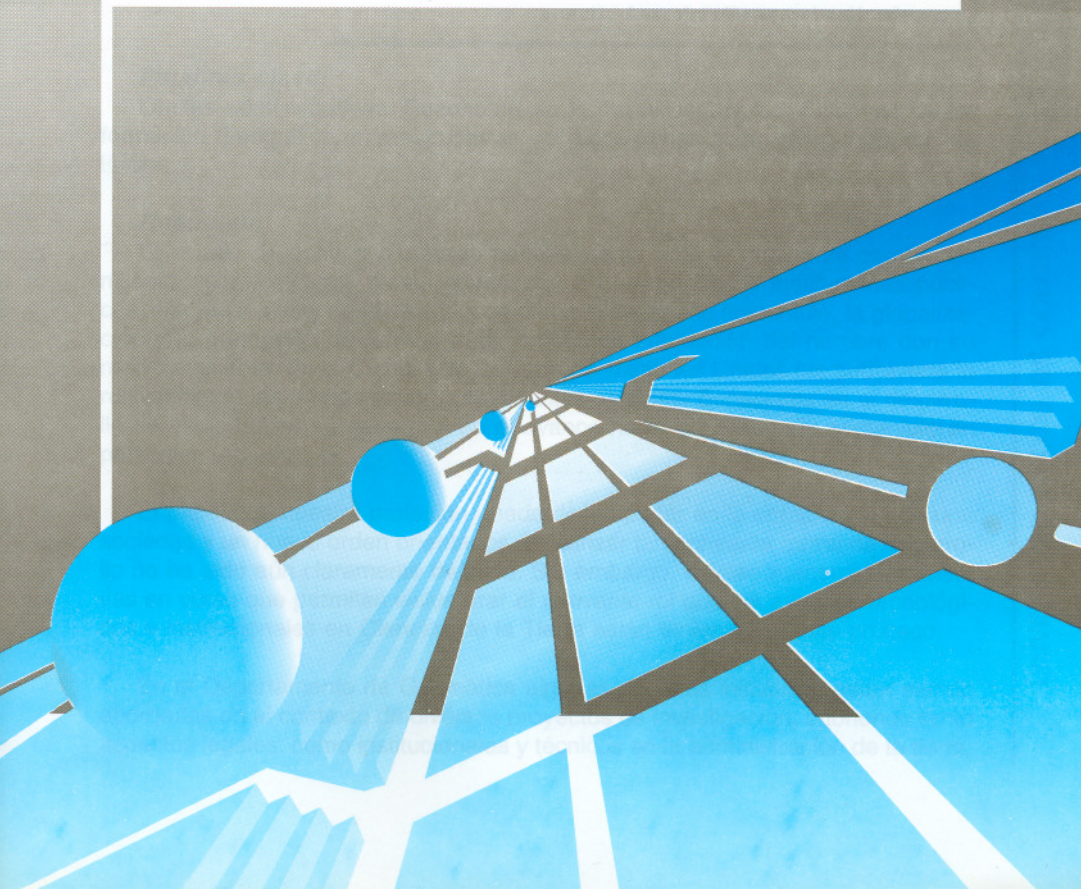
Diseño, Implementación y Gestión de Infraestructuras

Francisco Javier Escobar

Conferencia

TECNOLOGÍAS EN OBRAS CIVILES



Posibilidades del Razonamiento Espacial Jerárquico en la reorganización de límites administrativos empleando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Francisco J. Escobar, Serryn Eagleson e Ian P. Williamson
Departamento de Geomática, Universidad de Melbourne
Parkville 3052, VIC, Australia
e-mail: f.escobar@eng.unimelb.edu.au

Palabras clave:
Límites administrativos, Razonamiento Espacial Jerárquico, Sistemas de Información Geográfica, infraestructuras de datos geográficos, reorganización de límites.

Resumen:
El estado de opinión generado mundialmente ante el inminente cambio de milenio incluye algunos temas novedosos, en la agenda de instituciones públicas, empresariales y académicas, como son el desarrollo sostenible, la globalización y la protección de formas tradicionales de interacción del hombre con su medio ambiente. En la Cumbre de la Tierra de Naciones Unidas fue subrayada la relevancia de las Infraestructuras Nacionales de Datos Espaciales en el desarrollo de estos temas en general y en el avance hacia un desarrollo sostenible en particular (Agenda21).

El papel que nuestra profesión puede desempeñar en la construcción de una sociedad y un nuevo orden orientados a alcanzar tan anhelada forma de desarrollo no ha sido aún claramente definido. Sin embargo, existen numerosas iniciativas en curso que permiten vislumbrar el relevante rol que los avances tecnológicos e institucionales en Ciencias de la Tierra están teniendo en este proceso.

En el Departamento de Geomática algunas de estas iniciativas están siendo abordadas en el contexto de diversos proyectos de investigación, cubriendo tanto aspectos legales, como institucionales y técnicos en la administración de la tierra.

Esta presentación ofrece una visión general sobre dichos proyectos y una más detallada descripción, por su aplicabilidad universal, de uno de los mismos.

1. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras nacionales de datos geográficos en diferentes niveles políticos y administrativos están jugando un papel cada vez más importante en el desarrollo sostenible de nuestro entorno construido, social y económico. En el proceso tenemos que abordar diversos temas de naturaleza técnica, legal e institucional.

El Grupo de Investigación en Sistemas Catastrales e Infraestructuras de Datos Espaciales en el Departamento de Geomática, ha estado investigando estos temas por su relevancia en el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica y en las Infraestructuras Nacionales de Datos Espaciales en general y en los sistemas catastrales en particular.

El compromiso que el Departamento de Geomática ha contraido en la búsqueda de soluciones a estos temas queda reflejado en los diversos proyectos de investigación en curso conducidos por el Grupo de Investigación.

A continuación señalamos las temáticas de los mismos. Información adicional se encuentra accesible en la página web http://www.geom.unimelb.edu.au/research/SDI_research/,

a. Proyectos de orientación tecnológica:
   - Sistemas on-line para los Títulos de Tenencia.
   - Transmisión de información geográfica a través de Internet.
   - Actualización on-line de información catastral.
   - Evaluación de la capacidad del Sensor MOMS-02 en la producción cartográfica de media y alta escala.

b. Proyectos de orientación legal:
   - El impacto de posesión adversa de tierras en el Registro de Títulos de Propiedad.
   - Marcos de actuación para el cumplimiento de las necesidades de la cambiante relación del Hombre con la tierra.
   - Dimensión geográfica de Títulos de Tenencia indígenas en Victoria, Australia.

c. Proyectos de orientación institucional:
   - Difusión de Sistemas de Información Geográfica en organismos gubernamentales.
   - Cambios de sistemas de gestión en Sistemas de Información Geográfica
   - Infraestructuras regionales de datos geográficos.
   - Reorganización de límites administrativos empleando Sistemas de Información Geográfica.

d. Aplicaciones
   - SIG y Sanidad Pública

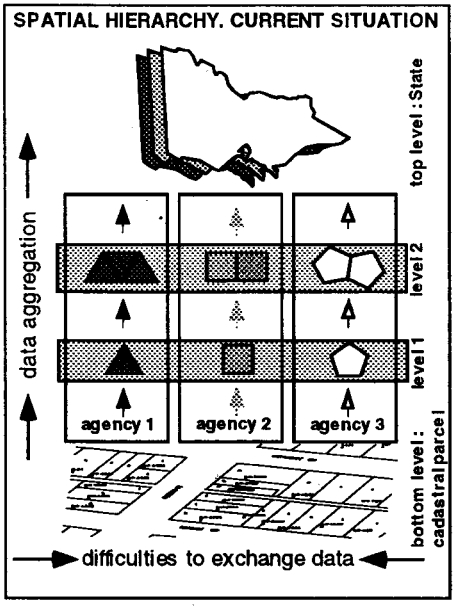
Una vez presentado el abanico de iniciativas en curso, el objeto de esta comunicación se centra en la exposición del proyecto *El Impacto de las Estructuras*

2. *REORGANIZACIÓN DE LÍMITES ADMINISTRATIVOS EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*

A lo largo de la Historia, el hombre ha organizado, dividido y estructurado el espacio de muy diversas formas. Estructuras divisorias jerárquicas, impuestas sobre el espacio, han sido diseñadas para organizar actividades administrativas, políticas, sociales y económicas. A menudo, los organismos encargados de esta división, han utilizado diferentes criterios para establecer sus propios límites espaciales. Como resultado de esta práctica, los actuales límites administrativos de cada organización no coinciden entre sí, en ningún o casi ningún caso.

En la actualidad, en el contexto de la Sociedad de la Información, la difusión de nuevas tecnologías para manejar de forma óptima información geográfica está fuertemente restringida por la mencionada falta de coordinación. Estas tecnologías ofrecerían un tratamiento de la información más preciso y por tanto más adecuado como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, si la información geográfica, independientemente del organismo que la produce, estuviera unificada bajo un sistema jerárquico común. Los SIG, constituyendo la principal tecnología disponible para el tratamiento de información geográfica puede aportar soluciones a esta problemática.

Este proyecto propone una metodología para, primero, estudiar las necesidades y criterios específicos de cada uno de los principales organismos que dividen el territorio en unidades espaciales, y segundo, sentar las bases que coadyuven a una solución en la re-estructuración de dichos límites. Los SIG son adoptados como principal herramienta metodológica en el rediseño de límites, incluyendo los criterios establecidos en la primera fase del proyecto.



3. *DEFINICIÓN DEL PROBLEMA*

En Victoria, al igual que en otros ámbitos territoriales, uno de los mayores problemas que limitan la integración, comparación y transferencia de datos entre organismos, es la existencia de diferentes límites administrativos.

La Figura 1 ilustra la situación actual; cada organismo, basándose en sus propios requisitos y utilizando la parcela catastral como unidad mínima indivisible, establece unidades espaciales de diferente tamaño y forma. A la hora de emplear la información, cada organismo agrega los datos de su propio sistema, por agrupación vertical de unidades. Sin embargo, en la sociedad actual, la necesidad

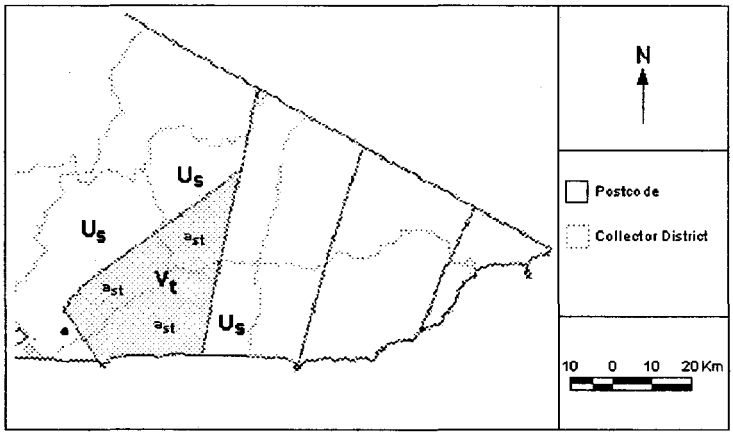
de realizar análisis cruzados de datos procedentes de diversos organismos es frecuente en los procesos de toma de decisiones.

Dado que la existencia de unidades espaciales distintas no permite un intercambio preciso de datos entre agencias, los procesos de toma de decisiones no pueden beneficiarse, en toda su capacidad, de las posibilidades analíticas de los SIG.

4. PRÁCTICAS EMPLEADAS ACTUALMENTE PARA EL ANÁLISIS CRUZADO DE INFORMACIÓN EN UNIDADES ESPACIALES DISTINTAS

a. Interpolación areal

La necesidad de contar con información procedente de sectores diversos, ha conllevado a la adopción de métodos de interpolación areal que, sin ser idóneos, por su falta de exactitud, permiten análisis cruzados. Trinidad y Crawford (1998) definen interpolación areal como un método para el cálculo de valores temáticos en todas las regiones de un mapa basándose en los valores recogidos en otro mapa de unidades espaciales distintas.

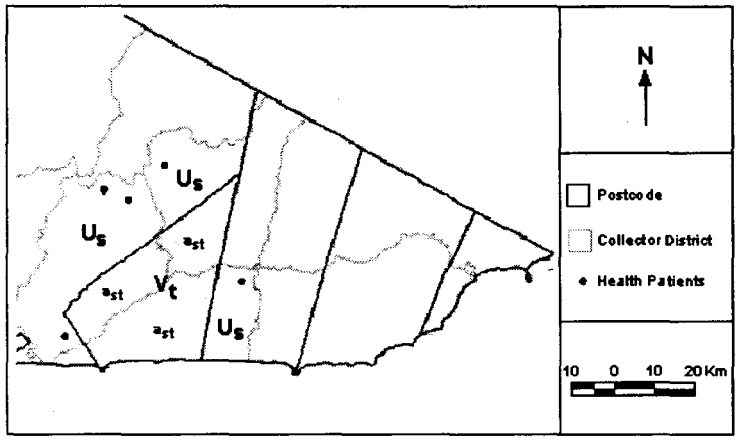


Existen diversos procedimientos que matizan y mejoran los resultados de la interpolación areal. Okabe y Sadahiro (1997) los dividen en dos grupos según la utilización o no de información suplementaria.

Aquellos métodos que no utilizan otra información que la que es objeto de análisis, aplican la fórmula derivada por Goodchild, Anselin y Deichmann (1993) $V_t = S\ U_s(a_{st}/Sa_{st})$ donde V_t es el valor que adopta la variable en la zona destino, U_s, el valor de la variable en las regiones de origen y a_{st}, el área de las mismas. La figura 2 ilustra la ecuación.

Este tipo de métodos implican diversos problemas cuyo origen reside en las presunciones inherentes a los mismos. La principal consiste en la inexistencia de una homogeneidad en la distribución de la variable en el espacio. La figura 3 muestra como la aplicación de la ecuación de interpolación puede producir resultados no deseados cuando esta distribución no es homogénea. El valor de V_t no ofrece, en este caso, una imagen ajustada acerca de la presencia de la variable en esa área.

Métodos alternativos a la interpolación, fuertemente apoyados en las posibilidades del análisis de punto en polígono de los SIG, consisten en asignar los valores del mapa fuente a un mapa destino en rejilla cuyas celdas adoptan la suma de los valores de los centroides de los polígonos origen.



Los problemas asociados a este método residen fundamentalmente en la excesiva dependencia en el tamaño de las celdas (Okabe y Sadahiro, 1997).

En un intento de mejorar la exactitud de la interpolación, algunos autores recomiendan la utilización de información suplementaria, que superpuesta al mapa de destino, restringe las áreas objeto de interpolación. Flowerdew y Green (1989) han explorado esta opción a través de estudios de Geografía Electoral, concluyendo con la evidencia de problemas asociados a la escasa consistencia de la información adicional en áreas extensas.
Otro intento de mejorar los resultados de la interpolación está basado en la utilización de las llamadas *zonas de control*, ampliamente documentada en Trinidad y Crawford (1998), Goodchild, Anselin y Diechmann (1991), Langford y Unwin (1994) y Bracken y Martin (1989). Consiste básicamente en la incorporación de información, como imágenes de satélite o redes viarias, que ayudan a diferenciar zonas de densidad constante en la variable analizada. Si bien estos autores reconocen la utilidad de las zonas de control en la obtención de resultados más ajustados a la realidad, reconocen que está sujeto a errores, recomendando una elección rigurosa de la mismas.

b. Agregación de datos individuales
Además de la interpolación, en algunos ámbitos donde la legislación lo permite, los datos son almacenados en su forma más desagregada para ser agrupados en diferentes unidades, según sea necesario. Obviamente, este procedimiento, además de conllevar importantes problemas relativos a la confidencialidad, implica el manejo de grandes cantidades de datos y la consiguiente ralentización de los cálculos.

Vistos los problemas asociados a los actuales procedimientos para el intercambio de datos entre organismos gestores de diferentes límites

administrativos, el proyecto en curso propone la reorganización de unidades espaciales bajo un modelo jerárquicamente organizado basado en la aplicación de los principios del Razonamiento Jerárquico Espacial (RJE).

RJE es definido por Car (1996) como la parte de la Ciencia de la Información Geográfica que utiliza estructuras jerárquicas en sus argumentaciones. El marco teórico del RJE está sustentado por tres propiedades que le confieren la necesaria solidez. Estas propiedades son:

a. *Parte-todo* en donde cada nivel en una jerarquía puede ser analizado como un conjunto o como un subconjunto de un un conjunto mayor.

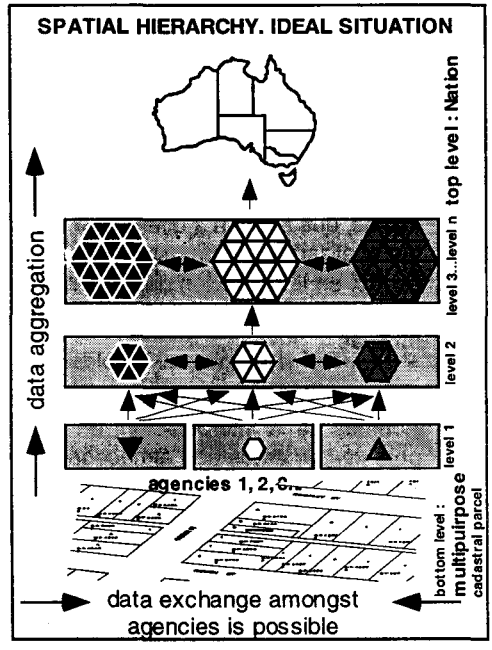
b. *Efecto Jano* en referencia al dios griego Jano, poseedor de dos caras, orientadas a puntos opuestos, como es el caso de los sistemas jerárquicos en donde cada subconjunto se orienta tanto a su nivel superior como al inferior.

c. *Descomposición por distancia* o decrecimiento de la similitud de los subsistemas proporcionalmente al aumento de la distancia entre ellos (Car, 1996; Cofferey, 1991)

El RJE ha sido aplicado con éxito en sistemas de navegación (Car, 1996) y en ordenación del territorio (Frank et al., 1994) pero su aplicación a problemas asociados con unidades espaciales aún no ha sido abordada.

5. *OBJETIVOS*

De las posibles soluciones al problema enunciado anteriormente, la que el presente proyecto está tratando de sistematizar consiste en el rediseño de unidades espaciales que no cumplan sólo con los criterios individuales del organismo gestor, sino que lo hagan también con los criterios de los demás.



La Figura 4 muestra una situación ideal en donde cada organismo adopta unidades que contemplan únicamente sus propias exigencias pero que a partir del primer nivel de agregación forman un límite común.

De esta forma, los datos procedentes de diversos organismos pueden ser transferidos y cruzados de forma precisa. El objetivo central consiste, por tanto, en la aplicación del RJE al diseño de una nueva estructura de límites administrativos que posibilite la integración, comparación y análisis cruzado de datos procedentes de organismos diversos.

6. *METODOLOGÍA*

Los principales componentes de la metodología adoptada para alcanzar el objetivo señalado consisten en:

- Revisión de los principios del RJE y sus posibilidades de aplicación a polígonos,
- Establecimiento de los criterios adoptados por los diferentes organismos para la división territorial,
- Programación de los algoritmos necesarios para la delineación de nuevos límites que contemplen conjuntamente tanto los principios del RJE como los criterios del conjunto de las organizaciones,
- Evaluación del modelo.

El proyecto se encuentra en sus etapas iniciales, teniendo fecha prevista de culminación en Julio del año 2000. Los resultados e información asociada serán incluidos en la página web del grupo de investigación citada en la introducción.

7. *CONCLUSIÓN*

A pesar de los beneficios que el desarrollo de la tecnología SIG está aportando a la Ciencia de Información Geográfica, los diferentes problemas relacionados con la existencia de límites no coincidentes condiciona su pleno aprovechamiento.

Los diversos métodos aplicados en la actualidad no ofrecen el suficiente nivel de precisión necesario en numerosos procesos de toma de decisiones.

Estas dificultades inciden negativamente en la utilización de técnicas hoy disponibles que apoyarían más eficazmente la toma de decisiones que afectan a la efectividad, y por tanto al desarrollo de la comunidad.

La necesidad de considerar simultáneamente criterios de organismos diversos a la hora de establecer límites constituye el primer resultado del proyecto descrito. En la actualidad, los esfuerzos están concentrados en el desarrollo de un modelo que considerando RJE como base teórica, proporcione un medio eficaz para el diseño de nuevas unidades espaciales organizadas bajo un sistema jerárquico común.

8. *BIBLIOGRAFÍA*

- Car, A. (1997). "Hierarchical Spatial Reasoning: Theoretical Consideration and its Application to Modeling Wayfinding", Department of Geoinformation, Technical University, Vienna.
- Glasgow, J., 1995, "A Formalism for Model-Based Spatial Planning". in Spatial Information Theory-A Theoretical basis for GIS. A. Frank and W. Kuhn (Eds.),
- Berlin-Heilderberg-New York: Springer. p501-518
- Goodchild, M., Anselin and U Deichmann (1993). "A framework for the areal interpolation of socioeconomic data." Environment and Planning A 25: 383-397.
- Trinidad, G. and . J. Crawford. "A tool for transferring attributes across thematic maps." AM/FM: 127-137.