F) Extensión de las actuales técnicas estadísticas, analíticas y numéricas hasta alcanzar un enfoque mucho más amplio de procesamiento simbólico.

G) Eliminar la realización de tareas repetitivas en la investigación geográfica y facilitar la dedicación a las actividades más creativas.

De toda la lista de conceptos y técnicas arriba mencionadas, y de otras más específicas detalladas en las dos obras mencionadas, se puede llegar a concretar las que más pronto serán, o lo están sien-

do ya, aplicadas a la Geografía (todas las cuales reciben atención en las obras comentadas). En concreto, las siguientes (por orden de importancia e influencia en la Geografía):

1.º **Lógica borrosa:** que permite modelar sistemas con datos imprecisos e incorporar el conocimiento intuitivo, y muchas veces difícil de precisar numéricamente, al análisis de sistemas geográficos.

2.º **Neurocomputación:** las redes neuronales artificiales resultan muy útiles para el modelado de sistemas espaciales y para la sustitución de los métodos estadísticos convencionales afectados por graves problemas básicos (autocorrelación espacial, etc).

3.º **Búsqueda heurística:** que generan nuevos procedimientos para la localización óptima, diseño de zonificaciones, etc.

4.º **Programación evolutiva:** los algoritmos genéticos que son capaces de facilitar la búsqueda espacial, nuevos métodos para la localización óptima, el diseño de modelos, etc.

5.º **Vida artificial (Autómatas celulares):** que ofrece nuevas formas de explorar bases de datos geográficas y de establecer modelos de simulación de procesos espaciales.

6.º **Sistemas expertos:** para, en los pocos campos donde los geógrafos tienen un alto nivel de conocimiento claro y bastante formalizado (es decir existen «expertos» humanos sobre el tema), crear programas que ayuden a resolver el tema a otros menos expertos, sin necesidad del largo proceso de aprendizaje hasta ahora necesario: por ejemplo, diseño de la interfase hombre-ordenador, emplazamiento de nombres en mapas, generalización cartográfica, etcétera.

Es evidente que estos avances técnicos ya resultan de utilidad y, en el próximo futuro, lo serán mucho más en la resolución de cuestiones prácticas variadas. Pero otra cuestión de mayor importancia es el papel más profundo que estas técnicas, y otras por desarrollar, pueden tener para la Geografía y, más en concreto, para las Tecnologías de la Información geográfica.

Es conocida la grave insuficiencia que estas tecnologías geográficas presentan para el estudio de los procesos causales de las estructuras espaciales que tan bien se describen con ellas. Pues bien, podemos considerar que estas tecnologías de la Inteligencia artificial nos van a ayudar a empezar a estudiar de manera más

adecuada estos procesos y a empezar a entenderlos o, como mínimo, a empezar a simularlos con el ordenador y, por lo tanto, a poder realizar predicciones sobre ellos, aunque solo sean de tipo cualitativo.

Si esto se hace realidad la Inteligencia artificial se convertirá en un avance instrumental con notables repercusiones conceptuales. Pero es preciso aclarar que el entendimiento que estas técnicas nos pueden llegar a proporcionar de los procesos causales es de un tipo muy particular, ya no se trata de formular ecuaciones matemáticas que intentan expresar, formalmente, los conceptos de sentido común de nuestra experiencia, extraídos de nuestras observaciones, como podían ser muchos de los modelos matemáticos hasta ahora formulados. Por ejemplo, el modelo gravitatorio, elaborado para explicar y predecir las migraciones, se basa en ideas simples, intuitivas y de sentido común sobre como son las interacciones entre lugares (disminución con el aumento de la distancia, incremento de las interacciones al hacerlo el tamaño de los lugares de origen y destino, etc), que luego se expresan en una ecuación matemática más o menos razonable, más o menos acertada.

Los procedimientos de la Inteligencia artificial son muy distintos, sirven para expresar formalmente conceptos difíciles de precisar y, por ello, no bien comprendidos por los geógrafos, pero que se muestran capaces de predecir lo que ocurre en la realidad. Podríamos esquematizar esta idea diciendo que muchos de los procesos y modelos derivados de la Inteligencia artificial son «cajas negras» que reciben unos inputs y producen unos resultados (unos outputs) que resulten razonables aunque no se entiende del todo como se producen.

Por lo tanto, podemos esperar un importante avance en la simulación y en el desarrollo de «explicaciones» de las estructuras espaciales pero con esta limitación. Si es que realmente es una limitación, no se debe olvidar que, en muchas ocasiones, el avance de la ciencia se ha ido produciendo a costa de las ideas del sentido común de las personas: el conocimiento científico resulta ir, muchas veces, contra la intuición cotidiana. Quizás sea esta evolución a la reducción del sentido común en Geografía, propiciada por la Inteligencia artificial, una señal de que nuestra disciplina se alinea poco a poco con el mundo de la ciencia actual.

Joaquín BOSQUE SENDRA

BIBLIOGRAFÍA RECIENTE EN TELEDETECCIÓN ESPACIAL

Las incesantes novedades en el ámbito técnico (nuevos sensores disponibles, nuevos satélites de teledetección, nuevas técnicas de interpretación de imágenes), acortan sensiblemente la «vida útil» de los manuales de teledetección, que es preciso actualizar en pocos años. Esta tendencia han seguido especialmente aquéllos que han contado con una mayor difusión entre profesionales y estudiantes universitarios. Así, en los últimos 2-3 años, han visto la luz nuevas ediciones de manuales ampliamente utilizados en la docencia de esta técnica, así como otros redactados de nuevo cuño, que intentan hacerse un espacio en la ya amplia bibliografía disponible.

Un ejemplo magnífico de las nuevas ediciones que estamos comentado es la obra de T. M. Lillesand, y R. W Kiefer: *Remote Sensing and Image Interpretation*, publicada el pasado año 2000 por John Wiley and Sons. Se trata de la 4.^a edición de un manual que se considera ya clásico, ya que posiblemente es el que alcanza mayor difusión en EE. UU. La obra recoge el esquema conceptual de las ediciones previas, con una notable actualización de contenidos

en algunos capítulos. Por ejemplo, recoge un nuevo epígrafe dedicado a los sensores hiperespectrales, disponibles en avión hace ya algunos años, pero desde satélite sólo en fecha muy reciente, o nuevas técnicas de análisis de las imágenes. La obra se enriquece con algunas referencias en Internet, aunque no son muy abundantes, ni están realmente actualizadas, pero sí orientan sobre el tipo de información que puede obtenerse en la red.

De nueva redacción es el libro de Marc Robin: *La Télédétection*, publicado en Paris, por la editorial Nathan, en 1998. El libro aporta un enfoque particular a la bibliografía anglosajona, ya que presenta algunas reflexiones conceptuales de interés sobre los tipos de interpretación que pueden abordarse en teledetección. También por el tipo de bibliografía que cita, se puede conseguir una obra original, ya que no son habituales las referencias a trabajos francófonos en los manuales de teledetección actualmente disponibles. El libro distribuye la presentación de los principios de adquisición de datos en tres capítulos, que denomina, percepción espectral de los objetos (básicamente principios físicos de la teledetección), percepción espacial (con interesantes reflexiones sobre la reso-

lución y la escala, los niveles de discriminación e identificación y las propiedades texturales de los objetos), y la percepción temporal (donde analiza la noción de cambio, las restricciones a la percepción del cambio y varios ejemplos de cambios detectables mediante teledetección). A continuación, presenta un análisis de los sensores y satélites más relevantes, para desembocar en los principios de interpretación, principalmente digital, de las imágenes captadas. Respecto a otros manuales disponibles, llama la atención el énfasis que dedica a las segmentaciones especiales de la imagen, tema éste bastante novedoso en la línea de la actualización automática de la cartografía. Finalmente, analiza las relaciones entre teledetección y sistemas de información geográfica, detallando las fases de la integración de datos, y algunas operaciones de álgebra de mapas. El libro es bastante compacto (apenas 320 páginas), en un formato bastante accesible para su empleo como manual universitario. Tal vez como inconvenientes, podríamos señalar la baja calidad visual de las ilustraciones y la excesiva atención a la bibliografía francófona.

El último bloque de obras que conviene considerar en cuanto a novedades bibliográficas, se re-

fiere a los libros de orientación temática, que presentan alguna o algunas aplicaciones de esta técnica, o aspectos novedosos en la interpretación de los datos. Este es el caso del libro editado por Ross. S. Luneta y Christopher D. Elvidge: *Remote Sensing Change Detection. Environmental Monitoring Methods and Applications*, publicado por Ann Arbor Press (Chelsea, MI) en 1998. El libro pretende dar una visión global de las distintas posibilidades de análisis temporal en teledetección, si bien los capítulos responden, como es lógico en una obra colectiva, a trabajos de desigual enfoque y nivel de detalle. Se inicia la obra con un comentario global sobre las consideraciones que conviene tener en cuenta para aplicar el enfoque temporal en teledetección: productos, requisitos de los datos, costes de análisis y adquisición, etapas en el procesamiento, etc. A continuación se presentan algunos enfoques y aplicaciones particulares, como son las referidas a los cambios de uso/cobertura del suelo, cambios en el paisaje costero, en la cobertura forestal, y la agrícola. Normalmente, se presentan ejemplos bastante específicos, como sería la detección de incendios a partir de imágenes DMSP o GOES, el empleo de imágenes hiperespectrales o las téc-

BIBLIOGRAFÍA

nicas de interferometría radar. Finalmente, se incluye un capítulo sobre técnicas de verificación orientadas al análisis de cambios, tema éste ciertamente novedoso.

En una línea similar a la indicada, pues también se trata de una obra colectiva, aunque en este caso más centrada en avances técnicos, podemos referir el libro de Peter M. Atkinson y Nicholas J. Tate: *Advances in Remote Sensing and GIS Analysis*, publicado por John Wiley and Sons (Chichester) en 1999. Aquí el hilo conductor de los distintos trabajos es

más tenue, ya que se presentan artículos que sólo tienen en común el empleo de técnicas de análisis avanzado. Por ejemplo, se recogen algunos ejemplos del uso de clasificadores borrosos, redes neuronales, análisis de mezclas espectrales o geoestadística. Más débil resulta el empleo de análisis en SIG, puesto que únicamente se incluyen algunos ejemplos de modelado ambiental y extracción automática de datos a partir de las imágenes.

Emilio CHUVIECO