

Aplicação dos Modelos matemáticos de Correção geométrica em Imagens orbitais

Edneya Gomes da Silva Soares ¹
Neura Lima de Moraes ²

¹ Mestranda em Informações Espaciais
Departamento de Engenharia de Agrimensura
36.571 - 000 Viçosa - MG
edneyagomes@yahoo.com.br

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás
74055-110 Rua 75, 46, Centro – Goiânia – GO.
neurasenso@yahoo.com.br

RESUMO: O trabalho a ser apresentado aborda a importância de como se processa a correção geométrica ao se efetuar o georreferenciamento de uma imagem. Tal correção é feita através de modelos matemáticos utilizando equações baseadas em pontos de controle que visam a transformação dos parâmetros podendo ser obtidos por meio de operações polinomiais, permitindo que a imagem assuma propriedades cartográficas, sistema de projeção e respectivas coordenadas através da transformação do sistema (L,C) para UTM (E,N), implicando que os pontos sejam reconhecíveis e conhecidos em ambos os sistemas, de tal maneira que forme um sistema de equações, originado das matrizes na qual se deseja descobrir os parâmetros a serem determinados através do método paramétrico (Método dos Mínimos Quadrados). Equações baseadas em pontos de controle: $E = a_1x_i + a_2y_i + Tx$. $N = a_3x_i + a_4y_i + Ty$ onde: E, N - são as coordenadas UTM x_i, y_i - coordenadas da imagem bruta (L,C) a_1, a_2, Tx e a_3, a_4, Ty - parâmetros de transformação que relacionam os dois sistemas, sobre a equação é importante ressaltar que a relação entre os sistemas imagem x terreno são relacionadas através de polinômios de n graus, geralmente o mais usado é o de menor ordem (1ª ordem), pois polinômio de maior ordem (2ª, 3ª,...), resultará em um maior número de cálculos e não corrigi todos os erros geométricos. Sendo recomendável a transformação afim (1ª ordem) que corrigirá quaisquer distorções de escala, deslocamento, rotação ou "skew" existente entre a imagem e o mapa. Recorre-se para efetuar os cálculos usados, softwares, como o Matlab correspondente aos interesses do ajustamento, o IMPIMA para delimitar a área a ser trabalhada e o SPRING que relaciona os pares de coordenadas para a realização da correção geométrica. Os resultados obtidos podem ser vistos por meio da comparação das imagens sem e com a correção, perceptível a alteração dos detalhes e a melhor facilidade de identificação dos objetos.

Palavras chaves: Correção Geométrica e Transformação de Coordenadas

ABSTRACT: This project, to be presented, talks about the importance of how the geometric correction is processed while doing the georeferencing of an image. Such correction is done through mathematic models while utilizing equations, which, by the way, are based on some points of control that seek for a transformation of parameters. Those parameters can be obtained through polynomial operations allowing, in this case, the image to assume cartographic properties, a projection system and some coordinates through the transformation of the system from (L,C) to UTM (E,N). This implies that the points have recognizable and known in both system, in a way that it generates a system of equations of matrices, in which our purpose is to find out the parameters to be determined by using the parametric method (Method of Minimal Squares); so that it can originate such equations based on points of control: $E = a_1x_i + a_2y_i + Tx$ $N = a_3x_i + a_4y_i + Ty$, where: E and N are coordinates UTM, x_i and y_i are coordinates of the brute image (L,C), a_1, a_2 and Tx, a_3, a_4 and Ty - parameters of transformation that are related to the two systems (image x terrain), which are related using polynomials of n grades, generally the most used is the one of lower order (1st order), because the higher ones (2nd 3rd 4th ...) will result in more accounts and therefore it does not correct all the geometric errors. That is why we recommend a transformation of first order so that it can correct any distortions of scale, displacement, rotation or existing "skew" between the image and the map. However, for doing the accounts, some softwares are used such as MATLAB (which corresponds to the interests of adjusting), IMPIMA (to delimitate the area to be worked on) and the SPRING (which relates the pairs of coordinates to the realization of the geometric correction). The results obtained can be seen through the comparison of images with or without correction, easily seen any alteration of details and with better facility to identify the objects.

Keywords: geometric correction and transformation coordinates

1 INTRODUÇÃO

O processo de correção geométrica tem a finalidade de remover as distorções sistemáticas geradas durante a aquisição das imagens orbitais. O principal fator que leva a ocorrência das distorções são as de alguns efeitos. Sendo um dos principais causado pelo movimento relativo entre a Terra e o satélite. Ressalta que se encontra vinculado a estes efeitos variações de efemérides do satélite (posição e velocidade) e a de atitude da plataforma (roll, pitch e yaw). Dentro deste aspecto o presente trabalho propõe demonstrar a aplicação do modelo polinomial para efetuar a correção geométrica. É determinada por parâmetros da transformação polinomial do 1º ou 2º grau de um sistema de equações estabelecidas pelas coordenadas de pontos de controle que devem ser conhecidas na imagem e no sistema de referência. É de fundamental importância a escolha de uma função apropriada a ser usada na relação matemática entre a imagem e o terreno, o qual serão modelados. A observar que polinômios de maior ordem (2º, 3º, ...), implica em um maior volume de cálculos e não corrigi todos os erros geométricos, desta forma o uso de polinômios de menor ordem é o mais recomendável. O que viabiliza a integração com o ajustamento pelo método paramétrico a dispor de equações que relaciona os valores medidos com as icógnitas, denominados parâmetros.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de correção geométrica ou retificação faz com que a imagem tenha propriedades cartográficas e através das transformações das coordenadas planas (E,N), este procedimento é denominado georreferenciamento, O desempenho notório na correção se baseia nos modelos matemáticos existentes: modelo de correções independentes, modelo fotogramétrico e modelo polinomial usado para a realização dos cálculos deste trabalho. A metodologia utilizada tem origem nas equações baseadas em pontos de controle:

$$E = a_1 X_i + a_2 Y_i + T_x$$

$$N = a_3 X_i + a_4 Y_i + T_y$$

Onde:

E, N: são as coordenadas planas

X_i, Y_i : coordenadas da imagem

a_1, a_2, T_x, a_3, a_4 e T_y : são os parâmetros responsáveis pela relação dos dois sistemas.

Argumenta-se sobre a equação acima que a entrada dos dados são as coordenadas da imagem (L,C) e a saída as coordenadas UTM (E,N). Para obter o resultado em pixel é preciso inverter os dados da equação tendo como entrada as coordenadas planas e saída as da imagem, como mostra a equação.

$$X_i = a_1 E_1 + a_2 N_1 + T_x$$

$$Y_i = a_3 E_1 + a_4 N_1 + T_y$$

As equações abaixo apresenta a transformação afim capaz de corrigir quaisquer distorções sejam elas provocadas pela escala, deslocamento, rotação de "skew" inerente entre a imagem e o mapa.

$$X = a_0 + a_1 L + a_2 C + a_3 L^2 + a_4 LC + a_5 C^2 + a_m C^n$$

$$Y = b_0 + b_1 L + b_2 C + b_3 L^2 + b_4 LC + b_5 C^2 + b_m C^n$$

No momento da distribuição dos pontos na imagem inicia-se a correção geométrica no software (SPRING). Onde o programa consegue calcular as fórmulas citadas, validadas pelo Método Paramétrico, separando as observações que são os pontos de controle dos parâmetros.

2.1 Área de Estudo

A área de estudo apresenta coordenadas geográficas entre 51° 00' 00" a 45° 54' 43,17"

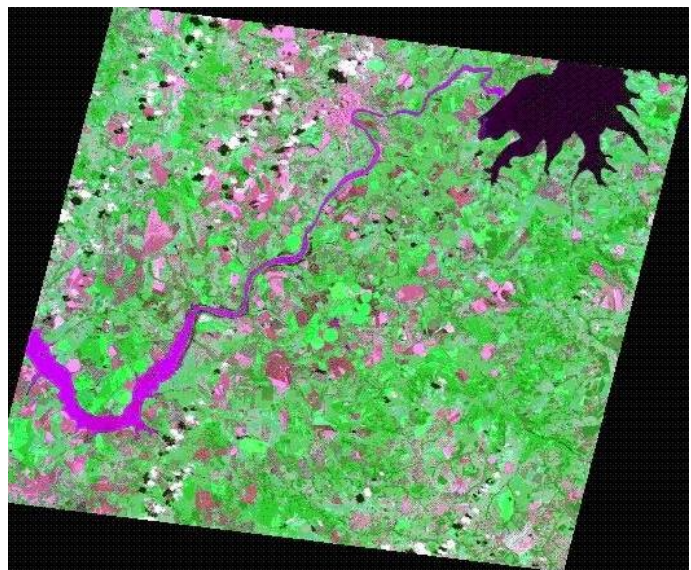


Fig.1-Imagem CBERS-2/CCD, sem correção

de longitude oeste e $20^{\circ} 04' 14,63''$ a $16^{\circ} 56' 19,26''$ de latitude sul, localiza a cidade de Itumbiara Goiás adquirida através do satélite CBERS-2/CCD, com imagens das bandas 2,3 e 4 como mostra a figura 1 (RGB).

2.2 Processamento

Para o registro da imagem foram determinados nove pontos a formar a matriz de saída da imagem que são as coordenadas planas, sendo as coordenadas de pixel a matriz de entrada.

Com a finalidade de exemplificar os cálculos efetuados no software SPRING quando executado um georreferenciamento, foi trabalhado os mesmos no programa MATLAB que é viável ao ajustamento, propício ao processo estatístico de distribuição de erros. Em função desta proposta segue a demonstração dos cálculos (v. Anexo).

3 RESULTADOS

A imagem corrigida (figura 2) permite que as feições imagens e vetores possam ser sobrepostas corretamente, isto mostra que as distorções foram minimizadas.

Após a análise dos erros de cada ponto individualmente, aplica-se a transformação na imagem original, apresentando uma nova imagem, corrigida segundo a projeção cartográfica a partir do qual foram obtidos os pontos de controle.

Essa correção será visualizada após o processo de reamostragem em que o valor dos Níveis de Cinza (NC's) da imagem corrigida será calculado a partir dos (NC's) da imagem original, esses valores digitais serão transferidos para as novas posições. Entretanto um pixel da nova imagem pode situar-se entre vários pixels da imagem original e estes valores são encontrados com a reamostragem por interpolação podendo ser realizado dentre as três formas, o Vizinheiro mais próximo, Bilinear e Convolução Cúbica.



Fig.2-Imagem CBERS-2/CCD, com correção

4. CONCLUSÃO

Partindo dos resultados obtidos, conclui que o processo da transformação geométrica proporcionou que a imagem adotasse aspectos cartográficos que ajudam a determinar mais corretamente a localização de certos objetos na imagem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, A. F. B.; *Sensoriamento Remoto II*. UFPR. Disponível em: <http://www.geomatica.ufpr.br>

Crósta, A. P.; *Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto*. Edição revista, Campinas-SP, IG/UNICAMP, 170p,1993.

Dalmolim, Q. *Ajustamento por Mínimos Quadrados*. Curitiba: Ed. UFPR,2002.

Gemael, C. *Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas*. Curitiba; Ed.UFPR, 1994.

Anexo:

```

%Programa para Transformação AFIM%
%ENT. Matriz de Entrada-Coord. Instrumental 1 %
%SAI. Matriz de Saida-Coord. Fiducial 1%
%A. Matriz dos Parâmetros %
%L. Matriz das Observações %
%X. Matriz dos Valores Procurados %
%n. Número de marcas fiduciais %
%NP - Número de Ponto de Entrada %
%pix- valor do pixel %
clear
pix=20;
n=9;
NP=9;

ENT=[1      222      1033;
      2        435      1988;
      3        227      1549;
      4         797       843;
      5        1128       386;
      6        1503       241;
      7         304      1137;
      8         467      1594;
      9          91      1065;]

SAI=[ 1  689147.5      7692552.6;
      2  708296.5      7958329.0;
      3  699524.4      7962445.8;
      4  685345.2      7951090.9;
      5  676254.6      7944468.1;
      6  673289.9      7936955.9;
      7  691231.3      7960956.1;
      8  700319.2      7957698.7;
      9  689799.2      7965281.7;]

I=1;
P=2;
%Montagem da matriz A%
for j=1:n
A(I,1)=ENT(j,2);
A(I,2)=ENT(j,3);
A(I,5)=1;
A(P,3)=ENT(j,2);
A(P,4)=ENT(j,3);
A(P,6)=1;
I=I+2;
P=P+2;
end

I=1;
P=2;

%Montagem da Matriz L%

for j=1:n
L(I,1)=SAI(j,2);
L(P,1)=SAI(j,3);
I=I+2;
P=P+2;
end

X=inv(A'*A)*(A'*L)
I=1;
P=2;

%cálculo do residuo %

for j=1:n
LB(I,1)=X(1,1)*ENT(j,2)+X(2,1)*ENT(j,3)+X(5,1);
LB(P,1)=X(3,1)*ENT(j,2)+X(4,1)*ENT(j,3)+X(6,1);
I=I+2;
P=P+2;
end
V=LB-L

I=1;
P=2;
for j=1:n
res(j,1)=SAI(j,1);
res(j,2)=V(I,1);
res(j,3)=V(P,1);
P=P+2;
I=I+2;
end

for j=1:n
%calculo do erro raiz(vx^2+vy^2)%
erro(j,1)=ENT(j,1);
erro(j,2)=sqrt(res(j,2)^2+res(j,3)^2);

```

```

%transformação do erro em pixel (vx/pixel) (vy/pixel)
pixel(j,1)=ENT(j,1);
pixel(j,2)=res(j,2)/pix;
pixel(j,3)=res(j,3)/pix;

%erro total em pixel =erro/pixel%
errototal(j,1)=ENT(j,1);
errototal(j,2)=erro(j,2)/pix;
end

for j=1:NP
    P=2;
    trans(j,1)=ENT(j,1);
    trans(j,2)=X(1,1)*ENT(j,2) +X(2,1)*ENT(j,3)+X(5,1);
    trans(j,3)=X(3,1)*ENT(j,2)+X(4,1)*ENT(j,3)+X(6,1);
end

trans

res

erro

pixel

erro total

ENT =

1         222         1033
2         435         1988
3         227         1549
4          797          843
5        1128          386
6        1503          241
7          304         1137
8          467         1594
9           91         1065

Matriz das Coordenadas UTM (notação científica 106)
SAI =

1.0e+006 *

1    0.6891    7.6926
2    0.7083    7.9583
3    0.6995    7.9624
4    0.6853    7.9511
5    0.6763    7.9445
6    0.6733    7.9370
7    0.6912    7.9610
8    0.7003    7.9577
9    0.6898    7.9653

Valores dos parâmetros foram obtidos usando a fórmula,
E= a1Xi + a2Yi + Tx
N= a3Xi + a4Yi + Ty
X = (AT.A)-1.(AT.L)

1.0e+006 *

0.0000
0.0000
0.0001
0.0001
0.6685
7.7783
Resíduo Desordenado

V = Lb - L

0.0001
1.9195
-0.0003
0.2518
-0.0004
-0.3573
0.0001
-0.2298
-0.0004
-0.1934
0.0002
0.1491
0.0001
-0.5964
0.0006
-0.0274
0.0000
-0.9162

Valor Calculado

```

trans =

1.0e+006 *

1	0.6892	7.8845
2	0.7083	7.9835
3	0.6995	7.9267
4	0.6854	7.9281
5	0.6762	7.9251
6	0.6733	7.9519
7	0.6912	7.9013
8	0.7004	7.9550
9	0.6898	7.8737

(V) Resíduo em Matriz Ordenado

res =

1	0.0001	1.9195
2	-0.0003	0.2518
3	-0.0004	-0.3573
4	0.0001	-0.2298
5	-0.0004	-0.1934
6	0.0002	0.1491
7	0.0001	-0.5964
8	0.0006	-0.0274
9	0.0000	-0.9162

Análise dos Erros para cada ponto de controle individualmente.

erro =

1	1.9195
2	0.2518
3	0.3573
4	0.2298
5	0.1934
6	0.1491
7	0.5964
8	0.0274
9	0.9162

Erro em Pixel

pixel =

1	0.0006	9.5977
2	-0.0015	1.2590
3	-0.0020	-1.7867
4	0.0005	-1.1488
5	-0.0022	-0.9668
6	0.0009	0.7457
7	0.0004	-2.9819
8	0.0032	-0.1371
9	0.0000	-4.5811

Erro total em pixel

errototal =

1	9.5977
2	1.2590
3	1.7867
4	1.1488
5	0.9668
6	0.7457
7	2.9819
8	0.1371
9	4.5811