

ESTIMATIVA DE QUALIDADE PARA FEIÇÕES DIGITALIZADAS

um novo método

Dr. João Bosco Lugnani

Universidade Federal do Paraná

1. Resumo

Na maioria das feições digitalizadas não há correspondência ponto a ponto. Deste modo os métodos convencionais para estimativa de qualidade não podem ser aplicados.

A ISP, através de seu grupo I, Comissão IV, voltou-se para este problema e alguma pesquisa foi feita. Os resultados, apresentados no 14^o Congresso da ISP – Hamburgo, 1980, apontaram algumas dificuldades e recomendaram mais investigações.

Este trabalho apresenta um novo método para melhorar a qualidade de estimativa em tais circunstâncias. Este método foi implementado num programa de computação e foi testado. Os resultados são mostrados.

2. Introdução

Em qualquer região desenvolvida há muitos objetos feitos pelo homem ou parte deles, os quais podem ser representados num mapa por uma única linha. O número deles é ainda maior em regiões urbanas. Ao longo deste trabalho, nos referimos a estes objetos como feições lineares ou simplesmente como feições ou entidades.

As feições lineares têm duas características importantes: elas são praticamente perenes comparadas aos pontos de controle; a locação de um ponto numa feição é em geral feita mais fácil e precisamente do que a locação de um ponto específico em medidas fotogramétricas.

Ao tempo em que a tendência de aplicação de cartografia digital aumenta, o uso de feições como controle torna-se atrativo. Seu potencial foi investigado e a viabilidade foi demonstrada (1), (2), (3).

O conhecimento da qualidade da entidade digitalizada é importante para aplicações de modo geral e mais importante ainda no caso da aplicação para controle.

A estimativa da qualidade das entidades digitalizadas é muito atrativa. A comunidade fotogramétrica voltou-se para este problema. Pesquisa foi feita pelo grupo de trabalho WG-I, Comissão IV, da Sociedade Internacional, e no Congresso da ISP – Hamburgo 1980, um “invited paper” foi apresentado sobre a matéria (4).

As dificuldades apontadas na estimativa de precisão de digitalização de feições contínuas lineares e a recomendação de maiores investigações motivaram este trabalho.

3. Precisão de feições lineares

O problema de estimativa de precisão de quantidades observadas, ou obtenção de precisão interna e externa para parâmetros computados, é bem estudado, para o caso onde existe a correspondência ponto a ponto entre os espaços.

No caso da digitalização de feições contínuas lineares, não há a correspondência ponto a ponto porque o objeto é representado por um conjunto discreto constituído de alguns de seus pontos. Estes pontos são, genericamente, não identificáveis e, geralmente, são digitalizados em “time mode”.

Se, para fim de ilustração, representarmos por “+” e por “o” os pontos digitalizados em duas digitalizações independentes da feição, f , os pontos gravados sobre o objeto poderiam parecer como ilustrados na Figura 1.

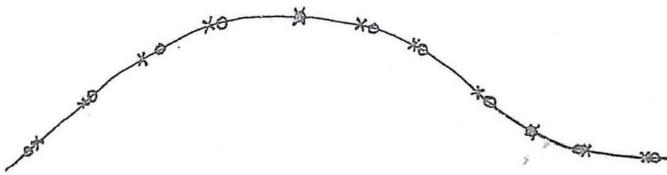


Fig. 1. Pontos de duas digitalizações independentes, da mesma feição linear contínua, geralmente não coincidem.

Mesmo entre duas digitalizações isentas de erros há discrepâncias entre coordenadas de pontos digitalizados. Em outras palavras, as discrepâncias entre pontos digitalizados, não podem ser usadas para estimativa de qualidade.

No trabalho mencionado do WG-1, dois métodos são propostos para estimativa de precisão planimétrica. O estimador do Método de Área, dado por:

$$e_a = \frac{A}{L}$$

onde A é a área contida ao longo da extensão L, entre as poligonais das duas digitalizações da entidade testada; e o Método de Ponto Gerado, no qual a correspondência de pontos das duas digitalizações é admitida para pontos gerados, em ambas poligonais, pela divisão da extensão total por um certo número de intervalos. A estimativa é feita baseada na distância entre pontos correspondentes:

$$e_g = E(e_{g_i})$$

e

$$e_{g_i} = ((X_i - X'_i)^2 + (Y_i - Y'_i)^2)^{1/2}$$

onde E é a expectância matemática.

O método do Ponto dá uma superestimativa de erro, em consequência da correspondência inadequada de pontos, e o Método de Área subestima o erro quando ocorre translações ao longo da extensão.

4. Método Proposto

Uma vez que a correspondência de pontos não pode ser obtida, não há solução ideal para o problema, e aprimoramentos da estimativa deveriam ser investigados.

A fim de superar as dificuldades, algumas hipóteses são feitas:

- a) Duas digitalizações de uma feição somente podem ser comparadas para fins de estimativa de qualidade, se elas estão numa escala uniforme com idêntico grau de generalização.
- b) Duas entidades são coincidentes se as 2 curvas contínuas, com curvatura mínima passando através de seus pontos digitalizados, computadas para cada digitalização, são coincidentes. Qualquer discrepância entre estas curvas é considerada como erro.
- c) As feições contínuas são suaves. Não há vértices nelas.
- d) Os pontos digitalizados nas digitalizações independentes, foram transformados num sistema de referência único, através da transformação de comprimento invariante.
- e) Ambas as seqüências de pontos digitalizados são livres de erros grosseiros e de grandes erros sistemáticos.

Admitimos duas seqüências de pontos, conforme ilustrado na Figura 2 abaixo, representando duas digitalizações independentes A e B, de uma feição. Ambos os conjuntos têm as coordenadas de seus pontos referidas ao mesmo sistema xy.

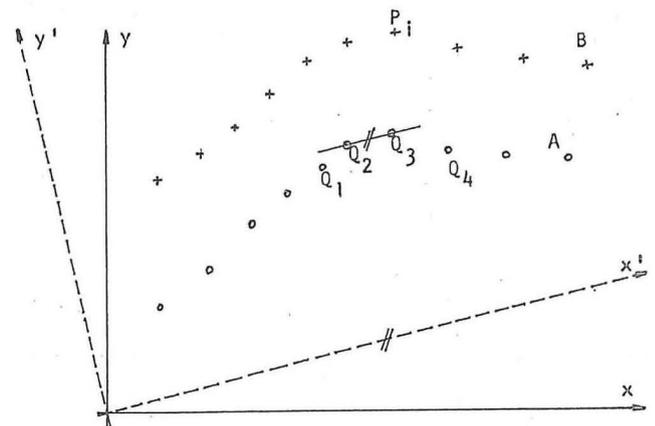


Fig. 2. A e B são conjuntos de pontos digitalizados em duas digitalizações. Todas as coordenadas dadas são referentes ao sistema xy.

Selecione os, em A, os quatro pontos $Q_j = 1,4$ mais próximo a P_i de B, e transformemos as coordenadas (x,y) destes cinco pontos no sistema $x' y'$ ilustrado, onde a direção do eixo x' é dada pela direção do segmento $Q_K Q_{K+1}$ (Q_K e Q_{K+1} são os dois pontos mais próximos a P_i).

Uma curva contínua é obtida para a região $Q_j = 1,4$ da seqüência A pelo uso de Q_j como nodos de uma curva "spline", como é ilustrado na Figura 3.

Através da função "spline", e do argumento de entrada x'_{P_i} , a ordenada y'_{P_i} é interpolada.

$$W_i = y'_{P_i} - Y'_{P_i}$$

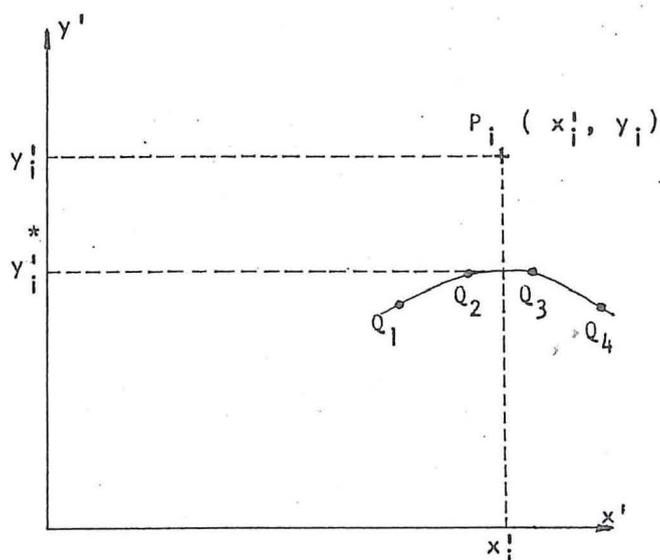


Fig. 3. Interpolação de y_i^* por "spline"

é estimado pelo procedimento indicado para todos os pontos P_i de B, exceto para os extremos do conjunto (isto para evitar extrapolação).

Estes erros de fechamento parecem ser uma boa medida para as discrepâncias. A média e o erro médio quadrático foram estimados deles.

5. Testes e Resultados

O método apresentado foi implementado num programa de computador e testado 2 vezes. Primeiramente, três pares de digitalizações feitas para o teste da ISP foram processados e os resultados são apresentados na Tabela 1, junto com os resultados obtidos pelo WG-1. A tabela é auto-explanatória.

Num segundo teste, o método foi usado para estimar a qualidade de coordenadas planimétricas de Terreno, obtidas da correção de imagem Skylab ("frame" 03-151 da S-190B "Earth Terrain Camera", escala aproximada de 1:950 000).

Tabela 1
Precisão estimada para Entidades Digitalizadas.

Entidade (Par Digitalizado)	Resultados do Teste da I.S.P.		Resultados do novo método		
	média cm	RMS cm	média cm	RMS cm	Erro sistem. cm
1	54	160	65	94	0
2	48	102	51	68	-28
3	68	138	74	118	3

Tabela 2
Qualidade de Coordenadas de Terreno transformadas da Imagem de Skylab através de Transformação Linear.

Método usado para estimar a qualidade	Método usado para calcular os parâmetros de transformação					
	convencional		9 entidades curvas		9 entidades retas	
	média m	RMS m	média m	RMS m	média m	RMS m
Feições de verificação	20	23	22	26	18	26
Todas as feições	20	23	26	29	22	25
Pontos de verificação			22	26	21	27

O modelo usado para parametrizar a distorção, foi a transformação projetiva, cujos parâmetros foram computados usando controlê convencional das feições curvas e retas. A média e o erro médio quadrático, computados das discrepâncias entre valores transformados e digitados de carta são mostrados na Tabela 2. Valores obtidos usando controle convencional são mostrados nas colunas 2 e 3; usando feições curvas como controle, colunas 4 e 5, e usando feições retas como controle, colunas 6 e 7 da Tabela 2.

Na mesma tabela, uma comparação pode ser feita entre o método de estimativa de qualidade aqui proposto (as duas primeiras linhas dos resultados foram obtidas através deste método de feições) e o bem conhecido método de pontos de verificação que foi usado e é apresentado na terceira linha.

6. Conclusões

Os resultados obtidos no primeiro teste (Tabela 1) pare-

cem confirmar o que era esperado, minimizar a super ou sub-estimativa de discrepâncias apontadas por Masry et al (1980).

O segundo teste mostra que este novo método dá resultados comparáveis ao "check point" convencional. Ele mostra, adicionalmente, que feições podem ser usadas como controle.

7. Referências Bibliográficas

- LUGNANI, J.B. "Using Digitized Entities as Control" Ph. D. Thesis, Department of Surveying Engineering, U.N.B., 1979.
- MASRY, S.E. "Digital Mapping Using Entities: A New Concept". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 48, nº 11 (1981).
- LUGNANI, J.B. "The Digitized Features - A New Source of Control". Presented Paper at the Commission III Symposium, Helsinki (1982).
- MASRY, S.E. et al. "Accuracy and Time Comparisons of Digital Maps an International Test". Presented at ISP 14th Congress, Hamburg (1980).