

METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE REDES DENTRO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

João Argemiro de Carvalho Paiva
Guaraci José Erthal

Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE
Departamento de Processamento de Imagens-DPI
Caixa Postal 515
12201 - São José dos Campos - SP

RESUMO

Um Sistema de Informações Geográficas (SIG), tem a capacidade de armazenar e manipular diferentes tipos de dados, tais como mapas poligonais, imagens de satélites, dados de relevo, etc. Um outro tipo de dado que pode ser tratado são as informações representáveis na forma de redes, tais como estradas, rios e linhas telefônicas. O presente trabalho se destina a fazer um estudo de possíveis implementações de uma estrutura de redes dentro do ambiente de trabalho de um SIG, de tal forma a permitir a realização de operações tais como: dado dois pontos, determinar o menor caminho entre estes pontos, ou determinar a área de influência de uma escola uma vez escolhido um ponto para sua instalação. Para a realização das operações citadas anteriormente, deverá existir uma relação entre um banco de dados geográficos, onde estarão armazenadas as informações espaciais da região, e um gerenciador de banco de dados relacional que conterá os atributos de cada elemento de rede da região geográfica.

ABSTRACT

A Geographical Information System (SIG) works with data like thematic maps, satellite image, digital terrain model. Another kind of data are network maps which represent roads, river and other similar things. The purpose of this work is describe one possible analysis for network structures inside the SIG. The informations about the maps could be store in a geographic data base and in a relational data base.

1 - INTRODUÇÃO

Muitas relações espaciais podem ser descritas por redes lineares, utilizando uma estrutura de banco de dados comum armazenado em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Algoritmos podem ser desenvolvidos dentro do ambiente de um SIG, de modo a permitir a criação de modelos realísticos de fluxos através de uma rede que pode representar estradas, cursos d'água, linhas telefônicas e outros dados parecidos. Procedimentos para entrada de dados dentro de um SIG, possibilita a criação de uma base cartográfica para um mapa de redes, assim como os atributos não espaciais associados aos elementos desta rede podem estar armazenados em um banco de dados relacional. O ambiente do SIG, permite também a implementação de procedimento interativos gráficos de fácil utilização e que produzem modelos de fácil interpretação.

2 - CRIAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Um SIG é caracterizado basicamente por ser um sistema composto por 4 módulos principais: entrada, armazenamento, manipulação e saída. O módulo de entrada é o responsável pela inserção dos dados de um mapa no sistema, onde não só a localização geográfica das entidades que compõe o mapa são armazenadas, mas também uma topologia entre as entidades é criada, de tal forma a permitir manipulações futuras com estes dados.

2.1 - ENTIDADES DE UM MAPA DE REDES

Como já foi dito anteriormente, um mapa de redes pode representar estradas, hidrografias, linhas telefônicas e outras. Para a representação digital destes dados dentro de um computador, duas entidades geométricas devem fazer parte deste mapa:

a) LINHAS - são elementos de ligação entre dois pontos dentro de uma região geográfica, e é formado por um conjunto de pares de pontos x,y que determinam a localização geográfica desta linha;

b) NÓS - correspondem aos pontos extremos das linhas.

Dentro de um modelo de redes, as linhas representam os canais de fluxos de dados enquanto os nós representam suas conexões.

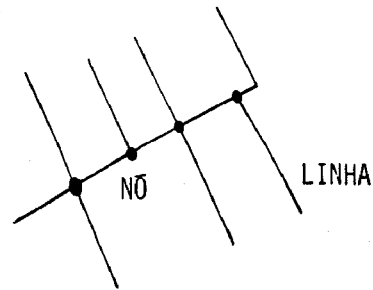


Figura 1. Representação gráfica das linhas e nós

2.2 - AQUISIÇÃO DOS DADOS EM UM SIG

O processo de entrada de um mapa de redes dentro de um SIG, para a criação das entidades de linhas e nós, pode ser caracterizado pelos seguintes passos:

a) Digitalização:

A partir da utilização de dispositivos de entrada (mesas digitalizadoras), faz-se a aquisição das linhas do mapa, procurando sempre começar e terminar cada linha em nós que representem conexões do mapa. A direção do fluxo de dados na linha, pode ser determinada graficamente apesar de ser um trabalho manual cansativo para um mapa com muitas linhas.

b) Geração dos Nós:

A partir das linhas gera-se uma lista dos nós do mapa que correspondem aos pontos extremos de cada linha.

c) Topologia entre Entidades:

Esta etapa permite a determinação do grau de relação entre as entidades, ou seja, passa a se saber quais nós estão ligados a outros nós, e quais linhas fazem estas ligações. Esta topologia pode ficar armazenada na estrutura de nós do sistema, que pode ser composta dos seguintes elementos para cada nó:

- * localização x,y;
- * número de ligações;
- * lista dos nós ligados;
- * lista das linhas que fazem as ligações.

OBS - Todas as operações descritas anteriormente, podem ser executadas à medida que as linhas são digitalizadas, desde que se tenha um computador que permita trabalhar com grande quantidade de dados em memória. Operações de edição também podem estar disponíveis nesta parte de entrada de dados. No caso de um microcomputador, as

operações acima devem ser realizadas separadamente, sendo que a topologia só deve ser gerada depois que os dados estiverem devidamente editados.

3 - MODELO MATEMÁTICO PARA MANIPULAÇÃO DOS DADOS

Estando as informações devidamente armazenadas dentro da base de dados de um SIG, pode-se pensar em realizar manipulações com estes dados.

A teoria matemática dos grafos, é a mais natural para representar elementos de redes. Um grafo corresponde à uma figura matemática bidimensional composta por linhas que representam os canais lineares de fluxo de dados, e os nós que representam suas conexões.

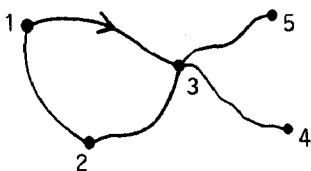


Figura 2 - Representação de um grafo

Definição do grafo: $G(N,A)$ onde,
 N - lista de nós (vértices) pertencente ao grafo
 A - linhas que fazem ligação entre dois nós.

Os elementos N e A são associados às entidades nós e linhas respectivamente dentro de um SIG. Matematicamente um grafo pode ser representado através de uma matriz de pontos.

$$G(N,A) = \begin{matrix} & 0 & 1 & 1 & \& \& \\ & 1 & 0 & 1 & \& \& \\ & \& 1 & 0 & 1 & 1 & \\ & \& \& 1 & 0 & \& \\ & \& \& 1 & \& & 0 \end{matrix}$$

1 - ligação existente
 & - ligação não existente

Um grafo de linhas sozinho, não é suficiente para simular fluxos reais dentro de uma rede, porque isto implica que para um movimento possível entre qualquer caminho conectado, os custos do movimento são determinados somente pelo comprimento da linha. Embora este comprimento seja sempre componente do custo de caminhar por uma linha, os fluxos em redes atuais são caracterizados por regras relacionadas à natureza do fluxo que as linhas conduzem. Por exemplo, o custo de caminhar

por uma linha pode ser dado em função do comprimento e da velocidade limite permitida nesta linha. Isto mostra que podemos trabalhar com duas base de dados, onde uma base de dados de um SIG nos permite obter informações geográficas das entidades, enquanto a base de dados relacional permite a associação de atributos não espaciais às entidades geográficas. Estes dados espaciais e não espaciais combinados, permite a criação de um modelo baseado em grafos para uma determinada aplicação em um mapa de redes.

4 - ANÁLISE DE REDES COM UM SIG

A combinação de um SIG com um gerenciador de banco de dados permite a modelagem de fluxos de dados em um mapa de redes. O SIG deve armazenar o mapa como um conjunto de linhas com seus respectivos atributos espaciais, assim como os nós que representam as conexões. Atributos indispensáveis à cada linha são os pares de coordenadas x,y e um número de identificação da linha. Além dos atributos espaciais, um conjunto de atributos não espaciais podem ser associados à cada linha e nó. O ponteiro de ligação entre o banco de dados relacional e o banco de dados geográfico pode ser o número de identificação das linhas e nós.

Banco de Dados Geográfico	
£ linha	Pontos
1	x,y....
2	x,y....

Banco de Dados Relacional	
£ linha	1
Tempo Médio	10
Custo transporte	100

Um exemplo prático de combinação entre os banco de dados citados anteriormente, pode ser o custo de transporte associado à cada linha de ligação de uma rede. Este custo pode ser dado em função do comprimento da linha, do custo de operação e do custo da mão-de-obra necessária para o trabalho.

Utilizando a estrutura de dados descrita anteriormente, é possível o desenvolvimento de algoritmos que permitam por exemplo a manipulação de dados de uma rede urbana. Algumas manipulações possíveis são:

- Determinar distâncias mínimas entre dois pontos de conexão;
- Determinar rotas ótimas de veículos para a execução de serviços públicos;

c) Determinar pontos de localização para a instalação de serviços emergenciais ou não, e outras.

5 - CONCLUSÕES

O sucesso na integração das ferramentas de análise de redes dependem da definição de um modelo adequado para cada aplicação. Definido este modelo, as funções gráficas e de gerenciamento de dados de um SIG, podem ser utilizadas para criar, gerenciar e analisar qualquer rede.

Uma das limitações de uma análise em um SIG, pode ser o fato das características originais de fluxo de dados não se modificarem durante sessões de trabalho. Desta forma, por exemplo, a hora do rush em uma cidade grande que tem características opostas ao movimento da maior parte do dia, acaba não sendo bem modelada. Por outro lado a combinação de função gráficas de edição com a análise de redes pode permitir a modificação da geometria da rede a fim de se obter outros resultados, tornando uma sessão de trabalho bastante interativa.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Larson, R.C.; ODoni, A.R. Urban Operations Research
- Lupien, A.E.; Moreland, W.H.; Dangermond, J. Network Analysis in Geographical Information System
- Dijkstra, E.W. 1959. A Note on Two Problems in Connection with Graphs, Numerische Mathematik, 1, pp. 269-271
- Harary, F. Graph Theory, Addison-Wesley, Boston 1969
- Ford, L.R., Fulkerson, D.R. Flows in Network, Princeton University Press, N.J. 1972
- ORE, O. Theory of Graphs, 38 American Mathematical Society, Providence, R.I. 1962
- Even, S. Graph Algorithms, Computer Science Press, Potomac, Md. 1978
- Christofides, N. Graph Theory - An Algorithmic Approach, Academic Press, London, 1975.