

IDRISI Kilimanjaro

Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes[®]
Mayo de 2004



IDRISI Kilimanjaro

Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes

Abril 2003
J. Ronald Eastman



Clark Labs
Clark University
950 Main Street
Worcester, MA
01610-1477 USA

tel: +1-508-793-7526
fax: +1-508-793-8842
email: idrissi@clarku.edu
web: <http://www.clarklabs.org>

Idrisi Source Code
©1987-2003
J. Ronald Eastman

Idrisi Production
©1987-2003
Clark University

Manual Version 14.00

Introducción al SIG

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema asistido por computadora para la adquisición, almacenamiento, análisis y visualización de datos geográficos. Hoy, se encuentra disponible una gran variedad de herramientas software para asistir estas tareas. Sin embargo, estas herramientas pueden variar significativamente unas de otras, en parte debido a la forma en que representan y trabajan con los datos geográficos, pero además debido al énfasis relativo que le dan a estas operaciones. En este capítulo, estudiaremos estas diferencias como una forma de entender las características especiales del sistema IDRISI.

Componentes del SIG

A pesar de que veamos el SIG como una sola pieza de software, éste generalmente está armado con una variedad de componentes diferentes. La Figura 2-1 presenta un amplio panorama de los componentes del software normalmente hallados en un SIG. No todos los sistemas tienen todos estos componentes; sin embargo, para que sea un verdadero SIG, debe poseer un grupo esencial de componentes.

Bases de Datos Espaciales y de Atributos

La base de datos es central para el sistema: una colección de mapas e información relacionada en formato digital. Debido a que la base de datos se ocupa de las características de la superficie terrestre, puede interpretarse que consiste en dos elementos: una base de datos espaciales que describe la geografía (forma y posición) de las características de la superficie terrestre, y una base de datos de atributos que describe las peculiaridades o cualidades de estas características. Entonces, por ejemplo, se puede tener una parcela de propiedad definida en la base de datos espacial y cualidades como su uso de la tierra, dueño, valor de la propiedad, y demás, en la base de datos de atributos.

En algunos sistemas, las bases de datos espaciales y de atributos se distinguen claramente una de otra, mientras que en otros se encuentran íntimamente integradas en una sola unidad; la línea que se extiende sólo hasta la mitad del círculo en la Figura 2-1. IDRISI es de los sistemas que integran los dos componentes en uno. Sin embargo, también ofrece la opción de mantener algunos elementos de la base de datos de atributos lo suficientemente separados.

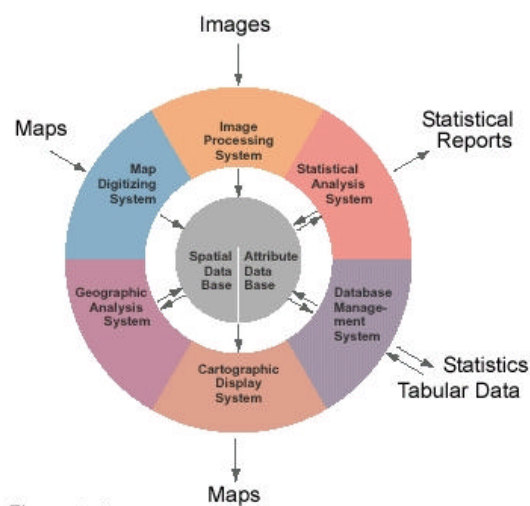


Figure 2-1

Esto se estudiará más adelante cuando examinemos las técnicas para la representación digital de datos de mapas.

Sistema de Visualización Cartográfica

Existe una serie de componentes del software que rodean a la base de datos central. El componente más importante es el Sistema de Visualización Cartográfica. Este sistema permite tomar elementos seleccionados de la base de datos y proyectar mapas en la pantalla o en alguna forma sobre papel, como una impresión o plotter. La gama de las capacidades de producción cartográfica entre los software SIG es enorme. La mayoría sólo provee una producción cartográfica básica y depende del uso de sistemas software de publicación de alta calidad para las necesidades de producción más sofisticadas tales como la separación de colores.

IDRISI permite una composición cartográfica sobre la pantalla altamente interactiva y flexible, incluyendo la especificación de estratos múltiples de datos, personalización y posicionamiento de los elementos de mapas como anotaciones, barras de escala, proyecciones, textos o gráficos insertados, etc., y juegos de colores y símbolos personalizados. Las composiciones de mapas de IDRISI se pueden guardar para una visualización posterior. Además se las puede imprimir utilizando dispositivos compatibles con Windows y se pueden exportar en una variedad de formatos comunes de publicación por computadora.

Los sistemas software que sólo son capaces de acceder y visualizar los elementos de las bases de datos se los conoce a menudo como Viewers o Electronic Atlases (Atlas Electrónicos).

Sistema Digitalizador de Mapas

Después de la visualización cartográfica, el próximo elemento en importancia es el Sistema Digitalizador de Mapas. Con un Sistema Digitalizador de Mapas, uno puede tomar mapas impresos en papel y convertirlos a formato digital y, como resultado, aumentar la base de datos. En el método más común de digitalización, el mapa se coloca sobre una tabla digitalizadora, luego se rastrean las características de interés con una púa, trazador o puntero, de acuerdo con los procedimientos requeridos por el software digitalizador. Muchos Sistemas Digitalizadores de Mapas permiten, además, editar los datos digitalizados.

El paquete del software CartaLinx, también desarrollado y distribuido por Clark Labs, brinda una capacidad digitalizadora y de edición vectorial completa, y es totalmente compatible con IDRISI. Además, existe un número de paquetes independientes de software digitalizadores compatibles con el formato de datos de IDRISI.

También se pueden usar scanners para digitalizar datos como fotografías aéreas. El resultado es más bien una imagen gráfica y no una producción de características como las creadas con una tabla digitalizadora. Los software de escaneo otorgan por lo general una variedad de archivos gráficos con formato estándar para su exportación. Estos archivos luego se importan en el SIG. IDRISI permite la importación de archivos gráficos con formato TIF y BMP.

Los paquetes digitalizadores, Computer Assisted Design (CAD) y Coordinate Geometry (COGO) son ejemplos de sistemas software que ofrecen la capacidad para agregar información digitalizada de mapas a la base de datos, y también capacidades de visualización cartográfica.

Sistema de Gestión de Bases de Datos

El siguiente componente en un SIG es el Sistema de Gestión de Bases de Datos (DBMS). Tradicionalmente, este término se refiere al tipo de software que se utiliza para ingresar, manejar y analizar los datos de atributos. Aquí también se usa en ese sentido, pero debe reconocerse que además se requiere el manejo de los datos espaciales. Entonces, el SIG habitualmente incorpora no sólo DBMS sino también una variedad de utilidades para manejar los componentes espaciales y de atributos de los datos geográficos almacenados.

Con un DBMS, es posible ingresar datos de atributos tales como información tabular y estadísticas y, por consiguiente, extraer tabulaciones especializadas y resúmenes estadísticos para crear nuevos informes tabulares. Sin embargo, lo más importante del Sistema de Gestión de Bases de Datos es que éste nos brinda la capacidad para analizar datos de atributo. Muchos análisis de mapas no poseen componentes espaciales reales y por ello, un DBMS funcionará por lo general bastante bien. Por ejemplo, podremos usar el sistema para encontrar todas las parcelas de propiedad donde el casco de la casa sea unitario pero tenga una o más dependencias menores, y para confeccionar un mapa con los resultados. El producto final (un mapa) es ciertamente espacial, pero en el análisis en sí no posee ninguna cualidad espacial. Por lo tanto, las flechas dobles entre el DBMS y la base de datos de atributo en la Figura 2-1 representan esta forma no espacial de análisis de datos. En IDRISI, el Taller sobre Bases de Datos provee un DBMS. Uno puede realizar análisis en el Taller

sobre Bases de Datos y luego aplicar inmediatamente los resultados a los datos espaciales adecuados y ver los resultados en forma de mapa. Además del este Taller, se encuentra disponible un extenso juego de módulos de programa para el manejo de los datos espaciales y de atributos.

Los software que brindan utilidades para la visualización cartográfica, digitalización de mapas y consultas sobre bases de datos se los llama a veces sistemas de Mapeo Automatizado y Gestión de Utilidades (Automated Mapping and Facilities Management - AM/FM) .

Sistema de Análisis Geográfico

Hasta ahora, hemos descrito un juego de capacidades muy poderosas: la habilidad para digitalizar datos espaciales y agregar atributos a las características almacenadas, para analizar estos datos basados en dichos atributos, y para obtener los resultados en un mapa. Más aún, existe una variedad de sistemas en el mercado que poseen estas mismas habilidades, muchos de los cuales se llaman a sí mismos SIG. Sin embargo, a pesar de lo útil que éstos sean, sus capacidades no necesariamente constituyen un SIG completo. El componente faltante es la habilidad para analizar datos, basada en características verdaderamente espaciales. Para esto, necesitamos un Sistema de Análisis Geográfico.

Con un Sistema de Análisis Geográfico, se extienden las capacidades de las consultas tradicionales sobre bases de datos para incluir la habilidad de analizar los datos desde su ubicación. Quizás el ejemplo más simple de esto sea considerar lo que ocurre cuando estamos interesados en la ocurrencia conjunta de características con diferentes geografías. Por ejemplo, supongamos que queremos hallar todas las áreas de terreno residencial sobre tipos de estratos rocosos asociadas con altos niveles de gas radón. Éste es un problema que un DBMS tradicional simplemente no puede resolver porque la roca del subsuelo y las divisiones del uso de la tierra no comparten la misma geografía. Las consultas tradicionales de las bases de datos son útiles siempre y cuando los atributos pertenezcan a las mismas características. Pero cuando las características son diferentes, éstas no sirven. Para esto necesitamos un SIG. En realidad, la habilidad para comparar características diferentes desde su ocurrencia geográfica común es el sello del SIG. Este análisis se cumple a través de un proceso llamado *overlay* (superposición). Lleva este nombre porque es lo mismo que superponer mapas transparentes de dos temas uno encima del otro.

Como el DBMS, el Sistema de Análisis Geográfico aparece en la Figura 2-1 con una interacción ida y vuelta con la base de datos; este proceso es distintivamente analítico en su naturaleza. Entonces, mientras ingresa información desde la base de datos, de la misma manera puede contribuir con los resultados de ese análisis como una nueva incorporación a la base de datos. Por ejemplo, podemos buscar la ocurrencia conjunta de terrenos sobre pendientes profundas con suelos erosionables para la agricultura y denominar el resultado un mapa de riesgo de erosión del suelo. Este mapa de riesgo no se encontraba en la base de datos original, sino que fue creado a partir de datos existentes y relaciones especificadas. Por lo tanto, las capacidades analíticas del Sistema de Análisis Geográfico y del DBMS juegan un papel vital en la extensión de la base de datos por medio de la incorporación de información sobre las relaciones entre características.

Sistema de Procesamiento de Imágenes

Además de estos elementos esenciales de un SIG, un Sistema de Visualización Cartográfica, un Sistema de Digitalización de Mapas, un Sistema de Gestión de Bases de Datos y un Sistema de Análisis Geográfico, algunos software también incluyen la habilidad de analizar imágenes de sensores remotos y proveer análisis estadísticos especializados. IDRISI es de este tipo. Los software de procesamiento de imágenes permiten tomar imágenes de sensores remotos en vivo (tales como imágenes satelitales LANDSAT o SPOT) y convertirlas en datos de mapa, interpretados de acuerdo a varios procedimientos de clasificación. En reconocimiento a su gran importancia como técnica de adquisición de datos, IDRISI ofrece un amplio juego de herramientas para la interpretación asistida por computadora de datos obtenidos por medio de sensores remotos.

Sistema de Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico, IDRISI ofrece ambos procedimientos estadísticos tradicionales así como también algunas rutinas especializadas para el análisis estadístico de datos espaciales. Los geógrafos han desarrollado una serie de rutinas especializadas para la descripción estadística de datos espaciales, en parte debido al carácter especial de los datos espaciales, pero también debido a que los datos espaciales plantean problemas especiales para las inferencias extraídas de los procedimientos estadísticos.

Sistema de Apoyo a las Decisiones

Mientras el apoyo a las decisiones es una de las funciones más importantes de un SIG, las herramientas diseñadas específicamente para esta función son relativamente pocas en la mayoría de los software SIG. Sin embargo, IDRISI incluye varios módulos particularmente desarrollados para asistir en los procesos de toma de decisiones con respecto a la asignación de recursos. Éste incluye módulos que incorporan errores al proceso, ayudan en la construcción de mapas de aptitud de criterios múltiples bajo niveles variantes de intercambio (tradeoff), y elaboran las decisiones de asignaciones cuando hay involucrados objetivos múltiples. Utilizados junto con los demás componentes del sistema, estos módulos brindan una herramienta poderosa para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos.

Representación de los Datos Cartográficos

La forma en que los componentes de los software mencionados anteriormente logran combinarse, es un aspecto de la variación de los Sistemas de Información Geográfica. Sin embargo, una distinción fundamental es la manera en que éstos representan los datos cartográficos en formato digital.

Un Sistema de Información Geográfica almacena dos tipos de datos que se encuentran en los mapas: las definiciones geográficas de las características de la superficie terrestre y los atributos o cualidades que esas características poseen. No todos los sistemas usan la misma lógica para lograr esto. Casi todos, sin embargo, usan una o la combinación de ambas técnicas fundamentales de representación cartográfica: *vectorial* y *raster*.

Vectorial

Con la representación vectorial, los límites o el curso de las características se definen por medio de una serie de puntos que, cuando se los une con líneas rectas, forman una representación gráfica de esa característica. Los puntos mismos están codificados en un par de números que forman las coordenadas X e Y en sistemas tales como la latitud/longitud o la grilla de coordenadas del Universal Transverse Mercator. Los atributos de las características son almacenados entonces con un software tradicional de gestión de bases de datos (DBMS). Por ejemplo, un mapa vectorial de parcelas de propiedad puede estar ligado a una base de datos de atributos con información que contiene la dirección, el nombre del dueño, el valor de la propiedad y el uso del suelo. El lazo entre estos dos archivos de datos puede ser un simple número de identificación que se le da a cada característica en el mapa (Figura 2-2).

Raster

La segunda forma de representación más importante es conocida como raster. Con los sistemas raster, la representación geográfica de características y de los atributos que éstas poseen se mezclan en archivos de datos unificados. En realidad, por lo general no definimos las características. Más aún, el área de estudio se divide en una fina red de una grilla de celdas en las que guardamos la condición o atributo de la superficie terrestre en ese momento (Figura 2-2). A cada celda se le da un valor numérico, el cual luego representará un identificador de característica, un código de atributo cualitativo o bien un valor de atributo cuantitativo. Por ejemplo, una celda puede tener un valor “6” para indicar que pertenece al Distrito 6 (identificador de característica), que está cubierta por el tipo de suelo 6 (atributo cualitativo), o que está 6 metros sobre el nivel del mar (valor de atributo cuantitativo). A pesar de que los datos que almacenamos en esta grilla de celdas no necesariamente se refieren al fenómeno que se puede observar en el ambiente, las grillas de datos pueden interpretarse como *imágenes* o *capas*, cada una ilustrando un tipo de información sobre la región comprendida en el mapa. Esta información puede ser visible a través de un visualizador raster. En un visualizador raster, tal como la pantalla de su computadora, también hay una grilla de pequeñas celdas llamadas *pixeles*. La palabra pixel es una contracción del término *picture element* (elemento de la imagen). Los pixeles pueden variar en su color, forma o tono de gris. Para elaborar una imagen, los valores de las celdas en la grilla de datos se usan para regular directamente la apariencia gráfica de sus pixeles

correspondientes. Entonces, en un sistema raster, los datos controlan directamente la forma visible que observamos.

Raster versus Vectorial

Los sistemas raster son por lo general de datos intensivos (aunque existan buenas técnicas para la compresión de datos) debido a que éstos deben guardar datos en cada ubicación de celda, sin importar si la información que tiene la celda es de

interés o no. Sin embargo, la ventaja reside en que el espacio geográfico está uniformemente definido de manera simple y predecible. Como resultado, los sistemas raster tienen substancialmente más poder analítico que sus pares vectoriales en el análisis de espacio continuo¹ y son idealmente apropiados para el estudio de datos que están en constante cambio sobre el espacio como el terreno, la biomasa vegetal, las lluvias, etc. La segunda ventaja del raster consiste en que su estructura es bastante compatible con la arquitectura de las computadoras digitales. Como consecuencia, los sistemas raster tienden a ser muy rápidos en la evaluación de problemas que implican varias combinaciones matemáticas de los datos en capas múltiples. De este modo, son excelentes para evaluar modelos ambientales como el potencial de la erosión de suelos y la aptitud de manejo forestal. Además, debido a que las imágenes satelitales emplean una estructura raster, la mayoría de los sistemas raster pueden incorporar con facilidad estos datos, y algunos brindan completas capacidades de procesamiento de imágenes.

Mientras los sistemas raster están predominantemente orientados al análisis, los sistemas vectoriales tienden a estar más orientados a la gestión de las bases de datos. Los sistemas vectoriales son bastante eficientes en su almacenamiento de datos cartográficos porque sólo guardan los límites de las características, y no aquello que se encuentra dentro de esos límites. Debido a que la representación gráfica de las características está directamente ligada a la base de datos de atributos, los sistemas vectoriales generalmente permiten recorrer la visualización gráfica con un mouse y consultar los atributos asociados con las características visualizadas, tales como la distancia entre puntos o a lo largo de líneas, las áreas de las regiones definidas sobre la pantalla, etc. Por otra parte, pueden producir mapas temáticos simples de las consultas de las bases de datos como una que muestre todas las secciones de líneas de canales de más de un metro de diámetro instaladas antes de 1940.

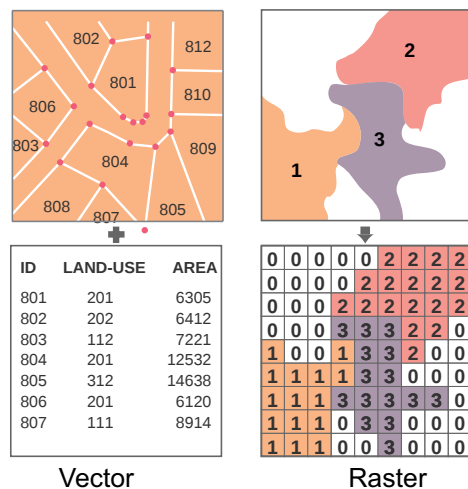


Figura 2-2

representación. Aunque sea principalmente un sistema analítico raster, IDRISI emplea estructuras de datos vectoriales como forma principal de visualización e intercambio de datos cartográficos. Además, también ofrece aspectos fundamentales de la gestión de bases de datos vectoriales.

Comparados con sus pares raster, los sistemas vectoriales no tienen una gama tan extensa de capacidades para los análisis de espacio continuo. Sin embargo, se destacan en los problemas concernientes a los movimientos sobre una red y pueden realizar las operaciones más fundamentales de un SIG que se detallarán a continuación.

Para muchos, las funciones simples de gestión de bases de datos y las excelentes capacidades para confeccionar mapas son las que hacen atractivos a los sistemas vectoriales. Debido a la cercana afinidad entre la lógica de la representación gráfica y la producción tradicional de mapas, los sistemas vectoriales son usados para producir mapas que son distinguibles de aquellos confeccionados con medios tradicionales; como resultado, los sistemas vectoriales son muy populares en aplicaciones municipales donde predominan ciertos temas de gestión de la producción de mapas y de bases de datos.

Los sistemas raster y vectoriales poseen cada uno sus fuertes espaciales. Entonces, IDRISI incorpora elementos de ambas técnicas de

Conceptos de Bases de Datos Geográficos

Organización

Si usamos una lógica raster o vectorial para la representación espacial, comenzamos a ver que una base de datos geográficos – una base de datos completa para una región dada – está organizada en una forma similar a una colección de mapas (Figura 2-3). Los sistemas vectoriales se aproximan más a esta lógica a la que conocemos como *coverages* (áreas de cobertura) – colecciones como las de mapas que contienen las definiciones geográficas de un grupo de características y

1. A la estructura básica de los datos de los sistemas vectoriales se la puede describir como una red. Entonces, no es novedoso encontrar que los sistemas vectoriales tienen capacidades excelentes para el análisis de redes de espacio. Por lo tanto, la diferencia entre un vector y un raster es más una diferencia en los tipos de espacios que se describen que una habilidad inherente a los sistemas.¹

sus respectivas tablas de atributos. Sin embargo, estas áreas de cobertura se diferencian de los mapas en dos puntos. Primero, cada una por lo general contiene información sólo sobre un tipo de característica, como parcelas de propiedad, polígonos del suelo, etc. Segundo, éstas pueden contener una serie completa de atributos que corresponden a esas características como un juego de información de censo para bloques urbanos.

Los sistemas raster también utilizan esta lógica de estilo cartográfico, pero usualmente dividen los juegos de datos en capas (*layers*) unitarias. Una capa contiene todos los datos para un solo atributo. Entonces, uno puede tener una capa de suelo, una de caminos y otra del uso de la tierra. Unos pocos sistemas raster, incluyendo IDRISI, pueden unir una capa de identificación de características (una capa que contiene los identificadores de las características ubicadas en cada celda de la grilla) con tablas de atributos. Más comúnmente, existen capas separadas para cada atributo y de éstas se producen visualizaciones sobre la pantalla y mapas en papel, por separado o bien en combinación.

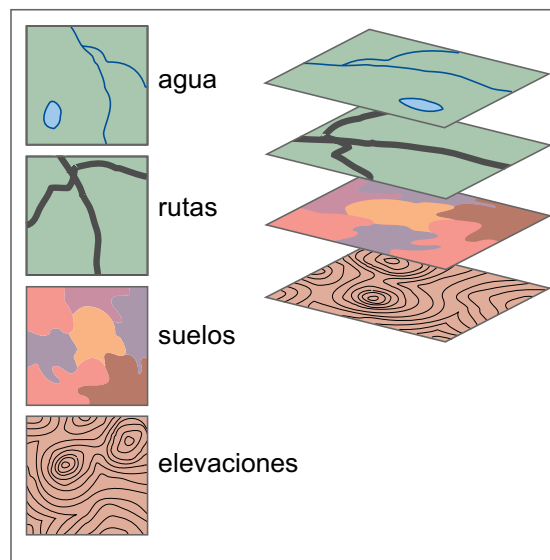


Figura 2-3

Aunque existen diferencias mínimas, para todas las intenciones y propósitos, las capas raster y las áreas de cobertura vectorial se pueden interpretar simplemente como manifestaciones diferentes de un mismo concepto – la organización de la base de datos en temas elementales del estilo de los mapas. Sin embargo, las capas y las áreas de cobertura se diferencian en gran medida de los tradicionales mapas en papel. Cuando los datos cartográficos están codificados en formato digital (digitalizados), las diferencias de escala son eliminadas. Los datos digitales pueden ser visualizados o impresos en cualquier escala. Más importante, las capas de datos digitales que fueron extraídas de mapas en papel de diferentes escalas, pero que cubren la misma área geográfica, pueden ser combinadas.

Además, muchos paquetes SIG, incluyendo IDRISI, brindan utilidades para cambiar la proyección y el sistema de referencia de las capas digitales. Esto permite convertir a las capas múltiples, digitalizadas a partir de mapas de varias proyecciones y sistemas de referencia, en un sistema común.

Con la habilidad para manejar diferencias de escala, de proyección y de sistema de referencia, las capas se pueden unir con facilidad, eliminando de esta forma un problema que tradicionalmente ha dificultado las actividades de planeamiento con mapas de papel. Es importante destacar, sin embargo, que el problema de la resolución (*resolution*) de la información en las capas de datos permanece. Aunque las características digitalizadas de un planisferio grande *podrían* combinarse en un SIG con características digitalizadas de un mapa local a gran escala como un mapa urbano de calles, esto normalmente no se realiza. El nivel de precisión y detalle de los datos digitales sólo puede ser tan bueno como el de los mapas originales.

Georeferenciamiento

Todos los archivos de datos espaciales en un SIG están georeferenciados. El georeferenciamiento se refiere a la ubicación de una capa o área de cobertura en el espacio según las define un reconocido sistema de referenciamiento de coordenadas. Con las imágenes raster, una forma común de georeferenciamiento es indicar el sistema de referencia (Ej.: latitud / longitud), las unidades de referencia (Ej.: grados) y las posiciones de las coordenadas de los bordes izquierdo,