

UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO TOPOGRÁFICA DE USO GERAL APLICADO A AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES DE PROPAGAÇÃO EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

Marco A.G. Mattoso Maia
Átila L.F. Xavier
Enio R. Garbin

CETUC - Centro de Estudos em Telecomunicações
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
C.P. 38063, 22453-900 Rio de Janeiro
sapit@cetuc.puc-rio.br

ABSTRACT : This paper describes a low-cost general-purpose topographic acquisition system designed for productivity increase with some novel features. Raster images are digitalized and processed in a way that allows automatic assessment of roughly 80% of iso-curve elevations, a task usually done by manual means. Aspects concerning implementation are also here discussed.

1. Introdução

Para uma adequada avaliação dos fenômenos de propagação em enlaces de telecomunicações, é de vital importância o conhecimento da topografia do terreno coberto por estes enlaces. Fenômenos como refração, difração e outros que requerem especial atenção no projeto ou avaliação de desempenho destes enlaces, só podem ser efetivamente avaliados caso se conheçam algumas características topográficas da região no qual se encontram.

Os órgãos oficiais de disseminação de informações cartográficas como o IBGE e CCauEx ainda não dispõem de um serviço de atendimento público que possa atender às necessidades desta demanda. Porém entidades ligadas a diversas áreas específicas da Engenharia possuem uma carência muito grande deste tipo de informação.

Estes fatos motivaram os grupos de Propagação e Sistemas de Telecomunicações do Cetuc a desenvolver um sistema computacional de propósito geral e baixo custo que permitisse a digitalização e processamento gráfico de cartas topográficas com fins

de sua aplicação aos problemas mencionados.

Convém destacar que este sistema de aquisição topográfica de forma alguma tem sua aplicação limitada à área que serviu de motivação, podendo ter seu produto final utilizado por qualquer ramo do conhecimento que necessite deste tipo de informação. Assim, o presente artigo discutirá apenas a sua concepção e desenvolvimento.

2. Filosofia do Sistema de Aquisição

Se analisarmos em detalhe alguns dos principais softwares comercialmente disponíveis no mercado [1][2], podemos verificar que o principal esforço em seu desenvolvimento se concentrou em fornecer ao seu usuário uma vasta coleção de ferramentas gráficas que permitem o processamento interativo de imagens cartográficas em um ambiente amigável. Assim por exemplo, "defeitos" introduzidos durante o processos de digitalização e binarização das imagens (como aderência ou superposição entre objetos distintos, aqui entendidos como "curvas", "pontos" e "dígitos") podem ser manualmente corrigidos de forma

fácil. Entretanto tais softwares não auxiliam na localização destes defeitos.

De forma sucinta, podemos definir como produto "final" deste sistema uma descrição de alto-nível da topografia relativa a uma determinada região obtida a partir de sua imagem digitalizada. Existem basicamente duas formas distintas para esta descrição: a descrição vetorizada e o modelo digital de terreno (MDT).

A semântica natural induzida pela imagem de uma carta topográfica (plano altimétrico) revela a existência de apenas três tipos básicos de objetos : dígitos, pontos e iso-curvas. Destes, só os dois últimos possuem ligação direta com a vetorização e seu atributo fundamental é a sua cota. Esta atribuição no caso dos pontos é uma operação simples quando se dispõe de uma plataforma computacional adequada. No entanto a cotagem das iso-curvas, além da sua elevada quantidade mesmo em terrenos de rugosidade moderada, constitui sem sombra de dúvida a tarefa mais demorada e sujeita a erros em todo o processo. Por esta razão, a metodologia de trabalho no presente sistema objetiva tornar esta tarefa rápida e tão segura quanto possível. Isto é alcançado por meio de um processo semi-automático. [3] que permite a cotagem de aproximadamente 80% das iso-curvas, reduzindo substancialmente as chances de erro. Entretanto para que este processo possa ser empregado, a imagem deverá conter objetos essencialmente "perfeitos" o que é possível somente se ferramentas de detecção e correção de "erros" estiverem à disposição do usuário.

3. Descrição do Sistema

O sistema é funcionalmente dividido em quatro módulos, sendo esta divisão considerada "clássica" : aquisição , binarização, vetorização e visualização. Cada um destes módulos pode ser

dividido em sub-módulos conforme mostra a Figura 1.

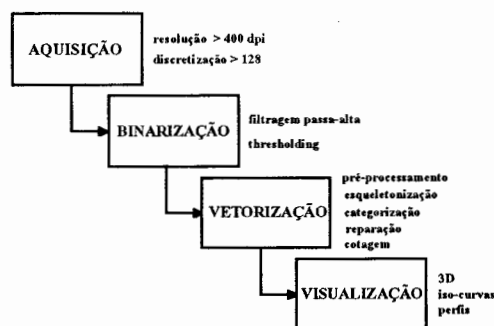


Figura 1 - Diagrama de Blocos do Sistema Proposto

Módulo de Aquisição

Este módulo é responsável pela transformação da informação disponível numa forma de imagem digital para manipulação em computador (imagem nível 1 [4]), e é de um certo modo, uma atividade externa ao sistema, na medida em que depende de uma máquina tipo "scanner" cujo software é em geral dependente do fabricante.

Módulo de Binarização

Embora a aquisição da imagem se dê a 256 níveis de cinza, o que se deseja é a sua versão binarizada, ou de outra forma, a sua conversão para uma imagem Nível 2 [4].

Antes desta fase, a imagem é submetida a uma filtragem linear passa-alta, cujo objetivo é salientar as transições da imagem tornando-a menos sensível à escolha do limiar de binarização.

Módulo de Vetorização

Este é sem sombra de dúvida o módulo mais importante de todo o sistema pois ele é responsável por quase todo o processamento gráfico inteligente, gerando uma descrição abstrata da imagem em Nível 4. Por esta razão, este módulo se divide em diversos

sub-módulos que são a seguir discutidos.

Os dois tipos de falhas ou defeitos introduzidos no processo de confecção da carta ou pelos módulos anteriores são fragmentação e aderência.

Numa primeira tentativa de reduzir falhas devido a aderência, a imagem é submetida a um processo denominado de descolamento. Neste processo a vizinhança 3x3 de cada pixel de "foreground" (i.e. pixel de um objeto como "curva", "ponto", etc.) é examinada em busca de um dos padrões dentre uma coleção pré-especificada e se encontrado, este pixel é transformado em "background" (pixel de "fundo").

Após este procedimento, todos os objetos 8-conexos são univocamente identificados e submetidos a um processo de esqueletonização. Este processo tem por objetivo capturar a "essência" de cada objeto, descrevendo-o por uma linha medial de 1 pixel de espessura e assim permitir a sua "aproximação" por elementos geométricos de descrição compacta, como por exemplo, linhas poligonais. Cada esqueleto é submetido a um processo de análise, onde são detectados certos pontos especiais como os de cruzamento ("cross-points") e os de terminação ("end-points").

Se para um objeto qualquer calcularmos o no. de seus pontos de cada um destes tipos (aqui denominados de N_c e N_e), estas quantidades aliadas a outras como tamanhos de objeto e esqueleto permitem que se utilize técnicas de Reconhecimento de Padrões para classificar os objetos em um dos quatro tipos: "ponto", "digito", "iso-curva" e "desconhecido", sendo esta última categoria reservada para os objetos com defeitos. Deste modo passa-se a dispor de uma ferramenta capaz de localizar os objetos defeituosos e promover sobre eles as correções necessárias.

É possível que um objeto, mesmo classificado numa categoria diferente de "desconhecido", possa ainda não ser considerado "perfeito". As iso-curvas

devem necessariamente apresentar um dos valores (0,0) ou (0,2) para o par (N_c , N_e). Entretanto no segundo caso os pontos extremos devem pertencer as bordas da imagem, ou caso contrário a iso-curva sofreu segmentação.

Para a solução destes problemas, duas ferramentas de auxílio estão disponíveis no sistema. A primeira, denominada "lápiz-borracha", coloca à disposição do usuário a capacidade de retocar a imagem, onde pixels podem ser removidos ou inseridos em um objeto. A segunda, um pouco mais sofisticada e denominada de soldagem, detecta a presença de pontos extremos de iso-curvas que não estejam nas bordas da imagem e por meio de um critério de proximidade, propõe soluções (curvas de Bèzier) de ligação entre elas.

Existem ainda certas situações onde não é possível eliminar completamente os defeitos, tornando-se necessário prover algum mecanismo para a sua reparação. Alguns mapas que retratam trechos muito íngremes de terreno possuem algumas iso-curvas segmentadas que não permitem o seu tratamento por nenhuma das técnicas mencionadas. Para estas situações criou-se o conceito de *ligação simbólica* por meio da qual um curva de nível é descrita por uma lista encadeada de iso-curvas e pontos, garantindo que esta nova entidade satisfaça as condições exigidas para a cotagem.

Uma vez removidos da imagem os "defeitos" aludidos, pode-se iniciar o processo de cotagem. Desenvolveu-se para isso um procedimento semi-automático [3] baseado na definição de *árvores de envolvimento* e *intervalos de ambiguidade* que permite colher informação altimétrica de pontos especiais do mapa e promover a cotagem automática de aproximadamente 80% dos casos, cabendo ao usuário auxiliar na cotagem dos 20% restantes. Este procedimento

reduz consideravelmente o tempo gasto na execução desta atividade e a possibilidade de erros devido a informação equivocada do usuário pois permite verificar qualquer inconsistência provocada por entrada errônea de dados. Finda a fase de cotagem, a imagem é submetida ao processo efetivo de vetorização que pode seguir qualquer um dos métodos sugeridos em [5],[6], gerando um arquivo em formato exportável.

Módulo de Regularização

Neste módulo, as imagens vetorizadas sofrem um processo de interpolação para gerar o *modelo digital do terreno* (MDT) [7],[8]. A grande vantagem desta forma opcional de representação do terreno é o seu baixo tamanho de armazenamento.

Módulo de Visualização

Este é um módulo acessório do sistema que permite a visualização de arquivos MDT em diversas formas como vista 3D com observador em posição arbitrária, reconstrução do mapa de iso-curvas e sua comparação com a descrição vetorizada.

4. Conclusões

Este artigo apresentou a descrição de um sistema de aquisição de imagens topográficas de uso geral e baixo custo, desenvolvido em ambiente de estações de trabalho. Embora as suas funções constituintes sejam encontradas em quase todo o software com este propósito, várias soluções inovadoras foram introduzidas objetivando o aumento da produtividade e um controle mais estrito sobre os erros, sem provocar impacto no custo. Estes benefícios são bastantes mensuráveis se se observa o tempo típico de processamento de uma carta topográfica. Estes indicadores aliados ao baixo custo da configuração de hardware e software revelam ser este sistema uma alternativa

bastante viável para o processo de digitalização de cartas topográficas, com aplicações em todas as áreas carentes deste tipo de informação.

Agradecimentos

Este trabalho foi suportado pela TELEBRÁS através do Contrato Telebrás/PUC no. 467/92.

Bibliografia

- [1] Hitachi CAD-Core/Hybrid Software Documentation - Hitachi International Distributors Information & Graphics System Inc.
- [2] Intergraph Vectorization Software (I/VEC) Documentation - Intergraph Corporation
- [3] M.A.G Mattoso Maia , A.L.F. Xavier
"A Semi-Automatic Method for Assigning Elevation in Contour Maps" submetido para publicação ao IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering
- [4] T. Pavlidis
Algorithms for Graphics and Image Processing
Computer Science Press - 1986
- [5] J.Dunham
"Optimum Uniform Piecewise Linear Approximation of Planar Curves"
IEEE. Transaction Pattern Analysis Mach. Intell, PAMI-8, pp.67-75, 1986
- [6] Y.Sato
"Piecewise Linear Approximation of Plane Curves by Perimeter Optimization"
Pattern Recognition, Vol.25, No.12, pp.1535-1543, 1992
- [7] M.S. Monmonier
Computer Assisted Cartography : Principles & Prospects - Prentice-Hall Englewood Cliff 1982
- [8] R.G. Cromley
Digital Cartography - Prentice-Hall 1992