

Conceptualizando el espacio multidimensional

Conceptualizing the Multidimensional Space

Fernando Hurtado

Ingeniero de sistemas de la Universidad de los Andes. Docente de la Universidad de la Sabana.

Resumen

Un proceso para toma de decisiones efectivo es vital para toda empresa. Su funcionamiento exitoso depende de muchos factores, pero en particular del acoplamiento apropiado entre el tipo de Modelo de Negocios de la Empresa, el Modelo para Soporte a la Toma de Decisiones y el Modelo Tecnológico para Soporte a la Toma de Decisiones.

Dado que existen muchas propuestas para "mejor modelo de negocios", que las empresas experimentan a lo largo del tiempo, esto implica que el Modelo para Soporte a la Toma de Decisiones debe estar cambiando en consonancia y que el Modelo Tecnológico para su soporte debe ser suficientemente flexible para adecuarse rápida y efectivamente a estos cambios, o de lo contrario los usuarios del modelo decisional tenderán a rechazar su implementación por inapropiada o inflexible.

Este artículo investiga los requerimientos funcionales de una abstracción, denominada el Espacio Multidimensional. Este espacio representa la problemática de toma de decisiones de la empresa en forma apropiada y por tanto es suficientemente flexible y robusto de forma que una implementación del Modelo Tecnológico para Soporte a la Toma de Decisiones con base en tal abstracción, es capaz de soportar cambios en el Modelo de Negocios de la Empresa y/o su Modelo de Soporte a la Toma de Decisiones.

Palabras Clave. Modelo de Negocio, OLAP, Indicador de Desempeño, Dimensión, Modelo Multidimensional.

Abstract

An effective decision-making process is vital to any company. Its successful performance depends on several factors. In particular, there should be an appropriate connection between the company's Business Model, the Supporting Model for Decision-Making and the Technological Model to Support the Decision-Making.

Since many proposals exist for the "best business model" which companies experience over the years, the Supporting Model for Decision-Making should change in accordance to this, and the supporting Technological Model should be flexible enough to adapt rapidly and effectively to these changes. Otherwise, users of the decisional model will tend to reject its implementation for being inappropriate or inflexible.

This paper researches the functional requirements of the abstraction known as "Multidimensional Space." This space represents appropriately the company's decision-making situation. Therefore, it is flexible and solid enough so that the implementation of the Technological Model to Support the Decision-Making based on this abstraction will be able to support the changes in the Company's Business Model and/or in its Supporting Model for Decision-Making.

Keywords. Business Model, OLAP, Performance Indicator, Dimension, Multidimensional Model.

Hipótesis de trabajo

Es viable encontrar una abstracción robusta y flexible para conceptualizar e implementar el soporte tecnológico a la toma de decisiones en la empresa, tal que cambios en el modelo del negocio de la empresa (por ejemplo, por la adopción de una nueva moda gerencial) o en su modelo para toma de decisiones (por ejemplo, moverse a un modelo matricial en lugar de un modelo divisional) no obliguen a cambiar los componentes tecnológicos (o su organización) de la implementación del soporte tecnológico a la toma de decisiones.

Introducción

Aunque existe un conjunto de conceptos y tecnologías (por ejemplo: el cuadro de mando balanceado, OLAP, la minería de datos, la investigación de operaciones, las bases de datos relacionales, las hojas de cálculo etc.) que se usan cotidianamente para apoyar la toma de decisiones de la empresa, no se encuentra en la literatura investigada una conexión entre estos conceptos y tecnologías y temas como el modelo del negocio o el modelo para toma de decisiones del negocio. Este vacío indica que en el montaje de la tecnología para soporte a la toma de decisiones se sigue un enfoque heurístico, seguramente muy útil en el corto plazo, pero que genera sobre costos e insatisfacción en el largo plazo, cada vez que la implementación de una nueva moda gerencial invalida la implementación tecnológica de los modelos para toma de decisiones.

El presente trabajo se realiza como parte de un proyecto para construir una metodología acelerada para implementar sistemas robustos para soporte a la toma de decisiones, concentrándose en los requerimientos funcionales que debe manejar la abstracción denominada Espacio Multidimensional.

Para su desarrollo se ha recolectado un conjunto de perspectivas sobre lo que se entiende en la

industria por el "Modelo de Negocio de la Empresa" (MNE), investigando reconocidos especialistas en estos temas. No habiendo una definición universalmente aceptada en el tema, los modelos investigados se buscaron todos de forma tal que ayuden a responder las siguientes preguntas formuladas por Peter Druker, resumidas en Magreta [26]:

¿Quién es el cliente?

¿Qué valora el cliente?

¿Cómo se hace dinero en la relación con el cliente?

¿Cómo se genera valor para el cliente a un costo apropiado?

La investigación exploró las propuestas de especialistas en los siguientes temas:

- Especialistas en Modelos de Negocio, como: Timmers [1], Zimmerman [2], Petrovic [3], Pateli [4] y Osterwalder [5].
- Especialistas en Procesos, como: Hammer [8], Davenport [9], Bright [10] y El Project Management Institute [7].
- Especialistas en Desempeño Empresarial, como: Kaplan y Norton [31], Khadem [32], Harbour [33], Frost [34], Brown [35], Waal y Fourman [36] y el "Handbook for productivity measurement and improvement" [12].
- Especialistas en "Workflow", como: Van Der Aalst [29], Tumay [27] y Mangan [28].
- Especialistas en Análisis Multidimensional (u OLAP), como: Vassiladis [25], Sapia [22], Abello [15], [16], Cabibbo [17], Tsois [24] Kimball [13], Grumbach [18], Hurtado [19], Lechtenburger [20], Trujillo [23] y Mora en [21].

Las .COM y el Modelo de Negocio de la Empresa (MNE)

El auge de las .COM, al final de la década pasada, produjo un renacimiento de la conveniencia de modelar apropiadamente el negocio. Como ejemplo, Timmers [1] describe 11 modelos y los clasifica en cuadrantes con base en los ejes: Grado de Innovación y Grado de Integración de Funciones. Presenta una definición del Modelo de un Negocio basada en 4 elementos principales (que son:

Producto, Servicio, Actores del negocio y Fuentes de ingreso). Estos elementos intercambian flujos de información. El modelo requiere de un sub-modelo de Beneficios potenciales de los diversos Actores de Negocios.

Zimmermann et al [2] define 4 elementos básicos que interactúan entre sí (que son: Misión, Estructura, Procesos e Ingresos). En cada uno de estos elementos distingue dos facetas: legal y tecnológica. Su representación constituye en un caso dado el modelo específico del negocio.

Petrovic et al [3] prefiere hablar de la lógica de un Sistema de Negocios ("Business System") que crea valor por la interacción entre tres macro elementos que conforman una jerarquía: El Modelo de Negocio, Los Procesos de Negocio, y el Sistema de Información y Comunicaciones (ICT). A su vez, el Modelo de Negocios se compone de 7 elementos [que Petrovic denomina modelos] que interactúan entre si: Modelo de Valor, Modelo de Recursos, Modelo de Producción, Modelo de Relacionamiento con el Cliente, Modelo de Ingresos, Modelo de Capital y Modelo del Mercado.

En la concepción de Osterwalder et. al., el Modelo de Negocios se expresa mediante los elementos: Relacionamiento con el Cliente, Innovación en el Producto, Gestión de la Infraestructura y Aspectos Financieros. Cada uno de estos elementos tiene a su vez elementos internos.



El Modelo de Osterwalder

Figura1. Adaptada de [5] con su autorización

El enfoque de procesos y MNE

No hay una definición universalmente aceptada de proceso. Las definiciones ofrecidas por reconocidos especialistas en reingeniería de procesos como Hammer [8] página 35, o Davenport [9] página 5, o por el Project Management Institute (PMI) [7] página 38, aunque similares, no usan el mismo vocabulario, pero en estas se encuentran los siguientes elementos comunes: Actividades, insumos, Productos resultantes, Clientes, ordenamiento de las Actividades (en tiempo y lugar).

Los procesos/actividades/tareas de bajo nivel tienen un modelo de entrada/salida de caja negra, una presentación de estos se encuentra en Melan en un artículo incluido en [12] página 5-2.1 y siguientes o en el modelo empleado por la USAF¹, conocido como IDEFO [41]. La siguiente figura resume la concepción típica al respecto.

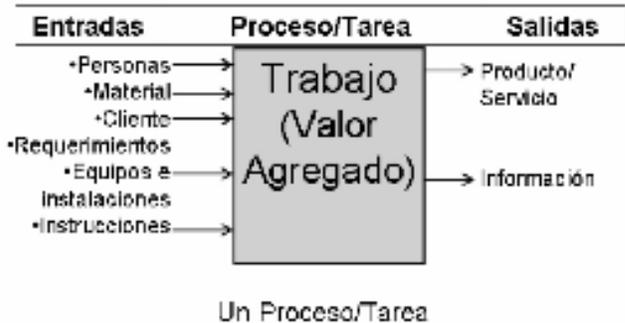


Figura 2. Adaptada de [12]

El Workflow y MNE

En los últimos años, el creciente enfoque en procesos y el deseo de dotar a los procesos de un motor computacional que los dispare, ejecute y coordine, ha producido un resurgimiento del tema de modelamiento de procesos, que se ha traducido en notaciones que van más allá de las representaciones estáticas ya mencionadas.

Tumay [27], luego de criticar la utilidad de los modelos estáticos como los diagramas de flujo,

¹United States Air Force

identifica los siguientes elementos básicos para representar procesos, siendo su valor agregado la capacidad para capturar los aspectos dinámicos del proceso, tan importantes por ejemplo en simulación de procesos: Objetos que fluyen (Flow objects), Recursos (Resources), Actividades (Activities) y Rutas (Routings). Estos se complementan con elementos especializados para modelar actividades: Creación (Creation), Encolamiento (Queuing), Bifurcación (Branching), Ensamblaje (Assembly), Des-ensamblaje (Disassembly), Empaquetamiento (Batching), Des-empaquetamiento (Unbatching), Clonado (Clonning). Finalmente, ciertos modelos requieren de funciones avanzadas de modelamiento como: Variables (Variables), Atributos (Attributes), Lógica (Decision logic), Programas de recursos (Resource Schedules), Interrupciones (Interruptions) y Funciones de usuario (User defined functions).

Otros especialistas han introducido simbologías similares, por ejemplo Mangan y Sadiq [28] o Aalst et al [29], o los modernos diagramas de procesos basados en el BPMN del OMG [43], quienes discuten varias implementaciones. El trabajo de Aalst es particularmente interesante pues su grupo ha formalizado patrones que aparecen al modelar procesos. Una introducción a estos patrones se encuentra en [30].

Como a los recursos se les puede asignar algún tipo de tarifa (por hora, por iteración, etc.), estos grafos permiten recursivamente (por implosión) calcular los costos asociados a los procesos, proyectando por medio de la jerarquía de procesos los costos individuales a partir de las tareas o actividades elementales.

El trabajo de Mangan y Sadiq [28] enfatiza que la concepción de procesos ya resumida tiene un supuesto implícito, que es la estabilidad del grafo. A estos procesos con un grafo estable los denomina Procesos Predecibles. Un ejemplo de esto es una línea de manufactura discreta, pues en general las estaciones no se mueven y los flu-

jos de datos y materias primas/semi-terminadas son estables.

En su trabajo, Mangan et al introducen una clase importante de procesos, cuya definición es difusa, y que ellos llaman Procesos Flexibles. Para estos procesos distinguen 4 elementos: Objetos (un préstamo), tareas (verificar el nivel crediticio asociado a un préstamo), ejecutores (la persona que ejecuta la tarea de verificar el nivel crediticio asociado a un préstamo o un programa que calcula un nivel de riesgo crediticio) y restricciones (reglas de negocio asociadas a la tarea realizada por el ejecutor sobre el objeto).

Obsérvese que en la lista mencionada no se incluye grafo o flujo del proceso. Esta concepción se puede ver en otras esferas del trabajo como por ejemplo en la metodología para desarrollo de software conocida como RUP (Rational Unified Process) [42], en la cual se definen Entregables, Tareas y Dueños, pero no se predefine el grafo que interconecta este grupo de elementos.

Medición del desempeño y MNE

Una de las contribuciones más importantes en este campo es el Cuadro de Mando Balanceado o Balanced Score Card (BSC) presentado por Kaplan y Norton [31]. Esta concepción introduce la idea de las Perspectivas, con el fin de crear un conjunto balanceado de mediciones.

Las perspectivas inicialmente identificadas por Kaplan et al son: la Perspectiva Financiera, relacionada con temas como rentabilidad, crecimiento, valor para el accionista, flujo de caja, etc.; la Perspectiva de Procesos, relacionada con el rendimiento de los procesos, las capacidades nucleares ("core competencies"); la Perspectiva del Cliente, relacionada con el cumplimiento de los compromisos, la propuesta de valor, la calidad, los niveles de servicio y la Perspectiva de la Innovación y el Aprendizaje, relacionada con la habilidad de la empresa para introducir nuevos productos, mejorar los existentes.

Aspectos Financiero			
Objetivos	Medidas	Metas	Iniciativas
Cómo están las finanzas de la empresa?			

Aspectos con el Cliente			
Objetivos	Medidas	Metas	Iniciativas
Cómo están las relaciones con los clientes?			

Aspectos relativos a los Procesos			
Objetivos	Medidas	Metas	Iniciativas
Cómo están los procesos de la empresa?			

Aspectos relativos al Aprendizaje			
Objetivos	Medidas	Metas	Iniciativas
Cómo está la habilidad para innovar?			

Cuadro de Mando Balanceado (BSC)

Figura 3. Representación típica del BSC

Aunque el marco conceptual implicado por el BSC es aceptado por la mayoría de los especialistas en temas de medición del desempeño, no hay coincidencia en ellos respecto a las variables que mas conviene medir para hacer de la empresa una empresa mejor. Como ejemplos del punto indicado, se investigaron las presentaciones de Khadem y Lorber [32], página 65, Harbour [33], páginas 23 a 25, Frost [34], página 22, y Brown [35], página 41, encontrándose algunas similitudes y diferencias.

La jerarquía de procesos ya presentada en el apartado correspondiente no basta como mecanismo generador de los elementos observables de un negocio, que requiere el BSC en sus Perspectivas, pues no hay una conexión directa entre las actividades ejecutadas cotidianamente como parte de los procesos y los indicadores que se suelen colocar en las Perspectivas BSC (particularmente a nivel de la estrategia). De hecho los eventos del negocio ocurren minuto a minuto y la estrategia se mide en periodos más largos (trimestres por ejemplo).

Para resolver este grave inconveniente, se miden con instrumentos diversos las variables que se consideran importantes en las diversas actividades; por ejemplo, se realizan encuestas de satisfacción a clientes para obtener información que no es recolectada en los procesos internos del negocio. Luego se combinan estas variables, usualmente con mecanismos lineales de agregación como los usados en contabilidad, para así poder generar los indicadores de gestión definidos a nivel de las perspectivas (por ejemplo en la perspectiva de la relación con el cliente).

Como un ejemplo, Frost [34], página 27 y Fourman y Waal [36] presentan esquemas en los cuales los indicadores de gestión asociados a la estrategia son calculados mediante expresiones construidas combinando otros indicadores de menor nivel. Dado que los factores con los cuales se calculan (en las combinaciones lineales de agregación) estos indicadores son definidos por los ejecutivos del negocio, estos se califican como subjetivos, mientras que los indicadores asociados a los eventos generados por los procesos o tareas se califican como objetivos.

Frost [34] propone el uso de tres niveles para conectar los indicadores asociadas a los eventos del negocio con los indicadores que representan la estrategia, así: Indicadores del Desempeño, que se deben medir en los eventos del negocio. Ejemplo: En el nivel inferior se mide el número de llamadas atendidas en los primeros dos campañas, y el tiempo en espera hasta ser atendido. En el nivel medio, Factores Críticos de Éxito, se mide con índices construidos sobre el nivel anterior. Por ejemplo: Tono Amigoso y Velocidad de Respuesta. Esta última se calcula a partir de los dos Indicadores ya presentados. Nivel Superior, Áreas de Desempeño, se mide con Indicadores del nivel medio. Por ejemplo Servicio al Cliente, que se mide combinando Indicadores del nivel inferior como Tono Amigoso y Velocidad de Respuesta.

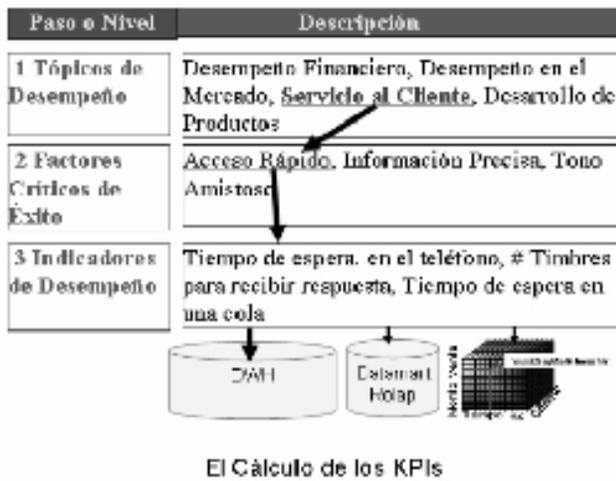


Figura 4. Forma típica de agregación de indicadores

Análisis OLAP y MNE

Una de las áreas más prolíficas de la Inteligencia de Negocios (Business Intelligence) es el denominado Análisis OLAP². Vassiladis [25], Sapia [22] y Abello [15] presentan algunos compendios de trabajos orientados a definir el análisis OLAP y a crear modelos que se puedan implementar mediante tecnología computacional.

Esta disciplina se ha concentrado en lo tocante a tecnologías y modelos apropiados para el rápido cálculo de los indicadores de un negocio, a partir de los contenidos provenientes de las transacciones que son registradas en las bases de datos generadas por las Aplicaciones de Negocio.

En estos modelos el universo de análisis de los indicadores del negocio corresponde a un espacio matemático donde las dimensiones (ejes) del espacio corresponden a los conceptos que se trabajan en el negocio, como Producto, Cliente, Proveedor, Tiempo, Canal de Ventas, y a las diversas métricas del negocio, como: Ventas, Compras, Devoluciones, Quejas, Reclamos, Débitos, Créditos, etc. Los eventos del negocio, como una venta específica o una compra específica, son instancias de relaciones definidas en este espacio

(o espacio OLAP). Como tal espacio es en general vacío, las implementaciones del mismo tienden a no tener una representación unificada sino a representar los sub-espacios individuales donde hay eventos del negocio.

Kimball [13] es considerado por algunos como uno de los introductores de la implementación sobre bases de datos relacionales de la idea OLAP. Denominándose esta forma de implementación ROLAP o "Relational OLAP". Existen otras implementaciones denominadas OLAP multidimensional (MOLAP) y OLAP híbrido (HOLAP). [14] hace una corta comparación entre ellas. Los siguientes autores: Abello [16], Cabibbo [17] y Tsois [24] presentan sus propias versiones de los que debe ser un modelo MOLAP.

Un asunto crítico en todo modelo OLAP es la naturaleza agregativa que deben tener todos estos modelos. Grumbach [18], Hurtado [19], Abello [16] y otros discuten a fondo este problema particular. Otros aspectos, como el diseño del modelo OLAP son cubiertos en algún detalle por Lechtenburger [20] o Trujillo [23]. Incluso hay propuestas basadas en el análisis y diseño orientado a objetos, como la presentada por Mora en [21].

Aunque cada uno de estos autores tiene una versión propia de modelo OLAP, estas visiones tienen ciertas similitudes. Posiblemente las diferencias más importantes se agrupan en dos tópicos:

- Las relaciones válidas entre un miembro padre y sus miembros hijos (en una jerarquía). Los modelos más simples exigen una jerarquía pura y los más avanzados reconocen que un hijo puede estar asociado a más de un padre.
- La forma de definir la naturaleza agregativa de los indicadores, que va desde la taxonomía sencilla de Kimball [13], hasta modelos muy generales de agregación, como los presentados por Cabibbo et al [17].

²OLAP: Online Analytical Processing

Análisis

Con base en los trabajos revisados se observa que un negocio es un sistema tan complejo que no parece posible su representación mediante un único instrumento. Los elementos encontrados se pueden agrupar en un metamodelo que los contiene y que estaría representado por los siguientes tipos de elementos:

Aproximación al modelo empleando Vistas parciales del mismo, las cuales posiblemente se traslapen. Las Vistas permitirían modelar cosas como las Perspectivas del BSC.

Uso de un conjunto mínimo de Conceptos de análisis. La observación de los ejemplos presentados en la literatura investigada sugiere que hay conceptos recurrentes de análisis, como: Tiempo, Producto, Participante (por ejemplo Cliente, Proveedor o Empleado), Localización de los Participantes, los Recursos requeridos por los Procesos, y las Reglas del negocio (representadas entre otras cosas por las Metas del Negocio y por las Condiciones asociadas a los Procesos). Parece que estos conceptos deben existir en todo modelo de una empresa. Esta reflexión es corroborada analizando modelos industriales, como por ejemplo el IBM Information Framework (IFW) [38]. Una característica de estos elementos es que tienen asociados Atributos y se relacionan entre ellos, típicamente organizándose en Jerarquías, o en modelos de asociación denominados Eventos.

Cálculo del Estado de los Conceptos que representan el negocio. La forma aceptada para ello es aplicar mecanismos de observabilidad para calcular las métricas e indicadores de gestión. El proceso de observación debe iniciar con los Eventos del negocio, como las ventas, compras, devoluciones, etc. y llegar hasta la observación del estado de la estrategia. Un complemento práctico e importante de este tema es que en muchos casos se debe comparar el acumulado de una métrica o indicador de gestión contra una meta previamente

definida. Dada la naturaleza jerárquica con la cual se practica la gestión empresarial, las métricas e indicadores de gestión deben poder conformar jerarquías que reflejen los niveles en la toma de decisiones en la empresa. En los casos de las empresas que operan en modelos matriciales, múltiples jerarquías deben acumular los diversos indicadores de forma que las diversas facetas de la operación matricial reciban sus indicadores, evitando por supuesto asientos duplicados en los costos, gastos o ingresos.

Cuando se observa un concepto, es posible emplear modelos de caja negra, en los cuales la observación se reduce al estudio de las variables de Estado observables en la periferia del concepto. Este es el caso de los Procesos Flexibles. En otros casos es posible emplear modelos de caja blanca, en los cuales el concepto se deja “ver internamente”. En estos casos las variables de Estado se pueden complementar con el modelo interno, típicamente una red de Petri, lo cual aumenta la potencia de análisis, simulación y predicción.

Cálculo de Pronósticos del Estado y/o Simulaciones del Estado del negocio. Este tema tiene dos sabores. Cuando en la observación del Estado de un Concepto se usa un enfoque de caja negra, los Pronósticos y Simulaciones están limitados al uso de modelos que se basen en las series de tiempo de los Eventos, como los modelos ARIMA o al uso de modelos de correlación sintética, como los modelos empleados en Minería de Datos. Cuando la observación del Estado se basa en enfoques de caja blanca, el modelo subyacente permite crear la base para un modelo de simulación más completo. Por ejemplo, si un proceso tiene asociado un grafo en el cual los nodos son las diversas actividades, entonces se puede aplicar un patrón de carga esperada de trabajo a este proceso para ver: ¿cómo se comporta en el tiempo?, ¿dónde aparecen cuellos de botella?, ¿cuál es el costo promedio del item producido por el proceso? y ¿cuál es el tiempo promedio de producción? Con estos datos y un modelo de recur-

Los costos se pueden además calcular el perfil de costos del proceso.

Cálculo de Correlaciones entre Conceptos y Estado, particularmente en lo tocante a los eventos del negocio. Un ejemplo típico aparece en los trabajos de segmentación de clientes que se hacen en las entidades financieras. Es muy factible que al lanzar un producto de crédito, se desee segmentar a los clientes con respecto a su propensión a ser buenos (o malos) cumplidores de sus obligaciones crediticias. En otro ejemplo similar, puede haber interés en segmentar a los clientes con base a la propensión a comprar un producto o servicio específico. Estas segmentaciones correlacionan los eventos de ventas o de pago (o no pago) de las obligaciones crediticias con las características psicodemográficas del cliente.

Características del espacio multidimensional

En referencia al objeto del artículo, que busca una posición integral, se propone usar como elemento nuclear al Espacio Multidimensional como mecanismo para representar el Modelo Tecnológico para el Soporte a la Toma de Decisiones. Este espacio ha de soportar:

Unos aspectos estáticos (en la terminología empleada por los especialistas de análisis y diseño orientado a objetos como G. Booch [44]) los cuales están centrados en los Conceptos, sus Atributos, su organización en Jerarquías y Eventos.

Unas características de cálculo, como los servicios de Agregación, los de Pronóstico, los de Simulación y los de Correlación.

Siguiendo a Hurtado [37], en referencia a las características estáticas se tiene:

En el Espacio Multidimensional, como en cualquier espacio matemático, hay unos ejes, o dimensiones, y unos puntos. Estos últimos son expresiones con-

cretas de relaciones que se pueden definir en el espacio sobre algunas de sus dimensiones.

Los conceptos de análisis del negocio, como Producto o Servicio, o Cliente, equivalen a dimensiones categóricas, pues los elementos de la dimensión no tienen una relación de orden. En el argot del análisis OLAP se reserva el término Dimensión para esta clase especial de dimensiones.

Los indicadores de resultado del negocio equivalen a dimensiones continuas, pues los elementos de este tipo de dimensión corresponden en general a números reales.

Además existe en los modelos para representar negocios reales la Dimensión Tiempo, que es especial pues es discreta pero sus elementos si obedecen a una relación de orden.

En este espacio se definen relaciones (en el sentido en que se usa en matemáticas o en modelos relacionales). Estas relaciones corresponden a los eventos del negocio, como una venta, una compra, un despacho, etc. El conjunto de miembros de la relación se denomina un Hiper cubo o más simplemente Cubo. En general un evento del negocio se matricula en uno de los Cubos que componen al Espacio Multidimensional. Se habla por tanto del Cubo de Ventas o el Cubo de Compras, y que son cubos que contienen los respectivos

Eventos de ventas o compras.

Toda Dimensión tiene asociada una o más jerarquías de uno o más niveles. El Nivel mas detallado al cual se usa la Dimensión en una relación (o sub-modelo o Hiper cubo o Cubo) es denominado su Granularidad (respecto a esa Dimensión). Por ejemplo en el caso de la Dimensión Tiempo frecuentemente hay dos Jerarquías: La primera es: Día, Mes, Trimestre, Año y la segunda es: Día, Semana, Año (también podría introducirse la diferencia entre tiempo astronómico y tiempo fiscal).

En referencia a la Agregación Multidimensional, también extendiendo a Hurtado [37], el modelo dinámico (que refleja el comportamiento) es así: Todo indicador de resultado tiene una naturaleza que define la forma como se debe agregar. Esta naturaleza frecuentemente corresponde a operaciones como Agregar, Promediar, Máximo, Mínimo, Media y Mediana. En este sentido se podría hablar de naturalezas: agregativa, promediativa, maximativa, etc. Un indicador de naturaleza agregativa se puede agregar en cualquier sentido, en cambio uno de naturaleza promediativa se debe promediar todo el tiempo.

Otras naturalezas que son comunes en aplicaciones de negocios son la naturaleza CONTAR, muy usada en aplicaciones de segmentación y la naturaleza ACUMULAR (a una fecha) muy usada en modelos contables y modelos de inventarios. En ciertos casos un indicador de resultado se define mediante una expresión no-lineal (por ejemplo el margen bruto). En estos casos la naturaleza es NO ADITIVA (siguiendo a [13]) y su correcta evaluación (si todos los componentes individuales son de naturaleza ADITIVA) requiere de la agregación previa de los componentes para posterior aplicación de la fórmula que define el indicador.

El Espacio Multidimensional soporta las mismas operaciones que soporta el espacio relacional de Codd [39] (Proyección, Selección, Unión y Cruce (JOIN)), pero su semántica en el caso de la Proyección es diferente.

Al menos a nivel conceptual, una Consulta en el Espacio Multidimensional es una relación definida aplicando los operadores de Codd [39] a las relaciones que existen en el Espacio, pero con las restricciones que a continuación se bosquejan.

La Proyección en el Espacio Multidimensional es diferente a la Relacional pues debe invocar automáticamente la naturaleza agregativa de las métricas.

Dado que las Dimensiones del Espacio Multidimensional contienen el concepto de Jerarquía, que no está presente en el Espacio Relacional, introducen un grado adicional de expresión. Cada vez que en una Consola, en el Espacio Multidimensional, se reemplaza el nivel base de la dimensión por uno superior (en la jerarquía), la naturaleza agregativa de las métricas debe ser invocada automáticamente.

La operación de Cruce (Join) entre dos Cubos sólo se puede hacer cuando hay Dimensiones comunes entre los Cubos. La Dimensión por la cual se hace el cruce debe tener el mismo nivel de granularidad en los dos Cubos.

El tema de la implosión de valores cuando se pasa de las métricas de bajo nivel a las de alto nivel no es discutido en suficiente detalle en las referencias revisadas, y debe ser investigado en más detalle, con el fin de encontrar/definir las mejores prácticas. Problemas específicos son:

¿Cómo agregar los indicadores a lo largo de la jerarquía de composición del proceso? Por ejemplo si cada proceso atómico (actividad) tiene asociado un modelo de costos y unas metas, ¿cómo se proyectan estos números al subir en la jerarquía, si el modelo de costos de los niveles superiores no es exactamente igual al de los niveles inferiores? ¿Cómo conectar las métricas de procesos cuyos grafos no son conexos? Por ejemplo, ¿cómo conectar las métricas de los procesos de apoyo con las métricas de los procesos core? Este problema es de particular importancia en los modelos de costos de absorción total, donde los resultados de ventas deben absorber los costos derivados de los diversos procesos de soporte, como por ejemplo los procesos administrativos.

¿Cómo asociar en forma sistemática calificadores a las métricas e indicadores, con el fin de aumentar la riqueza del análisis?

¿Como trabajar coherentemente indicadores de desempeño derivados de indicadores de resultado que se recogen con diferentes frecuencias? Por ejemplo, algunos indicadores se recogen cotidianamente, en la medida en que ocurren los eventos operacionales y otros se recogen aleatoriamente, como los derivados de los Focus Groups destinados a recoger medidas blandas.

Organización del espacio multidimensional

Buscando la independencia tecnológica del Espacio Multidimensional, de forma que no sea necesario cambiar su organización (arquitectura) o su implementación cuando cambian el MNE y/o el MSTD, se propone organizar el modelo en dos niveles diferentes:

El nivel básico, dado por una versión del Espacio Multidimensional centrada en representar las variables de estado que contienen el estado del negocio, así como las reglas de cálculo asociadas a estas de forma que las Vistas requeridas por el negocio se pueden desarrollar. En este modelo las variables de estado representan los denominados Indicadores de resultado y se pueden agregar con base en diversos modelos de agregación. De otro lado los Indicadores de desempeño se definen mediante expresiones matemáticas que combinan Indicadores de resultado y/o Indicadores de desempeño.

El nivel de simulación, en el cual el Espacio Multidimensional básico es extendido por funcionalidad de redes de Petri de forma que permite representar, analizar y simular los aspectos de proceso que son de importancia en el negocio.

El nivel de pronóstico y correlación, en el cual el Espacio Multidimensional básico es extendido por funcionalidad de tipo series de tiempo o de tipo minería de datos, lo cual proporciona las capacidades para todo lo relativo a Pronóstico y Segmentación.

Es de notar que la parte estática del modelo puede ser representada mediante manejadores relacionales de bases de datos, suplementados con metadata que capture los elementos como las Jerarquías y la naturaleza de los indicadores de resultado. Infortunadamente las técnicas de diseño convencionales basadas en el modelaje Entidad Relación, o aun en el Modelaje en Esquemas de Estrella como los sugeridos por Kimball son muy inflexibles cuando cambia el modelo del negocio o el modelo de toma de decisiones.

La parte dinámica del modelo en principio se puede implementar combinando procesadores ROLAP/MOLAP/HOLAP, procesadores para Minería de Datos y procesadores para Análisis de Series de Tiempo. Infortunadamente, raramente se consigue un conjunto de estas herramientas totalmente integrado y, lo que es mas peligroso, la implementación de la naturaleza agregativa de los modelos OLAP es frecuentemente inferior, pues se limita a jerarquías puras o a formas de trabajo en las cuales es muy difícil combinar indicadores de gestión de un nivel jerárquico con los de otro nivel jerárquico.

Esta situación indica que en una implementación física del Espacio Multidimensional se deben emplear los componentes existentes en el mercado, revisando con cuidado que tan lejos (o cerca) están de la concepción ideal aquí presentada (y de los requerimientos de la empresa específica). Cuando se presenta el cambio en el modelo del negocio y/o en el modelo para toma de decisiones, se requiere de un instrumento que automáticamente convierta los datos apropiadamente. De igual forma sería ideal el poder automatizar la conversión de la metadata de las diversas herramientas empleadas para implementar el Espacio Multidimensional. En este sentido, el Espacio Multidimensional actuaría como un metamodelo en el cual se expresa el modelo de negocios de la empresa y su modelo para toma de decisiones y que es cuajado por componentes concretos con metadatos concretas.

Conclusiones

La concepción propuesta de un metamodelo basado en el Espacio Multidimensional agrega valor a los modelos y herramientas en uso, pues proporciona un mecanismo integrador para un conjunto de tecnologías (OLAP, Minería, Simulación, Optimización, Estadística) que no siempre se ven como mecanismos que se deben integrar para apoyar apropiadamente la toma de decisiones, minimizando el impacto de un cambio en el modelo del negocio y/o en el modelo para toma de decisiones.

La separación entre un conjunto de datos persistentes y una serie de servicios específicos de cálculo (servicios analíticos) es interesante pues permite que cualquier manejador relacional de bases de datos se pueda usar como instrumento de persistencia (por supuesto esto depende de la capacidad de este manejador para manejar los volúmenes de datos y usuarios del caso). Contra este manejador (empleando protocolos neutros frente a los servicios del manejador, como JDBC o ODBC/ADO) se deben implementar los servicios analíticos mencionados.

El Espacio Multidimensional para ser útil en la realidad debe ir acompañado de servicios de transformación de datos, que conviertan automáticamente el modelo de datos estático en uso al modelo de datos que requiera el nuevo modelo de negocios de la empresa y/o el nuevo modelo de toma de decisiones de la empresa.

Referencias bibliográficas

- [1] P. Timmers (1998) Business Models for Electronic Markets, Commercenet Research Note No 98-21, Originally published in April 1998, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/timmers98business.html>
- [2] R. Alt, H. Zimmerman (2001) Introduction to Special Section - Business Models Electronic Markets 11, 1, pp. 3-9
- [3] O. Petrovic, C Kittl, R.D. Teksten (2001) Developing Business Models for eBusiness, Proceedings International Conference on Electronic Commerce 2001, Vienna Austria, October 31 - November 4, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/petrovic01developing.html>
- [4] A. Pateli (2002) A domain area report on business models, White paper, Athens University of Economics and Business, Greece, 2002 November 20, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/pateli02domain.html>
- [5] A. Osterwalder (2004) The business model ontology A proposition in a design science approach, Ecole de HEC, University of Lausanne, 1015 Lausanne. PHD Thesis
- [6] Paul Reed (2002) Reference Architecture: The best of best practices, IBM Rational Edge, 15 Sep 2002, URL: <http://www-128.ibm.com/developerworks/rational/library/2774.html>
- [7] PMI (2004) A guide to the project management body of knowledge third edition, Project Management Institute, ISBN: 1-930699-45-x
- [8] M. Hammer, J. Champy (1993) Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution, Harper Collins, New York USA, ISBN: 0-88730-640-3
- [9] T. H. Davenport (1993) Process innovation reengineering work through information technology, The Ernst Young Center for Information Technology and Strategy and Harvard Business School Press, Boston Massachusetts USA, ISBN: 0-87584-366-2

- [10] H. S. Bright (1959 October) Proposed standard flow chart symbols, *Communications of the ACM*, Volume 2 Issue 10
- [11] J. Rumbaugh, I. Jacobson. G. Booch (2000) *The unified modeling language reference manual*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA, ISBN: 0-13-087014-5
- [12] C. G. Thor editor, W. F. Christopher editor (1993) *Handbook for productivity measurement and improvement*, Productivity Press, Portland Oregon USA, ISBN: 1-56327-007-2
- [13] Ralph Kimball, Margy Ross (2002) *The Data Warehouse Toolkit 2ed The Complete Guide to Dimensional Modeling*, John Wiley and Sons, Inc. ISBN: 0-471-20024-7
- [14] Erik Thomsen (2002) *OLAP Solutions Building Multidimensional Information Systems 2ed*, John Wiley and Sons Inc. ISBN: 0-471-40030-0
- [15] A. Abello, J. Samos, F. Saltor (2000) A data warehouse multidimensional data models classification, U. Politècnica de Catalunya, U. de Granada, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/490251.html>
- [16] A. Abello, J. Samos, F. Saltor (2001) Understanding analysis dimensions in a multidimensional object-oriented model, *Proceedings of the International Workshop on Design and Management of Data Warehouses*, June 4 2001, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/abello01understanding.html>
- [17] L. Cabibbo, R. Torlone (2001) An architecture for data warehousing supporting data independence and interoperability, *International Journal of Cooperative Information Systems*, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/update/510789>
- [18] Grumbach S., Tininini L. (2000) *Automatic Aggregation using Explicit Metadata*, *Proceedings of the 12th International Conference on Scientific and Statistical Database Management - SSDBM 2000* IEEE Press, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/update/386413>
- [19] C. A. Hurtado, A. O. Mendelzon (2002) *OLAP Dimension Constrains*, *Symposium on Principles of Database Systems*, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/update/503233>
- [20] Lechtenbörger J (2003) *Data warehouse schema design*, University of Münster
- [21] S.L. Mora, J.Trujillo, I.Y. Song (2002) *Multidimensional modeling with UML package diagrams*, *Research TIC 2001-3530-C02-02*, Departamento de lenguajes y sistemas informàticos, Universidad de Alicante, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/536304.html>
- [22] C.Sapia, M.Blaschka, G.Höfling (1999, February) *An Overview of multidimensional data models for OLAP*, FORWISS Technical Report, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/sapia99overview.html>
- [23] Trujillo J., Palomar M. (2001) *Designing data warehouses with OO conceptual models*, *Computer*, volume 34, number 12, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/trujillo01designing.html>
- [24] A.Tsois,T.Sellis, N.Karayannidis (2001, June 4) *MAC: Conceptual data modeling for OLAP*, *Proceedings of the International Workshop on Design and management of data*, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/522320.html>
- [25] P.Vassiliadis, T.Sellis (1999) *A Survey on logical models for OLAP databases*, *SIGMOD record*, Vol 28 • 4, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/vassiliadis99survey.html>
- [26] Joan Magretta (2002) *Why Business Models Matter*, HBR May-2002
- [27] K. Tumay (1995) *Business process simulation*, *Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference*, ACM
- [28] P. Mangan, S. Sadiq (2002) *On building workflow models for flexible processes*, *Thirteen Australasian Database Conference*, Melbourne Australia
- [29] Aalst, Wil van der, Kees van Hee, (2002) *Workflow management*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, ISBN 0-262-01189-1

- [30] W.M.P. van der Aalst, A.P. Barros, A.H.M. ter Hofstede, B. Kiepuszewski (2000) Advanced Workflow Patterns, Revisado 1 Julio de 2007, URL: <http://citeseer.ist.psu.edu/vanderaalst00advanced.html>
- [31] R. S. Kaplan, D. P. Norton (1992, Jan-Feb) The balanced scorecard, Measures that drive performance, Harvard Business Review
- [32] Khadem R., Lorber R. (1988) Administración en una página, cómo utilizar la información para lograr sus metas, Editorial Norma S.A., Bogotá, ISBN: 958-04-0731-2
- [33] Harbour J. L. (1997) The basics of performance measurement, Productivity Press, Portland OR, ISBN: 0-527-76328-4
- [34] Frost B. (2000) Measuring performance using the new metrics to deploy strategy and improve performance, Measurement International, Dallas TX, ISBN: 0-9702471-1-7
- [35] Brown M. G. (1996) Keeping score using the right metrics to drive world-class performance, Productivity Press, AMACOM, New York NY, ISBN: 0-8144-0327-1
- [36] Waal A. de, Fourman M. (2000) Managing in the new economy, performance managing habits to renew organizations for the new millennium, Parkway Partnership Arthur Andersen and Show Busines Software, London, ISBN: 0-9537-820-0-x
- [37] F. Hurtado (2005) A model for SME Assets, University of Lierpool MS Thesys
- [38] IBM Banking Solution Centre (1994) Information FrameWork Reference Volumes Financial Services data Model Description, Edution 1.01, IBM
- [39] E. F. Codd (1970) A relational model of data for large shared data banks, Communications of the ACM, Vol 13 No 6, June 1970
- [40] E. F. CODD (1979) Extending the Database Relational Model to Capture More Meaning, ACM Transactions on Database Systems, Vol. 4, No. 4, December 1979
- [41] FIPS (1993) Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, Announcing the Standard for Integration Definition for Function Modeling (IDEF0), Dic 21 1993, Revisado 1 Julio de 2007, URL: <http://www.idef.com/pdf/idef0.pdf>
- [42] S.W. Ambler (2005) A Manager's Introduction to The Rational Unified Process (RUP), Dic 4 2005, Revisado 1 Julio de 2007, URL <http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/rupIntroduction.htm>
- [43] S. A. White (2006) Introduction to BPMN, IBM, Octubre 16 de 2006, Revisado 1 Julio de 2007, URL <http://www.bpmn.org/Documents/OMG%20BPMN%20Tutorial.pdf>
- [44] G. Booch, R. A. Maksimchuk, M. W. Engle, B. J. Young, J. Conallen, K. A. Houston (2007) Object-Oriented Analysis and Design with Applications Third Edition, Addison-Wesley

