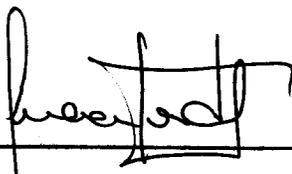
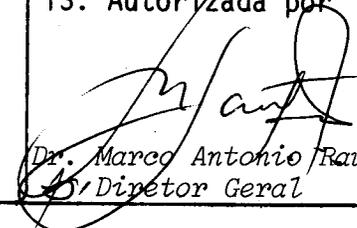


1. Publicação nº <i>INPE-4490-PRE/1254</i>	2. Versão	3. Data <i>Março 1988</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DPI</i>	Programa <i>SGI</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS BANCO DE DADOS</i>			
7. C.D.U.: <i>621.376.5</i>			
8. Título <i>INPE-4490-PRE/1254 "MODELO DE DADOS GEO-RELACIONAL"</i>		10. Páginas: <i>10</i>	
		11. Última página: <i>09</i>	
		12. Revisada por <i>Flávio Roberto D. Velasco</i>	
9. Autoria <i>Guaraci José Erthal Diógenes Salas Alves Gilberto Câmara Neto</i>		13. Autorizada por <i>Dr. Marco Antonio Raupp Diretor Geral</i>	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas <i>Apresenta-se um modelo de organização de dados para Sistemas de Informações Geográficas. O modelo representa uma extensão do modelo relacional de bando de dados, que incorpora informações espaciais, para aplicações em Recursos Naturais, Cartografia Automatizada e Cadastro Urbano e Regional. O tratamento de uma região geográfica é organizado dentro de um PROJETO. Cada projeto compõe-se de PLANOS DE INFORMAÇÃO (PI), que agrupam OBJETOS de um mesmo TIPO. Um tipo é composto por informações espaciais de uma mesma CATEGORIA, com ATRIBUTOS definidos numa relação particular. O modelo incorpora seis CATEGORIAS de dados: Mapas Temáticos (áreas poligonais), Modelos Numéricos de Terreno, Hidrografia, Redes, Pontos e Imagens. Um PI pode incorporar informações espaciais de diversos FORMATOS diferentes. O modelo proposto está sendo utilizado no desenvolvimento do Sistema de Informações Geográficas do INPE.</i>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado no II SELPER - Bogotá - Colombia, novembro/1987.</i>			

MODELO DE DADOS GEO-RELACIONAL

Guaraci J. Erthal, Diógenes S. Alves, Gilberto Câmara Neto

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
CP 515 - CEP 12201 - S. José dos Campos - SP - BRASIL

RESUMO

Apresenta-se um modelo de organização de dados para Sistemas de Informações Geográficas. O modelo representa uma extensão do modelo relacional de banco de dados, que incorpora informações espaciais, para aplicações em Recursos Naturais, Cartografia Automatizada e Cadastro Urbano e Regional.

O tratamento de uma região geográfica é organizado dentro de um PROJETO. Cada projeto compõe-se de PLANOS DE INFORMAÇÃO (PI), que agrupam OBJETOS de um mesmo TIPO. Um tipo é composto por informações espaciais de uma mesma CATEGORIA, com ATRIBUTOS definidos numa relação particular.

O modelo incorpora seis CATEGORIAS de dados: Mapas Temáticos (áreas poligonais), Modelos Numéricos de Terreno, Hidrografia, Redes, Pontos e Imagens. Um PI pode incorporar informações espaciais de diversos FORMATOS diferentes.

O modelo proposto está sendo utilizado no desenvolvimento do Sistema de Informações geográficas do INPE.

RESUMEN

Es presentado un modelo para organización de datos en Sistemas de Informaciones Geográficas. El modelo es una extensión del modelo relacional que incorpora informaciones espaciales.

El tratamiento de una región geográfica es organizada dentro de un PROYECTO. Un proyecto es compuesto por PLANES DE INFORMACION (PI), que reúne OBJETOS de un mismo TIPO. Un tipo es compuesto por informaciones espaciales de una CATEGORIA, con ATRIBUTOS definidos por una relación particular.

El modelo define seis categorías: mapas temáticos (áreas poligonais), modelos digitales de elevación, hidrografía, redes, puntos y imágenes. Un PI puede contener informaciones espaciales de formatos diferentes.

El modelo propuesto esta siendo usado en el proyecto del Sistema de Informaciones Geográficas del INPE.

SUMMARY

A model is presented for data organization in Geographic Information Systems. The model is an extension of the relational data model incorporating spatial information.

Treatment of a geographic area is organized within a PROJECT. A project is composed by INFORMATION PLANES (PI), that group OBJECTS of same TYPE. A type is composed by spatial data of the same CATEGORY, with ATRIBUTES defined by a particular relation.

The model incorporates six data categories: thematic maps (polygonal areas), Digital Elevation Models, Hidrography, Networks, Points and Images. Data within a PI can be stored in several diferent FORMATS.

The proposed model is being used in development of INPE's Geographic Information System. Types can be arbitrary defined by users.

1) INTRODUÇÃO

Devido às necessidades do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) na área de Sensoriamento Remoto, vem sendo desenvolvida nessa instituição uma família de sistemas de tratamento de imagens (SITIM), baseada em microcomputadores (Mendes et alii, 1986).

A partir de 1985, baseado no hardware oferecido pelo SITIM, desenvolveu-se um Sistema de Informações Geográficas - o SGI - compreendendo recursos para a entrada e manipulação de dados de diversos tipos, como mapas temáticos, modelos digitais de terreno, imagens de satélite, etc (Erthal et alii 1986, Câmara e Erthal 1987).

Sistemas de Informações Geográficas são bancos de dados geográficos, que permitem adquirir, armazenar, combinar, analisar, e recuperar informações codificadas espacialmente. Na realidade, são bancos de dados não convencionais na medida que utilizam, além de tabelas, dados espaciais gráficos e não gráficos, bi ou tri-dimensionais. Maiores detalhes sobre SGIs podem ser encontrados em Tomlinson and Boyle (1981) e Nagy and Wagle (1979).

Os principais objetivos do SGI são:

- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de mapas temáticos e topográficos, imagens de satélite, dados geofísicos e geoquímicos, e dados censitários.
- Combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados.
- Gerenciar uma base de dados geo-codificada.
- Reproduzir e visualizar o conteúdo da base de dados geocodificados.

É importante ressaltar que a informação espacial (por exemplo a área correspondente a um lote num plano urbano) precisa ser constantemente associada a dados não gráficos (por exemplo, o valor de IPTU correspondente a um lote). Essa associação deve ser feita de maneira integrada, permitindo, por exemplo, a identificação de objetos geográficos a partir de atributos não gráficos (por exemplo, identificar os lotes com valores de IPTU numa certa faixa) e vice-versa.

Dada a diversidade dos dados tratados no SGI, é importante elaborar um modelo conceitual genérico, que forneça uma visão unificada do universo de dados tratados.

O modelo de dados geo-relacional aqui descrito propõe uma abordagem única para os diferentes problemas tratados no SGI. Em sua derivação foram analisados diversos tipos de aplicação, como, a Cartografia Automatizada, Planejamento e Monitoração de Recursos Naturais, etc.

Deste modo, os objetivos do Modelo Geo-Relacional são basicamente dois:

- apresentar um modelo conceitual para a organização de dados no SGI; desse ponto de vista, o modelo proposto distingue diversas categorias de dados em função da diversidade de tratamento;
- integrar um ambiente de dados não gráficos ao sistema; dados não gráficos são incluídos no SGI utilizando-se o modelo

relacional.

2) CONCEITOS BÁSICOS DO MODELO GEO-RELACIONAL

O Modelo Geo-Relacional compreende uma série de noções que permitem conceituar o trabalho em diversos níveis de abstração. Esses conceitos são apresentados a seguir.

Após os conceitos básicos, serão apresentados a estrutura e os princípios de organização dos dados do modelo (ver ítem 3).

2.1) Projeto e Plano de Informação

O trabalho do usuário do SGI é organizado em PROJETOS. Cada PROJETO corresponde a uma determinada região geográfica e pode compreender dados com características diferentes como, por exemplo, descrição de uso do solo, modelos digitais de terreno, imagens, etc.

Um projeto é formado por PLANOS DE INFORMAÇÃO (PI). Um PI reúne todas as informações que se referem a um certo aspecto do modelo de uma região. O modelo geo-relacional prevê seis categorias de dados (ver ítem 2.3), que permitem tratar diferentes características dos dados dentro do SGI. A título de exemplo, podem ser citados PIs que reúnem informações de altimetria, uso do solo, hidrografia, etc.

É importante ressaltar que para cada categoria a informação pode ser representada em vários FORMATOS diferentes, cada um sendo o mais apropriado para um tratamento específico.

Dentro de um PI, o usuário pode definir OBJETOS de um determinado TIPO. Um tipo é composto por informações de uma categoria, com ATRIBUTOS definidos por uma relação particular. A cada objeto podem ser associados dados não gráficos de acordo com a relação definida pelo tipo.

2.2) Objeto

OBJETO é o modelo de um elemento geográfico do mundo real, que é manipulado pelo SGI. Exemplos de objetos podem ser fazendas, rios, etc. Um objeto é caracterizado pelos seguintes dados: identificador, classe, representação gráfica e atributos relacionais, a saber:

- **IDENTIFICADOR:** é o cardinal atribuído a cada objeto e que serve como identificação inequívoca.
- **ATRIBUTOS RELACIONAIS:** são informações não-gráficas que caracterizam as propriedades de um objeto. Essas propriedades podem ser expressadas por meio de uma relação, e podem ser definidas pelo usuário.

Os atributos relacionais são manipulados de acordo com o modelo relacional (Codd 1970). Cada TIPO de dados (ver abaixo) é definido por atributos relacionais próprios.

- **REPRESENTAÇÃO GRÁFICA:** é o conjunto de informações associadas à descrição gráfica de cada objeto.

A representação gráfica inclui a TOPOLOGIA, a GEOMETRIA e o ASPECTO do objeto. Por TOPOLOGIA de um objeto entende-se o relacionamento espacial entre este objeto e seus vizinhos. Por GEOMETRIA, a sua localização espacial na base de dados geocodificada (pode estar em coordenadas vetoriais, ou pontos de grade). Por ASPECTO, entendem-se as características utilizadas para apresentação gráfica do objeto, tais como transformação de coordenadas, cor, estilo de preenchimento, tabela de cores, etc.

- **CLASSE:** atributo comum a todos os objetos que apresentam características semelhantes, conforme critério estabelecido pelo usuário. O valor desse atributo pode ser resultante de aplicação de algoritmos de classificação sobre uma imagem de satélite, da seleção de atributos relacionais, ou de uma atribuição no momento da definição de cada objeto pelo usuário.

2.3) Categoria e Tipo

Para que o SGI possa tratar de informações geográficas de distintos formatos e diferentes topologias, grandezas geográficas de natureza semelhantes são reunidas dentro de uma mesma categoria de dados.

Uma CATEGORIA engloba todos os tipos de dados espaciais que são representados e tratados pelo sistema de mesma maneira.

O Modelo Geo-Relacional compreende 6 categorias de dados:

- . Mapas Temáticos (Áreas poligonais): compostos de polígonos que delimitam regiões, onde cada região corresponde a uma classe (tema) determinado.
- . Modelos Numéricos de Terreno (MNT): distribuição espacial de uma grandeza física (altimetria, teor de minerais, etc.).
- . Redes: entidades lineares, conectadas na forma de rede. Exemplos são rodovias, rede elétrica e de água.
- . Hidrografia: informações sobre a drenagem e acumulação de águas superficiais, bem como suas interações com o terreno.
- . Pontos: entidades independentes, localizadas no espaço 3D.
- . Imagens: dados de varredura, obtidos por sensores espaciais ou aerotransportados.

O modelo preve que as informações espaciais sejam sempre incluídas em uma das categorias acima. É possível, no entanto, agrupar os dados de um projeto em TIPOS, de acordo com as propriedades desses dados. TIPO é o conjunto de objetos de uma categoria que tem as mesmas propriedades ou características, ou seja, o mesmo conjunto de ATRIBUTOS RELACIONAIS.

O conceito de tipo pode ser visto como uma extensão do de categoria: cada tipo pertence a uma das categorias acima. Naturalmente, a representação gráfica de tipos de mesma categoria é idêntica.

Finalmente, cabe acrescentar que, por definição, um PI contém objetos de um único tipo (consequentemente, de uma única categoria).

2.4) Formatos da Informação espacial.

O Modelo compreende dados na forma vetorial e "raster". Dados vetoriais ou raster podem ser representados em vários formatos, descritos a seguir:

- Formatos Vetoriais : coordenadas que delimitam regiões temáticas, representam redes, hidrografia ou isolinhas.
- Amostras3D : valores esparsos de uma grandeza, correspondentes a coordenadas 3D, que são o passo inicial na criação de um MNT;
- Imagem : imagens de satélite (classificadas ou não) ou dados cartográficos transformados para formato de varredura;
- Grade regular: matriz de valores reais, correspondente ao resultado da criação de um MNT;
- Pontos : elementos geográficos individuais no espaço 2D.

Cada categoria permite a representação dos dados em um ou mais formatos, sendo possível a conversão entre formatos por diferentes operações.

3) ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DE DADOS DO MODELO

A organização dos dados do modelo geo-relacional pode ser vista através da seguinte hierarquia:

.Projeto

 .Plano de Informação (de uma categoria)

 .Objetos (de um tipo)

A hierarquia acima é interpretada da seguinte maneira:

- um projeto é composto por vários Planos de Informação;
- cada PI contém informações de uma categoria, em função da natureza dessas informações. Além disso, essas informações podem

ser armazenadas em diferentes formatos (ver ítem 2.4).

- os objetos de um PI são todos de um mesmo tipo.

4) CONCLUSÕES

O modelo aqui apresentado está sendo utilizado no desenvolvimento do SGI do INPE e pode servir como arcabouço conceitual no tratamento de uma ampla gama de problemas relacionados com a informação geográfica.

Além das abstrações de dados aqui descritas, o modelo compreende ainda um conjunto de operadores - basicamente para definição de dados, entrada, conversão de formatos, manipulação, consulta e visualização - conforme descrito na referencia 1.

Possíveis extensões do modelo poderiam prever a possibilidade de criar hierarquias de dados, uso de conceitos como agregação e generalização (Smith and Smith 1977), etc, e representam objeto de pesquisa atualmente.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Flávio Velasco, Gerald Banon, Ricardo Cartaxo, Celso Mendes, Moacir Godoy Jr., Luiz Alberto Vieira Dias e ao TCel Amauri Destri pelos comentários e sugestões.

BIBLIOGRAFIA

1) Especificação do SGI versão 2.0. Instituto de Pesquisas Espaciais - Departamento de Processamento de Imagens, S. José dos Campos, Setembro de 1987.

2) Câmara Neto, G e Erthal, GJ "Integração de modelos relacionais em sistemas geograficos de informação" II Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Porto Alegre, maio 1987, pg 39-48.

3) Codd E F "A relational model for large shared data banks", Comm ACM, 13, 6, June 1970, 377-387.

- 4) Mendes, CL; Garrido, JCP; Câmara Neto, G; Souza, RCM "Evolução da família de sistemas de tratamento de Imagens do INPE" IV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Gramado, 1986.
- 5) Nagy, G and Wagle, S "Geographic data processing" ACM Computing Surveys, 11 (2), June 1979, 139-181.
- 6) Smith, JM and Smith, DCP "Database Abstractions: Aggregation and generalization" ACM Trans on Database Systems 2, 2, June 1977, 105-133.
- 7) Tomlinson, R and Boyle, R "The state of development of systems for handling natural resources inventory data" Cartografica, 18 (4), 1981, 65-95.