

Reamostragem da linha epipolar de estereopares CCD-CBERS 2 utilizando a projeção paralela

Felipe André Lima Costa ¹

Flávio Luis de Mello ²

Oscar Ricardo Vergara ¹

¹ Instituto Militar de Engenharia (IME) - Seção de Engenharia Cartográfica (SE/6)
Praça General Tibúrcio 80, Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP 22290-270
falcl@bol.com.br, vergara@ime.eb.br

² Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro- Departamento de Engenharia Eletrônica e Computação. Av. Pedro Calmon, nº 500, Bl-H, Cidade Universitária RJ-Brasil
flavioluis.mello@gmail.com

Abstract. This paper presents a method of epipolar line resampling of CCD-CBERS 2 stereopair images. This method is quite different from the conventional method applied in aerial photographs. Besides, it is presented the direct linear transformation as the polynomial to reconstruct the images after the epipolar resampling.

Palavras-chave: projective transformation, stereo matching, epipolar geometry resampling, transformação projetiva, correspondência de pontos, reamostragem por geometria epipolar.

1. Introdução

A reamostragem da linha epipolar das imagens constituintes de pares estereoscópicos é um pré-requisito para diversas aplicações fotogramétricas, tais como extração de DEM e medição automática de pontos por correlação. Em geral, a modelagem rigorosa para esta reamostragem requer os parâmetros da orientação interior e exterior do sensor durante a aquisição das imagens (Cho et al., 1992), o que muitas vezes não é disponibilizado. Nesse sentido, este trabalho objetiva desenvolver uma metodologia que permita a reamostragem da linha epipolar de estereopares CCD-CBERS 2, utilizando a projeção paralela (Morgan et al., 2004a).

A área de estudo está localizada no Oeste do Estado de Minas Gerais e suas coordenadas limites são as seguintes: E = 156.395 m, N = 7.982.022 m e E = 263.398 m, N = 7.855.398 m (projeção UTM, datum SAD-69).

2. Materiais

Materiais utilizados: 1) Par estereoscópico CCD-CBERS 2 com nível 1 de processamento. Ambas as imagens que compõem o par foram tomadas desde os path/rows 159/121 (em 16/06/2004) e 154/121 (em 01/07/2004); 2) Software Envi 4.2; 3) IDL 6.2.

3. Metodologia

A metodologia de reamostragem da linha epipolar do estereopar, utilizando a projeção paralela, para sensores com elevada altitude de imageamento, consiste nas etapas apresentadas a seguir:

3.1. Seleção de pontos nas imagens do estereopar no software Envi 4.2

Nessa fase, realizou-se a extração manual das coordenadas de 5 pontos homólogos definidos nas duas imagens (por ex.: cruzamento de feições da rede viária, cantos de campos de cultivo). A finalidade foi fornecer observações para cálculo dos parâmetros da transformação afim 2D.

3.2. Cálculo dos parâmetros da transformação afim 2D utilizando o software IDL 6.2

A condição de pertinência da linha epipolar está dada pela **Equação 1**, (Morgan et al., 2004b). O procedimento utilizado nesta etapa consistiu em achar os parâmetros (G1, G2, G3 e G4) através do método dos mínimos quadrados (Geamel, 1994) e aplicar a reconstrução da linha epipolar nas imagens do estereopar.

$$G1 \cdot x + G2 \cdot y + G3 \cdot x' + G4 \cdot y' = 1 \quad (1)$$

onde (x, y) e (x', y') = coordenadas da mesma feição nas imagens de referência e de pesquisa.

3.3. Aplicação da reamostragem da linha epipolar nas imagens do estereopar

Esta etapa consistiu na geração das imagens retificadas, para o que foi necessário definir as grades das mesmas, bem como escolher o método a ser aplicado para a interpolação e reamostragem dos níveis de cinza. Para escolher o modelo matemático a ser usado para a retificação das imagens, foram realizados testes estatísticos comparativos dos resíduos correspondentes às transformações aplicadas (**Tabela 2**): afim 2D e projetiva (DLT). Quanto à reamostragem dos níveis de cinza, optou-se pelo método do vizinho mais próximo para não alterar os níveis de cinza das imagens originais.

4. Resultados

Os parâmetros da equação da linha epipolar são dados na **Tabela 1**, onde: θ = rotação na imagem de referência; θ' = rotação na imagem de pesquisa; S = fator de escala na imagem de pesquisa; Δy = translação aplicada na imagem de pesquisa.

Parâmetros	Valores
θ , (graus)	1.46
θ' , (graus)	-1.10
S	1.00
Δy , (pixels)	-167

Tabela 1. Parâmetros da reamostragem da linha epipolar

Quanto à escolha do modelo matemático para retificação das imagens, a **Tabela 2** apresenta os valores da variância a posteriori, erros máximos e erros mínimos para os dois métodos de transformação. Como pode ser observado, a transformação projetiva apresentou melhor variância a posteriori que a transformação afim 2D.

Método	Imagens	$\hat{\sigma}^0$ (variância a posteriori)	Erro Máximo (pixels)	Erro Mínimo (pixels)
Afim 2D	2004/06/16	0.50	0.51	-0.51
	2004/07/01	0.49	0.50	-0.50
T. Projetiva	2004/06/16	0.17	0.34	-0.32
	2004/07/01	0.17	0.34	-0.33

Tabela 2. Resultados preliminares das transformações aplicadas às imagens

A **Figura 1** mostra as imagens constituintes do par estereoscópico utilizado, antes (**Figuras 1a e 1b**) e depois da aplicação da transformação projetiva (**Figuras 1c e 1d**). Se comparadas, nelas podem ser notadas as rotações originadas pela retificação das imagens.

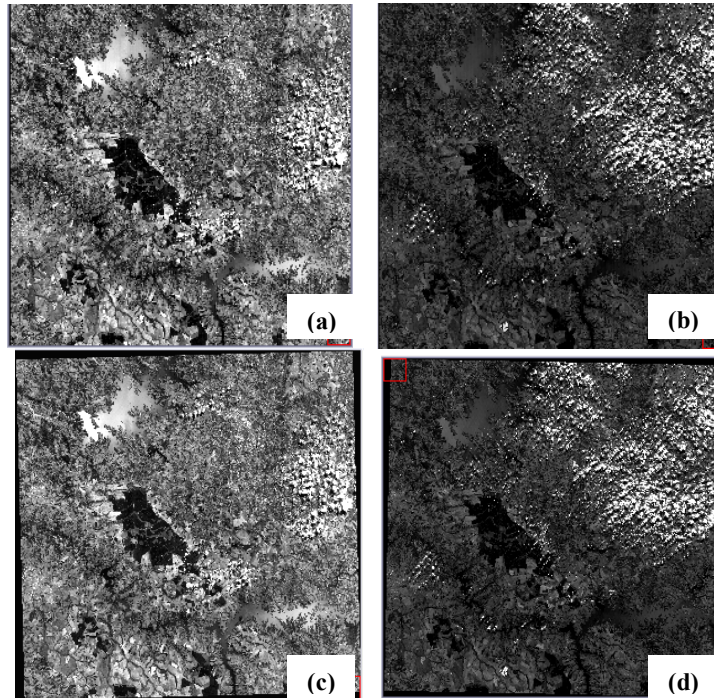


Figura 1. (a) Imagem 2004/06/16 antes da reamostragem; (b) Imagem 2004/07/01 antes da reamostragem; (c) Imagem 2004/06/16 depois da reamostragem; (d) Imagem 2004/07/01 depois da reamostragem

5. Conclusões

Através deste trabalho foi desenvolvida uma metodologia para a reamostragem da linha epipolar de pares estereoscópicos CCD-CBERS 2, visando a retificação das imagens constituintes. Os resultados preliminares indicam uma diminuição significativa da paralaxe vertical entre as imagens do estereopar utilizado no trabalho. Antes da reamostragem da linha epipolar, a diferença de coordenadas *linha* variava de 50 a 150 pixels e através da aplicação da transformação ela foi reduzida para 17 pixels. Observou-se que esse valor de paralaxe se mantém praticamente constante em toda a imagem. Estes resultados deverão ser conferidos aplicando a mesma metodologia em outros estereopares. Além disso, em próximas etapas serão testadas transformações para normalizar as imagens dos estereopares.

Referências

- Cho, W., T. Schenk, and M. Madani. Resampling Digital Imagery to Epipolar Geometry. IAPRS International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 29(B3): 404-408.1992.
- Gemael, C. Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas, Curitiba: Ed. UFPR, 319p. 1994.
- Morgan, M., K. Kim, S. Jeong, and A. Habib. Epipolar Geometry of Linear Array Scanners Moving with Constant Velocity and Constant Attitude. XXth Congress of ISPRS, 12-23 July. 2004a.
- Morgan, M., K. Kim, S. Jeong, and A. Habib. Indirect Epipolar Resampling of Scenes Using Parallel Projection Modeling of Linear Array Scanners". XXth Congress of ISPRS, 12-23 July. 2004b.