

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DE DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS OBTIDOS ATRAVÉS DE DISPOSITIVOS IMAGEADORES POR VARREDURA

Júlio Cesar Lima d'Alge
Guaraci José Erthal

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

Pedro Luiz Sanchez

Instituto Militar de Engenharia - IME
Seção de Sistemas e Computação
Praça General Tibúrcio 80, 22293 - Rio de Janeiro - RJ

RESUMO

A digitalização manual de documentos cartográficos é uma tarefa extremamente demorada que produz resultados questionáveis em termos de precisão. Uma alternativa que se apresenta consiste na aquisição rápida de cartas através de um DIV (Dispositivo Imageador por Varredura), transferindo o custo do processamento para as fases subsequentes: correção radiométrica, segmentação, redução de dados, navegação, vetorização, reconhecimento de símbolos e caracteres, edição e criação da topologia. Uma etapa importante no procedimento é a navegação, responsável pela associação criteriosa das coordenadas do sistema de projeção original ao sistema de coordenadas da imagem adquirida. Este trabalho apresenta a avaliação da qualidade geométrica de cartas obtidas através de um DIV com a finalidade de verificar o seu desempenho e de fornecer subsídios ao estabelecimento do modelo matemático a ser utilizado na etapa de navegação.

ABSTRACT

Manual digitizing of cartographic documents is a very lasting task, which yields questionable results in terms of precision. An alternative is a quick acquisition by means of a scanning device, the processing cost being transferred to the next steps: radiometric correction, segmentation, data reduction, image navigation, vectorizing, symbol and character recognition, edition, and generation of topological structure. Image navigation is a very important step in this procedure, because it associates image coordinates to the original projection coordinates. This work presents a geometric quality evaluation of maps obtained through a scanner, with the purpose of verifying its performance. The evaluation results can also determine which mathematical model shall be used in the image navigation step.

1. INTRODUÇÃO

Em países com tecnologia avançada os DIV já representam, há alguns anos, a opção preferencial para a entrada de documentos cartográficos num Sistema de Informações Geográficas (SIG). A aquisição rápida e precisa tem substituído com vantagens o lento processo de digitalização manual, que gera resultados questionáveis em termos de precisão. É claro que a digitalização automática pressupõe um processamento posterior que visa transformar a imagem adquirida (dado "raster") num dado vetorial. Em linhas gerais, quatro etapas são necessárias antes da vetorização propriamente dita: correção radiométrica, segmentação, redução de dados e navegação sobre a imagem. Após a vetorização, pode-se fazer o reconhecimento de símbolos e caracteres, passando-se a uma etapa de edição que garanta a criação de uma estrutura topológica correta.

O Brasil encontra-se numa fase em que a digitalização manual ainda é bastante utilizada. Isto se explica, inicialmente, pela inexistência de um DIV nacional. Além disso, pelo menos dois fabricantes colocam no mercado mesas digitalizadoras de baixo custo. Outro motivo é o próprio estado da arte no país no que diz respeito a todas as etapas necessárias para transformar uma imagem obtida por um DIV num dado vetorial confiável. Conseguem-se resultados interessantes a nível de pesquisa, mas ainda se está longe da geração de um sistema operacional. Obviamente toda esta situação pode ser contornada pelo uso da tecnologia avançada disponível para importação.

O INPE, através do Departamento de Processamento de Imagens, vem conduzindo um projeto de pesquisa que visa estudar e resolver os problemas inerentes à aquisição automática de documentos cartográficos. Oportunamente pretende-se implementar no SIG/INPE um módulo para digitalização automática de mapas. Este trabalho insere-se neste projeto e tem a finalidade de avaliar a qualidade geométrica de um mapa adquirido pelo DIV Eiconix EC850, fabricado pela Eiconix Corporation. Este DIV gera imagens de, no máximo, 4096 linhas com 4096 pontos (pixels) por linha. O material utilizado foi uma porção da grade UTM de uma carta topográfica na escala 1:50000, em material estável (filme lito), de aproximadamente 20 por 20 cm. Este "documento cartográfico" foi colocado na parte central da mesa de trabalho (plano objeto) do DIV e foi gerada uma imagem de 1024 linhas com 1024 pixels

por linha, com uma resolução de cerca de 0,17 mm.

2. METODOLOGIA

O procedimento inicial consistiu na medição das coordenadas (linha, coluna) da imagem adquirida pelo DIV. Nesta tarefa foi utilizado o sistema de tratamento de imagens do INPE, SITIM. Resultou daí um arquivo, denominado PC_IMA.DAT, contendo as coordenadas de imagem de todos os nós da grade UTM (25 pontos).

A seguir o filme com a grade foi colocado no estereocomparador de precisão Stecometer (Zeiss/Jena) para medição das coordenadas do documento original submetido ao DIV. Gerou-se, então, outro arquivo (PC_FIL.DAT) contendo coordenadas (x,y) em mm para todos os nós da grade. Sendo a grade parte da carta original UTM, criou-se também o arquivo PC_UTM.DAT com as coordenadas nominais UTM de todos os nós da grade.

O próximo passo compreendeu duas avaliações distintas de qualidade geométrica: na primeira, objetivo deste trabalho, confrontou-se a geometria da imagem obtida no DIV com a do filme original; na outra, a geometria do filme foi comparada àquela representada pelas coordenadas nominais UTM. Nesta avaliação pretendeu-se tão somente verificar a confiabilidade da grade usada como documento original.

Avaliar geometricamente um determinado produto cartográfico significa compará-lo a um padrão previamente escolhido. Uma das possibilidades de implementação da avaliação consiste no estabelecimento de uma transformação isogonal ou de similaridade entre os sistemas de coordenadas que representam a geometria do produto a ser avaliado e a do padrão. Isto se justifica pelo fato desta transformação não introduzir deformações, pois seus parâmetros são um fator de escala global, uma rotação e duas translações. Pode-se, ainda, eventualmente, usar uma transformação afim ortogonal com a finalidade de verificar a existência de erros que possam ser absorvidos por fatores de escala diferentes em direções ortogonais (d'Alge, 1987).

A avaliação no.1 realizada neste trabalho usou os arquivos PC_IMA.DAT e PC_FIL.DAT para, através de um ajustamento por mínimos quadrados, estabelecer uma transformação de similaridade entre coordenadas de imagem e coordenadas de filme. Como consequência,

calculou-se o erro médio quadrático dos resíduos do ajustamento. A avaliação no.2 utilizou estes mesmos arquivos e uma transformação afim ortogonal com o objetivo já citado no parágrafo anterior. Por fim, na avaliação no.3 foram usados os arquivos PC FIL.DAT e PC UTM.DAT e uma transformação de similaridade para testar a confiabilidade da grade.

3. RESULTADOS

3.1 AVALIAÇÃO No.1

O ajustamento por mínimos quadrados de uma transformação de similaridade entre os arquivos PC IMA.DAT e PC FIL.DAT gerou resíduos que, em valor absoluto, variaram de 0,03 a 0,64 mm. O erro médio quadrático resultante foi de 0,46 mm. Neste caso, o fator de escala da transformação representava a resolução da imagem adquirida. O valor ajustado deste parâmetro foi de 0,175 mm. A Figura 1 mostra os resíduos do ajustamento sobre a grade original utilizada.

3.2 AVALIAÇÃO No.2

O ajustamento por mínimos quadrados de uma transformação afim ortogonal entre os arquivos PC IMA.DAT e PC FIL.DAT gerou resíduos que, em valor absoluto, variaram de 0,03 a 0,61 mm. O erro médio quadrático resultou idêntico ao da avaliação no.1. Os fatores de escala nas duas direções ortogonais resultaram iguais entre si e coincidiram com o fator de escala global da avaliação no.1.

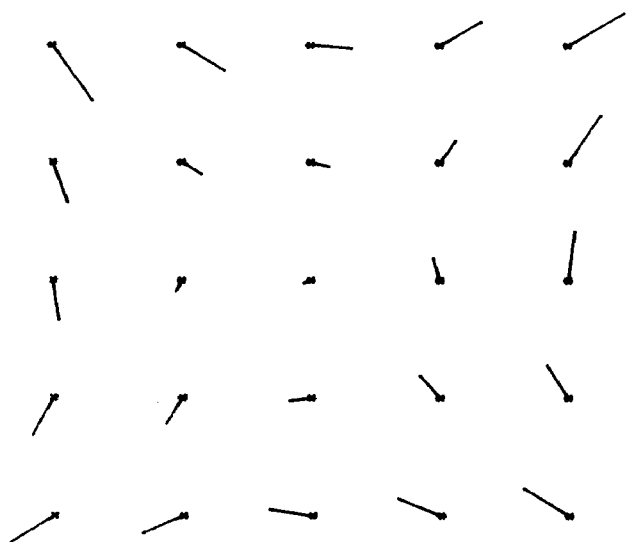


Figura 1 - Resíduos do ajustamento sobre a grade original exagerados 30x

3.3 AVALIAÇÃO No.3

O ajustamento por mínimos quadrados de uma transformação de similaridade entre os arquivos PC FIL.DAT e PC UTM.DAT gerou resíduos que, em valor absoluto, variaram de 0,165 a 5,143 m. O erro médio quadrático resultante foi de 2,883 m e o valor ajustado para a escala foi de 1:50034.

4. CONCLUSÃO

As avaliações no.1 e no.2 indicaram um erro médio quadrático que situa-se entre 0,1 e 0,5 mm, intervalo que abrange as especificações típicas para documentos cartográficos. Estas avaliações indicam ainda uma boa coerência entre a resolução estabelecida na aquisição e a resultante do ajustamento. A deformação introduzida na grade (Figura 1) sugere a presença de duas rotações combinadas afetando a verticalidade do sistema ótico do DIV Eiconix em relação à mesa de trabalho (plano objeto). De acordo com o manual de operação do DIV não há graus de liberdade angulares susceptíveis de controle por parte do operador. Depreende-se, então, que pode existir um pequeno problema de falta de verticalidade do sistema ótico à nível de montagem. A avaliação no.2 mostra também que o DIV não introduziu deformações que pudessem ser absorvidas por dois fatores de escala distintos em direções ortogonais. O erro médio quadrático e a escala ajustada provenientes da avaliação no.3 ratificam a confiabilidade da grade usada como documento original.

Oportunamente pretende-se ampliar a seção de testes do DIV Eiconix através da utilização de todo o espaço de sua mesa de trabalho e não apenas da zona central. Sugere-se também a obtenção de imagens com número de linhas e pontos (pixels) variando de 512 a 4096 para comparação de resultados. Apesar do erro médio quadrático das avaliações no.1 e no.2 situar-se muito próximo ao limite de 0,5 mm, consideram-se os resultados conseguidos como satisfatórios.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOSMA, M.; DRUMMOND, J.; RAIDT, B. A preliminary report on low-cost scanners. ITC Journal, 2: 115-120, 1989.

D'ALGE, J.C.L. Qualidade geométrica de imagens TM do LANDSAT-5. In: XIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Gramado, 1987.

EICONIX CORPORATION. Eiconix EC78/99 and EC850 digital imaging camera systems - operator guide, rev. 2. Bedford, Massachusetts, 1987.