

# EL PARADIGMA MULTIDIMENSIONAL: DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGIAS PARA LA GESTION DEL TERRITORIO

**John William Cely<sup>1</sup>, Yvan Bédard<sup>2</sup>**

NSERC Industrial Chair in Geospatial Databases for Decision Support  
Centre for Research in Geomatics, Laval University, Québec-Canada

<sup>1</sup>. Candidato a Doctor en Ciencias Geomaticas, Universidad Laval, Québec-Canadá

<sup>2</sup>. Profesor Titular, Centro de Investigación en Géomatica, Universidad Laval, Québec-Canadá

[john-william.cely-pulido.1@ulaval.ca](mailto:john-william.cely-pulido.1@ulaval.ca), [Yvan.Bedard@scg.ulaval.ca](mailto:Yvan.Bedard@scg.ulaval.ca)

## RESUMEN

Las necesidades de los usuarios en relación al uso de la información Geográfica para el manejo y gestión del territorio son cada día más complejas. Estos usuarios (los tomadores de decisión) tienen necesidad de: información agregada, realizar comparaciones en el tiempo y en el espacio, hacer síntesis rápidas, descubrir tendencias, analizar correlaciones entre los datos, hacer consultas no previstas, explorar interactivamente los datos, etc.

Por otra parte, las organizaciones invierten anualmente importantes sumas de dinero para adquirir grandes volúmenes de datos sobre el territorio, sus recursos y sus usos. Sin embargo, estos datos son difíciles a “explorar”, principalmente cuando es necesario utilizar las propiedades y relaciones temporales y espaciales de los objetos para dar respuesta a una consulta.

Numerosas soluciones han sido desarrolladas para mejor soportar estas necesidades utilizando SIG: en análisis espaciales específicos, en la generación automática de ciertos tipos de reportes o como un componente de un sistema de análisis multi-criterio o de un sistema experto. Sin embargo, estas soluciones son éxitos mitigados y no permiten apoyar totalmente a los usuarios finales que no participaron en la concepción ni en el desarrollo del sistema de manera simple, rápida e independiente en el análisis espacial y temporal.

Estas características reorientan el proceso de toma de decisiones, es decir “tener acceso a la información correcta en el lugar correcto y en el tiempo apropiado”. Los responsables de la decisión sobre el territorio tienen necesidad de datos de naturaleza analítica y se orientan hacia la explotación de sistemas que permitan el análisis espacio-temporal. La convergencia en el universo espacial de alternativas prometedoras, como “el paradigma multidimensional” ofrece una nueva solución soportando la gestión del territorio como nunca antes fue posible hacerlo.

La presente conferencia tiene por objetivo introducir el paradigma Multidimensional y posicionarlo dentro del mundo SIG. Inicialmente, presentaremos la complejidad del análisis espacio-temporal. Posteriormente, realizamos una descripción del enfoque multidimensional como alternativa para optimizar el tratamiento de dicho análisis. Luego, las principales herramientas y las tecnologías emergentes que implementan el enfoque multidimensional son descritas, para finalizar en una discusión sobre la integración de diferentes campos de conocimiento (Geomática, Informática, Bases de Datos espaciales, etc) y los retos que deberán ser afrontados en este nuevo dominio.

A partir de estos hechos, nuestra motivación es fomentar la aparición de una comunidad científica creando un marco reservado a estos trabajos discutiendo el avance de la investigación dentro del dominio de la información geográfica.

Palabras Clave: Sistema de Soporte a las decisiones, Bases de Datos Espaciales Multidimensionales, Sistemas de información Geográfica (SIG).

## ABSTRACT

Users' requirements regarding the use of geographic information for territory management are every day more complex. These users, usually the decision makers, need to: have added information to make time and space comparisons; to make fast synthesis to discover tendencies; to analyze data correlations; to perform ad-hoc consultations, to interact with the data, etc.

Besides, organizations annually invest important sums of money to acquire great volumes of data on the territory, its resources and its uses. Nevertheless, these data are difficult to explore, especially when temporal and space issues are part of the query. Numerous solutions have been developed to better support data exploration using GIS: to perform specific spatial analyses, for the automatic reports generation, or as a component of a multi-criteria decision analysis system or of an expert system. Nevertheless, these solutions have mitigated successes and they do not totally support end users who did not participate in the conception nor in the development of the support system.

These characteristics reorient the process of decision making: "to have access to the correct information in the correct place and the appropriate time". The stakeholders need analytical data and they are oriented towards the operation of systems that allow space-temporal analyses. The integration of "the multidimensional paradigm" in the geomatics universe offers promising alternatives to supporting the management of the territory.

The present paper introduces the multidimensional paradigm and positions it within the GIS world. Initially, we will present the complexity associated to spatial and temporal analysis. Then, we will describe the multidimensional approach as an alternative to optimize the management of such analyses. The main tools and the emergent technologies that implement the multidimensional approach will then be described. Finally, we will discuss the integration of different domains of Knowledge (geomatics, Business Intelligence, Spatial Databases, etc) and the challenges it brings in this new area of the GIS.

Key Words: Spatial decision-support, multidimensional databases, Geographic Information Systems (GIS)

## 1. Introducción

La gestión del territorio se caracteriza por relacionar: distintos temas (ej. Educación, Salud, medio ambiente, catastro, etc), distintos niveles de detalle "información agregada" (de un nivel local, a nivel regional, o provincial y contrariamente), diferentes tiempos "multi-temporal" (información por años, por meses, trimestralmente, etc), y diferentes elementos de análisis (información sintetizada). La información geográfica es omnipresente en estos análisis.

Recientes desarrollos como OSGF<sup>1</sup>, Web 2.0<sup>2</sup>, Google geospatial aspects<sup>3</sup>, constituyen un factor importante en el uso de la información geográfica. Una consumación en masa naciente debido al perfeccionamiento de las tecnologías de la información y su verdadera democratización para usuarios no expertos lo es más aún.

Desgraciadamente, los sistemas SIG actuales no ofrecen aún las herramientas que permiten una utilización simple de los datos, sobre todo de tipo espacio-temporal. Por lo tanto, la explotación de una base de datos espacio-temporal por un usuario final resulta muy compleja, si no imposible.

---

<sup>1</sup> Open Source Geospatial Foundation <http://www.osgeo.org>

<sup>2</sup> Internet 2.0 <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>

<sup>3</sup> Google Earth Blog [http://www.gearthblog.com/blog/archives/2006/06/google\\_earth\\_v4\\_1.html](http://www.gearthblog.com/blog/archives/2006/06/google_earth_v4_1.html)

## 2. Complejidad del análisis espacio-temporal

La información geográfica se utiliza cada vez más como apoyo en diferentes tipos de aplicaciones y en distintos niveles organizativos (operativo, táctico y estratégico) [Longley et al., 2001], pero las necesidades de los usuarios en relación al uso de la información Geográfica son mucho más complejas. Estas necesidades están representadas en el tiempo y el espacio, es decir se trata de la explotación de bases de datos espacio-temporales.

Yuan [1996, 1999] propone un marco conceptual para la representación del análisis espacio-temporal. Esta estructura esta compuesta de tres dominios: el dominio Semántico (descriptivo), el dominio Temporal y el dominio Espacial. Las relaciones entre los tres dominios establecen todas las posibles asociaciones que permiten definir las consultas en información geográfica.

*Las consultas descriptivas (Dominio Semántico):* corresponden a las consultas que se realizan habitualmente con los sistemas de gestión de datos tradicionales. Por ejemplo, basta con efectuar las consultas sobre los atributos descriptivos (Para una Ciudad: el nombre, la población, el condado, la actividad económica, etc.) para obtener la información descriptiva requerida. *Las consultas espaciales (Dominio espacial)* se refieren a la medida de las dimensiones de una entidad geométrica (ej.: longitud, área, volumen) o entre las entidades geométricas (ej. distancia, dirección). También se trata de la determinación de la presencia o ausencia de relaciones espaciales que existe entre las entidades geométricas (ej. división, intersección). *Las consultas temporales (Dominio Temporal)* se refieren a la medida de todas las dimensiones temporales de un objeto (ej.: duración). Las consultas temporales definen también la ausencia o la presencia de relaciones temporales que existe entre los objetos (ex. *temporally disjoint, follows*).

### 2.1 Análisis espacio-temporal: ensamble de consultas complejas

Las consultas espacio-temporales utilizan las propiedades temporales y espaciales de un objeto así como relaciones temporales y espaciales a partir de las primitivas (temporales y geométricas) de los objetos. Podemos clasificar el análisis espacio-temporal según el nivel de detalle de los datos geográficos (detallados vs. agregados), el nivel de complejidad (uní-temático vs multi-temático) y el alcance temporal de los datos (uní-época vs. multi-época).

Algunos ejemplos de estos tipos de análisis son:

- Análisis de los distintos tipos de accidentes en función de su posición en la red de carreteras, el estado de la calzada, el tipo de pavimentación, etc.
- Análisis de las estadísticas de los estudiantes según su origen, último título, fecha de inscripción, etc.
- Análisis de investigación y rescate de naufragos según la posición, las características de las embarcaciones, las condiciones climáticas, etc.
- Análisis del resultado de los atletas de velocidad en función su posición, trayectoria, condición tiempo, técnica, velocidad, etc.

La figura 1, presenta los cuatro tipos de análisis que pueden ser identificados. Los análisis de tipo 3 y 4 son complejos a describir y requieren grandes esfuerzos suplementarios, Las consultas deben implementarse en lenguaje SQL sobre múltiples tablas definiendo o no sus relaciones (joins-relates). Este tipo de operación requiere un excelente conocimiento de la base de datos de la aplicación además del lenguaje propio al sistema utilizado. Normalmente, el resultado esperado es la combinación de las consultas que el usuario obtendrá por cálculos estadísticos sobre los datos detallados.

### El Análisis Espacio-Temporal

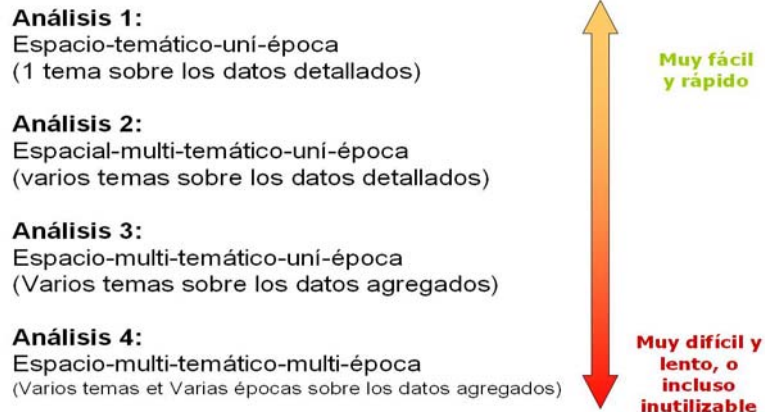


Figura 1: Tipos de análisis espacio-temporal  
Fuente: [Proulx, 2004]

El tiempo de tratamiento de las consultas y su complejidad de construcción aumentan según el tamaño y el número de temas analizados. En general, estas soluciones corresponden a aplicaciones denominadas “programación propietario” típicamente utilizadas para desarrollar una aplicación para una necesidad específica. Estas aplicaciones pueden responder perfectamente a las necesidades pero con inconvenientes muy costosos: largos plazos antes de la entrega, difíciles en mantener y son difícilmente modificables para otros usos.

## 2.2 Convergencia de nuevas tecnologías

Los SIG son usados principalmente como herramientas de ayuda a la decisión operacional (previsión, acción, localización, delimitación, etc.). [Cho, 1998]. El ejemplo típico es una aplicación Catastral, modelo SIG implementado sobre una base de datos relacional normalizada (Bases de datos transaccionales) orientado para soportar la adquisición, el almacenamiento, la actualización y la validación de la integridad de los datos.

Numerosas soluciones han sido desarrolladas para mejorar el soporte del proceso de toma de decisiones utilizando SIG: en análisis espaciales específicos, en la generación automática de ciertos tipos de reportes o como un componente de un sistema de análisis multi-criterio o de un sistema experto. Pero a pesar de sus capacidades de análisis espacial avanzadas, el SIG no se adapta bien, en su forma actual, para apoyar la ayuda a las decisiones ya que se trata de un sistema de tipo transaccional<sup>4</sup>. En una aplicación transaccional los cálculos de agregación de los datos se hacen al vuelo en la ejecución de cada petición, por ejemplo en el SIG es frecuente el uso de la operación *Summarize*.

La normalización de los modelos de datos es una técnica reconocida utilizada sobre todo en los modelos Entidad-Relación (a nivel conceptual) con el fin de eliminar la redundancia en los datos. Esta técnica es beneficiosa en los sistemas transaccionales donde el volumen de datos es importante y la integridad de los datos es primordial. Sin embargo, esta técnica vuelve las bases de datos difíciles a explotar debido al elevado número de tablas y relaciones entre las tablas en cada consulta, por lo que se requiere mayor tiempo de tratamiento.

<sup>4</sup> Los sistemas transaccionales son frecuentemente denominados por el termino OLTP para indicar que ellos tratan procesos transaccionales en línea. Estos sistemas son caracterizados por un número importante de usuarios, actualizaciones de datos frecuentes y volúmenes de datos por transacción relativamente escasos.

Esta comprobación condujo al desarrollo de una nueva técnica de estructuración a partir de la mitad de los años 80 y un nuevo sector de actividad nace “la inteligencia de Negocios (*Business Intelligence BI*)<sup>5</sup>. La informática decisional que soporta la inteligencia de negocios, desarrolla un nuevo enfoque denominado Multidimensional.

### 3. El Enfoque multidimensional

La convergencia en el universo espacial de alternativas prometedoras, como “el enfoque multidimensional” ofrece una nueva solución que mejora el proceso de toma de decisiones, pues es soportado en bases de datos llamadas “Bases de Datos decisionales”, orientadas a la agregación de datos, la síntesis de los datos según diferentes niveles de detalle relativos al tiempo, el espacio y a la relación de información de acuerdo a los temas de análisis.

El paradigma multidimensional se construye para facilitar la navegación dentro de la base de datos, especialmente dentro de sus diversos niveles de granularidad. Funciones simples son desarrolladas, por ejemplo drill-down (ir a un nivel de granularidad más fino), drill-up (ir a un nivel de granularidad más grueso) y drill-across (visualizar otra información en el mismo nivel del granularidad), entre otras.

El término '*multidimensional*' es el resultado de la extensión a N dimensiones de la representación de una matriz en donde la variable dependiente es una celda en un espacio definido en dos dimensiones (ejes 2-D), uno por cada variable independiente (ej. las ventas de inmuebles podrían ser las celdas mientras que los tipos de inmueble y los años los ejes), dando inmediatamente la matriz de todas las ventas por tipo por año para un sector particular (ej. La zona de la Perseverancia).

En un espacio 3-D un *cubo* es definido como una representación abstracta del análisis multidimensional (o *hipercubo* si hay más de tres dimensiones). El cubo de la Figura 2 contiene tres ejes (i, j, k) y presenta el número de inmuebles vendidos por región geográfica (eje i), por tipo de inmueble (eje j) y por año de venta (eje k).

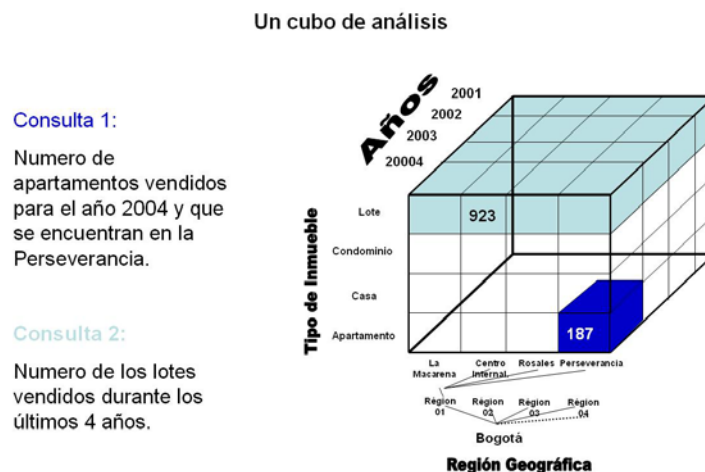


Figura 2: Una celda de un cubo de análisis Numero de apartamentos vendidos

<sup>5</sup> Business intelligence (BI) is the process of gathering information in the field of business. It can be described as the process of enhancing data into information and then into knowledge. Business intelligence is carried out to gain sustainable competitive advantage, and is a valuable core competence in some instances. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_intelligence](http://en.wikipedia.org/wiki/Business_intelligence)).

Cada celda del cubo está representada por un vector  $C(i, j, k)$ . El caso ilustrado en azul o en oscuro (una celda del cubo  $C$ ) sobre la Figura 2 representa el número de inmuebles = apartamentos vendidos en el año 2004 que se encuentran en la Perseverancia. Este hecho corresponde a una única celda del cubo de análisis y posee el resultado (medida) 187 apartamentos.

Para las consultas que requieren de información agregada (Nivel de granularidad superior y que no se refieren a datos detallados), necesitan datos resumidos (p.ej.: Ventas de lotes durante los últimos 4 años). Se llama la operación de agregación *summarizability* [Lenz y AL 1997] la obtención de estos nuevos datos. Los datos incorporados pueden ser la suma (la media, el máximo, el mínimo, la variación, etc) de varias celdas del cubo de análisis.

Algunos ejemplos de consultas agregadas:

“Cual es el numero de inmuebles vendidos de tipo condominio para la ciudad de Bogotá (Región Geográfica completa) ”

“Cual es la tendencia de la venta de casas en las regiones 2 y 3”

Si intentamos traducir la consulta agregada “Cual es el número de lotes vendidos durante el año 2003 para la región Centro”, debemos utilizar la función de agregación SUMA en lenguaje SQL:

```
SELECT SUM (f.nInmuebles)
FROM table_valor f, tiempo c, tipo a, zona d
WHERE c.year = 2003 AND c.id = f.tiempo
AND a.type = 'lotes' AND a.id = f.tipo
AND ( d.zona = 'La Macarena' OR d.zona = 'Centro Internacional' OR d.zona = 'rosales'
OR d.zona= 'Perseverancia' ) AND d.id = f.id
```

El tiempo de espera para obtener la respuesta a esta consulta SQL es largo puesto que varios registros deben ser consultados. Varios datos detallados deben buscarse, analizarse y resumirse (cálculo de la suma). La traducción de esta consulta en SQL muestra también la complejidad de una consulta agregada.

Las agregaciones presentadas se realizan a partir de campos de valores cuantitativos o cualitativos. Sin embargo, otros tipos de campos se pueden encontrar por ejemplo los campos temporales o consultas de tipo espacial.

La razón principal por la que los sistemas multidimensionales sean intuitivos es porque hacen las consultas similar a como lo hacemos nosotros [Thomsen 1997]. Tal acercamiento se reconoce por que va directamente con las informaciones y actividades del usuario (es decir fijación de las variables independientes primero, y después al hallazgo de las variables dependientes) facilitando la exploración de la base de datos.

#### 4. Herramientas y tecnologías

El enfoque multidimensional usado en la informática decisional es reconocida hace mas de 10 años. Los almacenes de los datos (Data Warehouse), el análisis en línea (OLAP) y la exploracion de datos (Data Mining) (que hacen parte de los servicios ofrecidos por los grandes proveedores de SGBD) han demostrado un potencial fuerte para el análisis y la exploración eficiente de datos. La fuerza analítica del álgebra de matrices dio a luz a estas herramientas analíticas multidimensionales.

El concepto de almacenes de datos, nació a raíz de la utilización masiva de las tecnologías de la información que produjeron volúmenes de datos almacenados en las bases de datos de sistemas dichos operacionales. Estos sistemas operacionales se concibieron para administrar la actividad diaria, pero resultan inadecuados para facilitar la toma de decisión. Para explotar con fines analíticos y de toma de decisiones estos importantes volúmenes de datos, de origen internos o

externos, los sistemas de toma de decisiones se desarrollaron. Estas herramientas analíticas multidimensionales tienen por objetivo soportar la toma de decisión a partir de una abundancia de las fuentes de datos heterogéneas.

Igualmente, los almacenes de datos se han referido generalmente a los datos clásicos (es decir descriptivos), mientras que los datos pueden ser de tipo geográfico (espacial y espacio-temporal), pueden representarse en formatos diferentes (textos, imágenes, video, audio, vistas relacionales, etc) y/o estar estructurados, semi-estructurados o no estructurados. Ellos pueden provenir de fuentes heterogéneas y ser representados en escalas o versiones diferentes. Estos datos son llamados *datos complejos*. Problemas específicos a las bodegas de datos se plantean sobre el plano de la investigación científica.

Aunque un almacén de datos ofrece las posibilidades significativas en el término del análisis, es a menudo necesario utilizar una herramienta para facilitar su explotación. Así, durante la década pasada, nuevas herramientas interactivas para el análisis tal como las herramientas *OLAP*<sup>6</sup> ("proceso analítico en línea" On-Line Analytical Processing) hizo su aparición en el mundo de las bases de datos [OLAP, 1995].

Las herramientas OLAP se distinguen por su interfaz intuitiva que permite una explotación fácil y rápida de los datos. Su arquitectura se estructura según un modelo multidimensional (véase sección 3). Este tipo de modelo contiene *los hechos* que se obtienen a raíz de la combinación de uno o más *dimensiones* así como una o más *medidas*. (Se invita al lector a referirse a [ Codd y AL 1993, OLAP Council 1995, de Thomsen 1997 ] para obtener detalles suplementarios).

#### 4.1 El enfoque multidimensional como alternativa para optimizar el análisis espacio-temporal: Tecnologías Emergentes

Durante estos últimos años, nuevos sistemas para la exploración y la visualización de los datos espacio-temporales hacen su aparición implementando el enfoque multidimensional. Bédard [Bédard, 1997] y Han [Han et al, 1998] fueron los primeros en proponer un enfoque multidimensional para el desarrollo de almacenes de datos espaciales. (Spatial Data Warehouse). En paralelo, la tecnología OLAP reveló el interés por los análisis espacio-temporales (Caron, 1998).

Una nueva categoría de herramientas integradas nace: los OLAP espaciales o SOLAP. Las herramientas SOLAP utilizan el potencial de las herramientas OLAP para la navegación y la exploración de las bases de datos y además, proponen nuevos métodos de explotación de la información geográfica a través de una interfaz de usuario intuitiva totalmente.

#### 4.2 SOLAP : Spatial On-Line Analytical Processing<sup>7</sup>

Dentro de un cubo de análisis, las dimensiones denominadas "espaciales" están a veces presentes. Estas dimensiones representan datos que pueden ser posicionados en el espacio (información geográfica). La dimensión Región administrativa del cubo de la figura 2 es una dimensión espacial. Al interior de un SOLAP, la dimensión espacial está representada sobre un mapa, El aspecto espacial indica de manera intuitiva la distribución espacial de las estadísticas obtenidas.

---

<sup>6</sup> **OLAP On-Line Analytical Processing** "Una categoría de programas informáticos orientados hacia la exploración y el análisis rápido de los datos según un enfoque multidimensional a varios niveles de agregación" [ Caron 1998 ].

<sup>7</sup> "Spatial On-Line Analytical Processing : software allowing rapid and easy navigation in spatial databases and offering many levels of information granularity, many themes, many epochs and many visualization modes, synchronized or not: maps, tables, diagrams" [ Bédard 2004].

Las herramientas SOLAP ofrecen también la posibilidad de preguntar los datos directamente a partir del aspecto espacial puesto que el usuario puede seleccionar directamente el lugar de interés para obtener las estadísticas. El usuario puede continuar en navegar sobre el mapa a través de los distintos niveles de detalle (detallado o general) de la dimensión espacial para obtener otras estadísticas.

Estas tecnologías emergentes permiten a los usuarios hacer hincapié en los resultados de la navegación más bien que sobre el proceso utilizado para el análisis sin tener que controlar un lenguaje de interrogación ni el conocimiento de la estructura de datos obteniendo tiempos de respuesta muy rápidos. Según las necesidades del usuario, los resultados de análisis se indican sobre un mapa, una gráfica estadística, una tabla o sobre los tres aspectos a la vez.

Las aplicaciones SOLAP son ahora utilizadas en diferentes dominios como la salud, el transporte [ Rivest et al. 2004 ] y la arqueología [ Rageul 2004 ].

En el ámbito de la investigación, se han establecido otras formas de OLAP espacial. El OLAP espacial MapCube [Lu et al. 2003 ] es un sistema de visualización de alto resultado para los datos sobre el tráfico de automóviles. El almacén de datos contiene las dimensiones *Tiempo* (niveles: hora, día, mes, año) y *Espacio* (estación, carretera, autopista, región) con las medidas Volumen y Empleo.

Otro sistema de tipo OLAP espacial, el GeoMiner [ Han y AL 1997 ], ofrece una interfaz de visualización interactiva, fácil de utilización para el descubrimiento de conocimientos espaciales.

Una de las soluciones más robustas y más extensibles en el mercado usando un ambiente 100% Java entre la información geográfica y diferentes componentes OLAP que facilita el análisis espacio-temporal es *JMAP Spatial Olap*<sup>8</sup>. Su interfaz permite navegar a través del componente espacial usando diferentes funciones y sincroniza los mapas en tiempo real con las tablas y las graficas, de tal forma que la información geográfica se convierte en una herramienta analítica e interactiva de la misma manera que los objetos tradicionales de OLAP.

## 5. Conclusiones

Esta presentación tenía como objetivo promover el interés entre los investigadores analizando el enfoque multidimensional en el tratamiento de la información Geográfica. Nosotros esperamos haber contribuido en este sentido. El enfoque multidimensional ofrece una nueva solución soportando el proceso de toma de decisiones como nunca antes fue posible hacerlo. Mientras que aumenta el interés por el uso del enfoque multidimensional en la comunidad del descubrimiento del conocimiento (Knowledge discovery community), es solamente muy recientemente en la comunidad SIG [Marchand, 2004]. El reto a superar es adaptar la informática decisional (base del enfoque multidimensional) a la creación de un ambiente de datos propio a la toma de decisiones sobre el territorio, lo que implica: mejor concebir las bases de datos para el soporte a la toma de decisiones; implica de crear mejores herramientas para explotar y analizar la información geográfica y de mejor comprender el valor de los resultados

Las grandes categorías de herramientas que existen: transaccionales y de toma de decisiones se les utiliza habitualmente para responder a necesidades bien distintas. El decisional no reemplaza el transaccional, ellos son complementarios. El reto es adaptar los diferentes conceptos y tecnologías que permitan madurar las Bases de Datos espaciales para ayuda a la toma de decisiones. En

---

<sup>8</sup> *JMap OLAP Spatial* es la primera herramienta con tecnología Web que integra totalmente la información geográfica dentro de un ambiente *business intelligence* para la toma de decisiones. Ofrece una interfase al usuario intuitiva permitiendo que los usuarios no técnicos tengan acceso, visualicen y analicen fácilmente a sus datos espaciales. <http://www.kheops-tech.com/en/comm/doc/JMapNews05.pdf>



consecuencia, es necesario plantear una integración de diferentes campos de conocimiento: la Informática Decisional BI., la cartografía Web, la adquisición de la información geográfica, la interoperabilidad, los metadatos y las ontologías para permitir el tratamiento de la información geográfica y muy pronto el tratamiento en tiempo real. Podemos afirmar que como sucedió en los sistemas tradicionales, “los SIG van a evolucionar del transaccional al decisional”.

En resumen, de acuerdo con la naturaleza de los datos, la figura 3 presenta la evolución del transaccional al decisional.

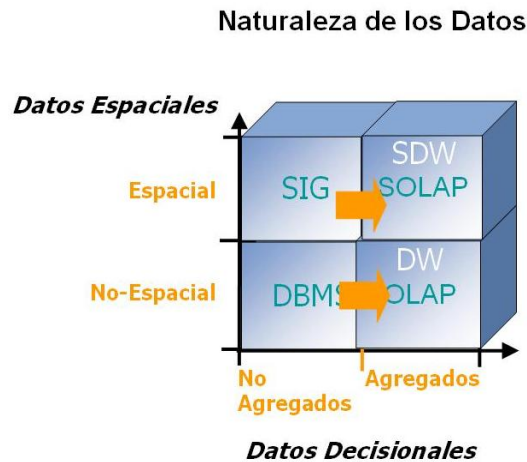


Figura 3: Evolución de los sistemas de acuerdo con la naturaleza de los datos

Fuente: [Bédard, 2005]

**DBMS:** Destinados a la gestión de la información NO GEOGRAFICA y no AGREGADA. Tienen la posibilidad de extender el alcance a la información agregada por medio de operaciones de agregación.

**OLAP:** Destinados a la gestión de la información no geográfica y AGREGADA. Utilizados también en la practica para el análisis de la información NO AGREGADA.

**SIG:** Destinados a la gestión de la información Geográfica y no AGREGADA. Tienen la posibilidad de extender el alcance a la información AGREGADA por medio de operaciones de agregación. Utilizados en la practica para el análisis de la información no GEOGRAFICA.

**SOLAP:** Destinados a la gestión de la información GEOGRAFICA AGREGADA. Útil también para el análisis de la información geográfica y no Agregada; no geográfica agregada y no geográfica y no agregada.

## 6. Agradecimientos

Los autores desean dar las gracias por su ayuda al grupo de investigación industrial en base de datos geoespacial “Industrial Research Chair in Geospatial Databases for Decision Support” financiada por el consejo de investigación de ingeniería y las Ciencias Naturales de Canadá (NSERC), la Universidad Laval, Hydro-Québec, Investigación-Defensa y Desarrollo Canadá, Recursos Naturales Canadá, Ministerio de Transportes de Québec, KHEOPS Technologies, Intélec Géomatique, Syntell, Holonics y Dvp-GS.

## 7. Bibliografía

- **BÉDARD, Y.**,1997, *Spatial OLAP*, Vidéoconférence, 2ème Forum annuel sur la R-D, Géomatique VI: Un monde accessible, Montréal, 13-14 novembre 1997.

- **BÉDARD, Y., T. Merrett, J. Han, 2001.** *Fundamentals of Spatial Data Warehousing for Geographic Knowledge Discovery*. Chapter of the book "Geographic Data Mining and Knowledge Discovery" edited by H. Miller and J.Han, Research Monographs in GIS series edited by Peter Fisher and Jonathan Raper, Taylor & Francis,p. 53-73.
- **BÉDARD, Y.,2002,** *Geospatial Data Warehousing, Datamart and SOLAP for Geographic Knowledge Discovery*, Université de Muenster, Allemagne, 18 juin.
- **BÉDARD, Y.,2005,** *Mariage de la géomatique et de l'informatique décisionnelle: le programme de recherche de la nouvelle Chaire industrielle CRSNG en bases de données géospatiales décisionnelles*, Université Laval, Présentation CRG, Québec, 10 février.
- **BERSON, A. and Smith, S.J., 1997.** *Data Warehousing, Data Mining, and OLAP.* , McGraw-Hill 612
- **CARON, P.-Y 1998.** *Étude du potentiel de OLAP pour supporter l'analyse spatio-temporelle*. Mémoire de M.Sc., Département des sciences géomatiques, Faculté de foresterie et géomatique.
- **CELY, J. W., Y. Bédard, 2005,** *El potencial del enfoque multidimensional: convergencia de nuevas tecnologías para el análisis espacio-temporal*. X Iberoamerican conference of geographic information systems, Sept. 6-9, University of Puerto Rico, San Juan
- **CHO, G., 1998,** *Geographic information systems and the law, mapping the legal frontiers*, John Wiley & Sons, England , p. 337.
- **CODD, E. F., S. B. Codd & C. T. Salley,1993,** *Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User-Analysts: An IT Mandate*. Hyperion white papers, 20p., <http://www.hyperion.com>
- **DATE, C.J., 2000.** *An Introduction to Database Systems.* , Addison Wesley, Reading, MA.
- **HAN K., Stefanovic N., Koperski K. 1998.** *Selective Materialization, An Efficient Method for Spatial Data Cube Construction*. PAKDD.
- **HAN, K., Koperski & N. Stefanovic,1997,** *GeoMiner: A System Prototype for Spatial Data Mining*, Proc. 1997 ACM-SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data(SIGMOD'97), Tucson, Arizona, May 1997
- **HUNG, E., D. W. Cheung & B.Kao, 2004,** *Optimization in Data Cube System Design*, Journal of Intelligent Information Systems, Vol.23, No.1, July 2004, p.17-45
- **HURTADO, C. A., A. O. Mendelzon & A. A. Vaisman,1999,** *Maintaining Data Cubes under Dimension Updates*, Proceedings of the 15th International Conference on Data Engineering, March 23-26, p.346
- **INMON, W. H., C. Imhoff & G. Battas,1996,** *Building the Operational Data Store*, John Wiley & Sons.
- **KIMBALL, R., 1997,** *A dimensional Modeling Manifesto*, DMBS Magazine, August, 1997, Vol 10, No 9, Page 59.
- **KIMBALL, R. and Strehlo, K., 1995.** *Why decision support fails and how to fix it*. SIGMOD Record 24 3, pp. 92–97
- **LAMBERT, M. , J. VEILLEUX, 2004.** *Utilisation du système de positionnement par satellites (GPS) et des outils d'exploration et d'analyse SOLAP pour l'évaluation et le suivi de sportifs*. Colloque Géomatique 2004 - Un choix stratégique! Montréal, 27-28 octobre.
- **LENZ, H. & A. Shoshani,1997,** *Summarizability in OLAP and Statistical Data Bases*, In Proceedings of SSDBDM, p.39-48.
- **LONGLEY, P. A., M. F. GOODCHILD, D. J. MAGUIRE et D. W. RHIND, 2001,** *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley & Sons, England, 454 P.
- **LU, C. T., Y. Kou, H. Wang, S. Shekhar, P. Zhang & R. Liu,2003,** *Two Web-based Spatial Data Visualization and Mining Systems: Mapcube & Mapview*, International Workshop on Next Generation Geospatial Information, Cambridge (Boston), Massachusetts, Oct. 19-21, 2003.
- **MARCHAND, P. 2004** Implementation and evaluation of a hypercube-based method for spatiotemporal exploration and analysis ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 59 (2004).
- **MATTOS, M. and Zeidenstein, K., 1999.** *Integrating spatial data with business data*. DB2 Magazine **OLAP COUNCIL, 1995,** *OLAP and OLAP Server Definitions*,OLAP Council, from <http://altaplana.com/olap/glossary.html>.

- **RAGEUL, N.**,2004, *Développement d'une application d'exploration de données géospatiales comme support à la fouille archéologique*, Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur, INSA Strasbourg, Strasbourg, 59p
- **RIVEST, S.**,2000, *Investigation des modes d'intégration physique entre un serveur de base de données multidimensionnelle et un SIG*, Essai de M.Sc., Université Laval, Ste-Foy, 84p.
- **RIVEST, S.**, P. Gignac, J. Charron & Y. Bédard,2004, *Développement d'un système d'exploration spatio-temporelle interactive des données de la Banque d'information corporative du ministère des Transports du Québec*, Colloque Géomatique 2004 - Un choix stratégique! Montréal, 27-28 octobre
- **THOMSEN, E.**,1997, *OLAP solutions: building multidimensional information systems*, John Wiley & Sons, 608p.
- **YUAN, N.** 1999. *Use of a Three-domain Representation to Enhance GIS support for Complex Spatiotemporal Queries*. Transactions in GIS, 1999, 3(2): 137-159
- **YUAN, M.** 1996. *Modeling semantic, temporal, and spatial information in geographic information systems*. In Craglia M and Couclelis H (eds) *Geographic Information Research: Bringing the Atlantic*. London, Taylor and Francis 334-47