

## SIMTRI : SISTEMA INTERATIVO PARA MAPEAMENTO DE ISOLINHAS

José Maria R. Neves \*

Ronaldo C. Marinho Persiano \*\*

Este projeto é parte de uma tese de mestrado (NEVES (1)) que tem como proposta a implementação de um núcleo básico de operações de apoio à cartografia, particularmente voltado para a representação e análise de fenômenos caracterizados por uma variável problema (p. ex. altura da superfície de um terreno) cujo valor é conhecido em pontos de um plano de abscissas. Uma característica essencial pretendida é a facilidade de interação do usuário com o sistema, numa concepção adaptada à realidade dos recursos gráficos disponíveis em microcomputadores.

O núcleo básico de funções que se propõe inclui as seguintes tarefas:

- determinação e traçado de isolinhas (curvas de isovalores), oferecendo recursos de edição interativa de mapas de isolinhas;
- determinação e traçado de projeções tridimensionais de um bloco delimitado na região em estudo;
- determinação e traçado de perfil, resultante do corte por planos verticais da superfície da variável em estudo;
- cubagem de um bloco delimitado na região em estudo.

### MODELO DE MAPEAMENTO ADOTADO

A solução adotada para a realização do sistema proposto foi a utilização de um conjunto de técnicas baseadas na triangulação das projeções dos pontos amostrais no plano de abscissas. Essa escolha baseou-se nos seguintes fatores:

- existência de algoritmos com bom desempenho para construção da estrutura de triangulação, apresentando comportamento médio linear em tempo;
- existência de técnicas suficientemente estudadas e experimentadas, que permitem a escolha entre diversos níveis de combinação dos aspectos de desempenho e qualidade de resultados;
- facilidade de determinação da região de influência de alterações nos dados, bem como da efetivação dessas alterações com as consequentes (eventuais) atualizações da estrutura de triangulação e dos mapas. Esse fator assume importância decisiva na viabilização da edição interativa de mapas;
- facilidade de localização de um ponto do plano em relação aos elementos da estrutura (pontos, triângulos e arestas), que é outro fator importante para a interação.

Para definirmos melhor esse modelo de mapeamento, precisamos abordá-lo sob dois aspectos principais: o estabelecimento de um critério que defina a triangulação ideal,

\* Prof. Assistente do ICEB, Universidade Federal de Ouro Preto.

\*\* Prof. Adj. do Progr. de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ. Este trabalho foi realizado com suporte da CAPES, CNPq e FINEP.

de forma a que se possa observar suas propriedades e elaborar algoritmos para sua construção; e a escolha de um interpolador (função de interpolação) que satisfaça os requisitos da aplicação.

### Triangulação de Delaunay

Das várias propostas de critérios de triangulação encontradas na literatura a mais adotada, pela sua otimalidade, como base para interpolação na modelagem de superfícies é a triangulação de Delaunay. Para sua construção adotamos o método incremental, devido a GREEN e SIBSON (2), que consiste na inserção um a um dos pontos da amostra. Esse processo compreende três etapas para cada ponto: determinação do triângulo que contém o ponto (busca); sua inserção na triangulação; e atualização da estrutura. A complexidade de pior caso para esse algoritmo é quadrática, mas na prática obtém-se desempenho linear na média, adotando-se um pré-processamento proposto por CHYA, IRI e MURATA (3), que determina uma ordem de inserção dos pontos.

Os procedimentos de busca e inserção/atualização da triangulação constituem um conjunto de ferramentas que, além de propiciarem um mecanismo eficiente de construção da triangulação, mostram-se de extrema utilidade na implementação da edição interativa da estrutura de triangulação e dos mapas a ela associados. O algoritmo de busca é o suporte para a implementação de dispositivos de localização de elementos gráficos. Uma vez determinado o triângulo que contém uma posição indicada, pode-se identificar elementos associados a ela, tais como: o ponto ou a aresta mais próxima, a isolinha que passa pela posição, etc. O mecanismo de inserção de cada ponto da massa de dados inicial é o mesmo necessário para a inserção de um ponto indicado arbitrariamente na fase interativa.

### Funções de Interpolação

Está prevista a utilização de dois métodos de interpolação para produção de mapas de isolinhas: interpolação linear, na fase de edição interativa, cuja simplicidade de cálculo permite a produção rápida de versões preliminares da carta, bem como uma rápida atualização do mapa em função de alterações nos dados; interpolação não linear, para a produção da versão final da carta (ver POWELL e SABIN (4)).

### IMPLEMENTAÇÃO

Está implementada (em TURBO Pascal) até o momento uma parte substancial do sistema proposto, englobando:

- um sistema gráfico de suporte, que provê os recursos requeridos a partir de um conjunto de funções compatíveis com o GKS;
- geração, manipulação e atualização da triangulação dos pontos;
- traçado de isolinhas em lote e individualmente (indicação por ponto), por interpolação linear;
- vista em perspectiva.

A configuração de hardware utilizada é composta por um microcomputador de 16 bits (PC-XT), com co-processador de ponto flutuante 8087, monitor colorido, disco rígido de 10Mb e uma unidade de disco flexível, uma interface gráfica EGI-512 (desenvolvida na COPPE: resolução de 512hx410v, 16 cores) e um ratinho como dispositivo de entrada na interação gráfica.

## RESULTADOS

O tempo para produção da triangulação de 2000 pontos pelo método incremental, determinado pela média de vários casos gerados aleatoriamente, é de 2min 45s. Essa operação, apesar de demorada, não inviabiliza a interação porque é realizada apenas uma vez para cada conjunto de dados e armazenada em disco.

A execução das operações sobre elementos individuais, indicados graficamente, é praticamente instantânea, ficando comprovada a eficiência dos mecanismos de identificação desses elementos, construídos com base na triangulação. As atualizações dos mapas na tela, em função dessas operações, apesar de não serem instantâneas, são realizadas em tempo perfeitamente compatível com a expectativa de uma operação interativa eficiente.

Dentre as tarefas realizadas com frequência durante o processo de interação, a regeneração da imagem (resultante de alteração da janela que define a região focalizada ou de solicitação de atualização da tela) é o ponto crítico. Para realizar essa tarefa é necessário percorrer toda a triangulação, verificar quais os triângulos que estão dentro da janela atual e traçar os elementos do mapa no seu interior. A utilização desse mecanismo para o tratamento de um conjunto de dados muito grande (o máximo são 8000 pontos), resultaria em um tempo de resposta bastante distante do ideal para um sistema interativo. Para melhorar a interação nesse aspecto, deverá ser implementado um esquema de regeneração da imagem com base em informações sobre seus elementos constituintes, armazenadas em disco, evitando-se assim que sejam recalculados.

## REFERÊNCIAS

- 1 NEVES, J.M.R.: Sistema Interativo para a Produção de Mapas de Isolinhas. Tese de Mestrado do Progr. Eng. Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ (em preparo).
- 2 GREEN, P.J. e SIBSON, R.: Computing Dirichlet Tessellations in the Plane, *The Computer Journal*, vol.21, no 2, pp 168-173, 1978.
- 3 OHYA, T., IRI, M. e MURATA, K. : Improvements of the Incremental Method for the Voronoi Diagram, with Computational Comparison of Various Algorithms, *Journal of Oper. Res. Society of Japan*, vol.27, no 4, pp 306-336, dez. 1984.
- 4 POWELL, M.J.D. e SABIN, M.A.: Piecewise Quadratic Approximations on Triangles, *ACM Trans. on Math. Software*, vol.3, no 4, pp 316-325, dezembro 1977