

EMPREGO DE TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS PARA CORREÇÃO E REGISTRO DE COORDENADAS DE DADOS VETORIZADOS

Jesus Fernando Mansilla Baca
Centro Nacional de Pesquisa de Solos - EMBRAPA Solos
Rua Jardim Botânico 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro
CEP 20400-000, Tel. (021) 2744999 r 238,
e-mail: jesus@cnps.embrapa.br

Resumo

O emprego de computadores na confecção de Documentos Cartográficos (mapas, cartas, plantas, etc.) tem feito que sejam revistas as metodologias empregadas para a elaboração de tais documentos. A cartografia está empregando variadas metodologias que vão de procedimentos totalmente automatizados até os totalmente manuais com a digitalização em prancheta dos documentos digitais.

Uma das metodologias é a totalmente automatizada, a qual a partir de um arquivo "raster" o qual é conseguido pelo emprego do "escaner" sobre uma carta em papel ou vegetal, seguidamente é feita um processamento digitais de imagens sobre tal arquivo para fazer a "separação de cores ou temas" e limpar e até corrigir os dados "raster", para finalmente aplicar algoritmos de software que automaticamente transfere a informação "raster" para "vetorial". Após esta etapa devem realizar-se correções de distorções e o registro de sistema de coordenadas e sistema de projeção do documento original. Esta ultima etapa é feita aplicando-se diversos algoritmos matemáticos e com diversos resultados aqui pretende apresentar-se uma nova metodologia que emprega técnicas geoestatísticas (krigeagem) para realizar estas etapas de correções de distorções e o registro de coordenadas. Considerando que a qualidade da informação cartográfica digital deve ser um dos objetivos a ser alcançados traduzindo a produção de documentos com qualidade e exatidão que é exigência de todo trabalho cartográfico é que o objetivo é apresentar este novo enfoque empregando métodos geoestatísticos.

Abstract

The employment of computers in the making of Cartographic Documents (maps, charts, plants, etc.) has been doing that the methodologies maids are reviewed for the elaboration of such documents. The cartography is using varied methodologies that are totally going of procedures totally automated to the manuals with the digitalization on the table of the cartographic documents.

One of the methodologies is totally the automated, which starting from a file "raster" which it is gotten by the employment of the "scanner" on a chart in paper or vegetable, following is made a images processing on such a file to do the "separation of colors or themes" and to clean and until correcting the data "raster", for finally to apply software algorithms that automatically transfers the information "raster" to "vector". After this stage they should take place geometric corrections and the registration of system of coordinates and system of projection of the original document. This last stage is made being applied several mathematical algorithms and with several resulted here we intend to come a new methodology that uses technical geostatistical (kriging) to accomplish these stages of corrections and the registration of coordinates. Considering that the quality of the digital cartographic information should be one of the objectives to be reached translating the production of documents with quality and accuracy that it is demand of every cartographic work is that the objective is to present this new focus using the geostatistical methods.

Fundamentação Teórica

Os métodos geoestatísticos ou estatísticas espaciais apresentam um forte embasamento teórico da estatística tradicional (univariada) a qual se tem agregado duas componentes importantes: sua localização geográfica e sua dependência espacial. Foi Krige (1951) que trabalhando com ouro concluiu que trabalhando somente com a variância não poderia explicar o fenômeno estudado pelo que considerou que deveria também empregar-se a distância entre as amostras, dali o cunho no nome das técnicas geoestatísticas de Krigeagem. Os trabalhos de Krige serviram para que Matheron (1963, 1971) desenvolve-se a "teoria das variáveis regionalizadas".

O conceito "da variável regionalizada" é chave na geoestatística, que segundo Blais e Carlier (1968), é uma função numérica com distribuição espacial que varia de um ponto a outro com continuidade aparente, cujas variações não podem ser representadas por funções matemáticas simples.

A teoria das variáveis regionalizadas pressupõe que a variação de uma variável pode ser expressa pela soma de três componentes (Burrough, 1987): a) uma componente estrutural, associada a um valor médio constante ou a uma tendência constante; b) uma componente aleatória, espacialmente correlacionada; e c) um ruído aleatório ou erro residual.

Uma ferramenta da geoestatística é a variografia, que permite construir um modelo estatístico que descreva a variabilidade espacial do problema estudado. Também com a variografia realiza-se o análise da continuidade espacial, a qual condiciona os resultados da krigagem.

A "krigagem" é outro método geoestatístico que permite estimar (interpolarm) o valor da variável em estudo a partir dos dados disponíveis. Um valor de uma variável Z_0 é estimado por uma combinação linear de n valores Z_i ($i=1, 2, \dots, n$) valores conhecidos. A "krigagem" é um filtro "passa-baixa", o qual tende a suavizar os detalhes e os valores extremos.

Desenvolvimento Prático

Como exemplo de desenvolvimento consideremos o quadriculado de uma carta como é mostrado na Figura 1, está é uma imagem em formato vetorial a qual estão associados coordenadas UTM e também as correspondentes coordenadas físicas da imagem da imagem.

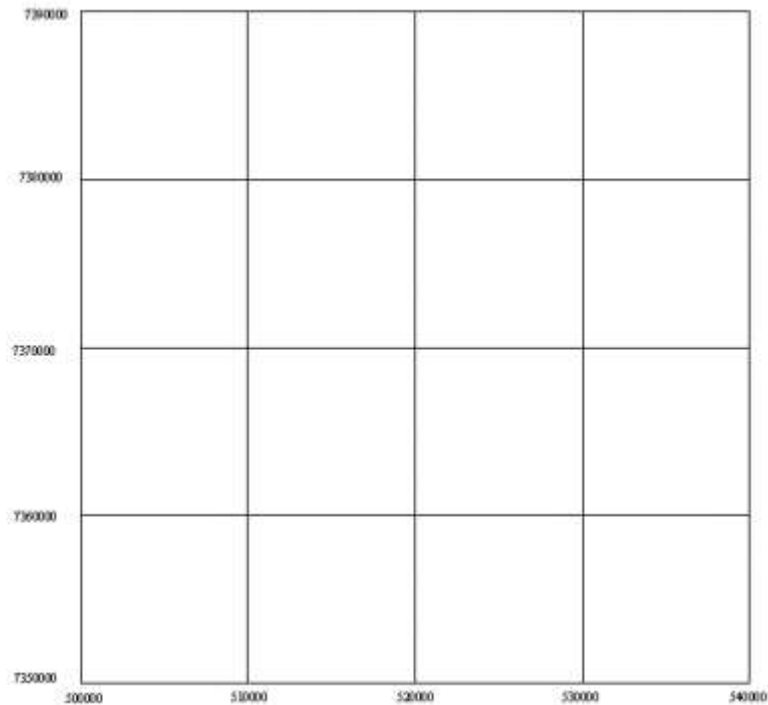


Figura 1. Imagem do Quadriculado de uma parte de uma carta UTM

Esta imagem após "escaneada" como apresentada na Figura 2, sofre as seguintes distorções

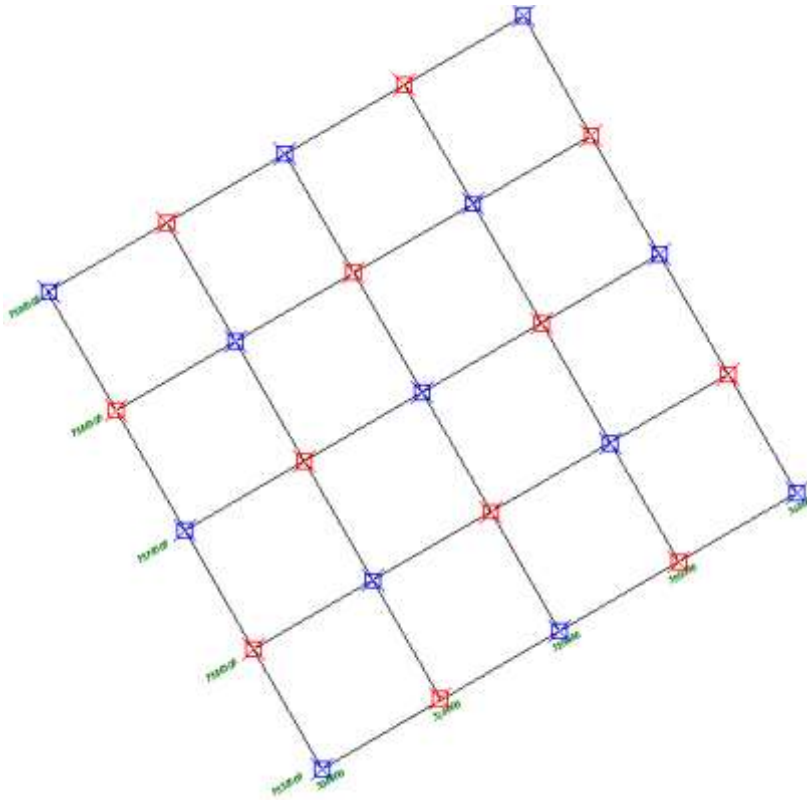


Figura 2 Imagem do quadriculado após o processo de escaneamento

1. Rotação de todo o conjunto da imagem, produto da posição da carta no momento de ser scaneada.
2. Traslção de toda a imagem .
3. Pode sofrer variações de escala em diferentes regiões, produto das distorções do material da carta, do dispositivo ótico do scanner, etc.

Esta imagem após o processo de vetorização automática pode ser representada por um conjunto de pontos que formarão as linhas do quadriculado (Figura 2).

A proposta parte deste momento e consiste em após o processo de vetorização escolher um conjunto de pontos de controle como mostrados na Tabela 1.

X	Y	Este	Norte
300,0000	100,0000	500000,0000	7350000,0000
473,2051	200,0000	520000,0000	7350000,0000
646,4102	300,0000	540000,0000	7350000,0000
336,6025	236,6025	510000,0000	7360000,0000
509,8076	336,6025	530000,0000	7360000,0000
200,0000	273,2051	500000,0000	7370000,0000
373,2051	373,2051	520000,0000	7370000,0000
546,4102	473,2051	540000,0000	7370000,0000
236,6025	409,8076	510000,0000	7380000,0000
409,8076	509,8076	530000,0000	7380000,0000
100,0000	446,4102	500000,0000	7390000,0000
273,2051	546,4102	520000,0000	7390000,0000
446,4102	646,4102	540000,0000	7390000,0000

Tabela 1 Pontos de Controle

Cada uma destas linhas nesta tabela correspondem respectivamente as coordenadas arbitrárias X e Y de cada ponto escolhido após o processo de vetorização e suas respectivas coordenadas UTM (Este e Norte). Estes pontos na Figura 2 aparecem com símbolo cor azul.

Com estes dados objetiva-se determinar as coordenadas UTM dos outros pontos com símbolo cor vermelho. Para tal procede-se com os dados dos pontos de controle (Tabela 1) realizar dois (2) processos de "krigeagem" considerando em cada um deles como coordenadas de posição respectivamente as coordenadas X e Y, tendo como dado em cada processo Este e Norte respectivamente.

Neste exercício cumprem-se os dados em estudo são variáveis que sua característica é a variabilidade espacial. As coordenadas geográficas ou planas são as que permitem relacionar posições no espaço dos diferentes objetos geográficos. As variáveis em estudo (coordenadas) tem uma irrestrita continuidade espacial, e também sua variação é praticamente linear nas suas diferentes direções, pelo que o estudo da sua variabilidade empregando variografia pode ser dispensado. Ou seja a variabilidade através de uma direção não apresenta grandes variações.

Esta característica isotrópica das coordenadas permite empregar um modelo omnidirecional para determinar o alcance, patamar e "efeito pepita".

O resultado deste processo é a criação de duas superfícies Figuras 3 e 4. Estas duas (2) superfícies servem para interpolar os valores das coordenadas UTM dos outros pontos objetivo do presente trabalho apresentado na Tabela 2. Observe-se nas Figuras 3 e 4 como as curvas formadas (isolinhas) apresentam-se formando retas na parte central da figura e com curvas deformadas nos limites, que nos mostram que para efeitos de interpolação que estamos interessados devemos trabalhar considerando esta característica.

Estos processos de "krigeagem" requerem de parâmetros que são obtidos através do análise de variabilidade espacial com o emprego dos variogramas, além disso é necessário indicar o tamanho da grades. Neste exercício trabalhou-se com grades de 50x50 e 500x500. Nos microcomputadores este processamento leva máximo 2 ou 3 minutos num Pentium 333 MHz com 64 Mb de RAM. Em computadores menos potentes este tempo deve aumentar, porém como a tendência decrescente dos preços destes equipamentos isto já não resulta maior problema.

O processo de estimação de coordenadas após de obter-se a superfície de "krigeagem" é feito com rotinas que interpolam os valores empregando os valores estimados de "krigeagem".

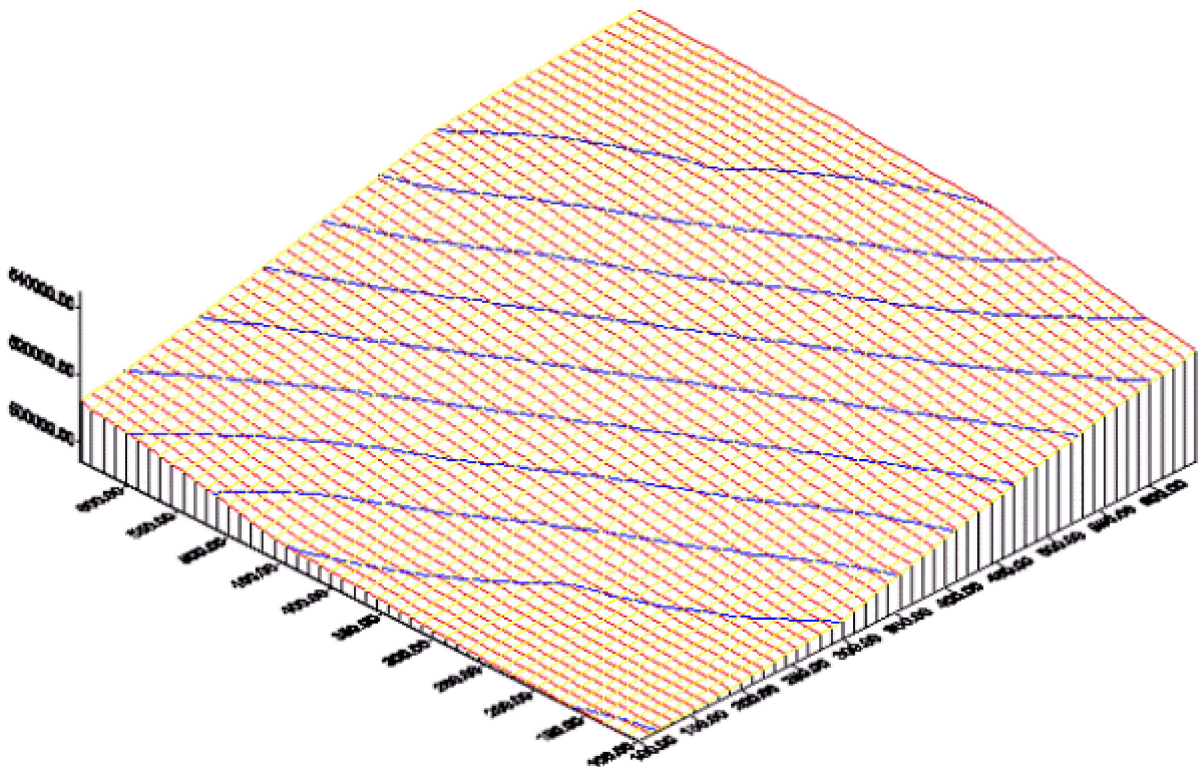


Figura 3 Superfície resultado da Krigeagem da coordenada Este

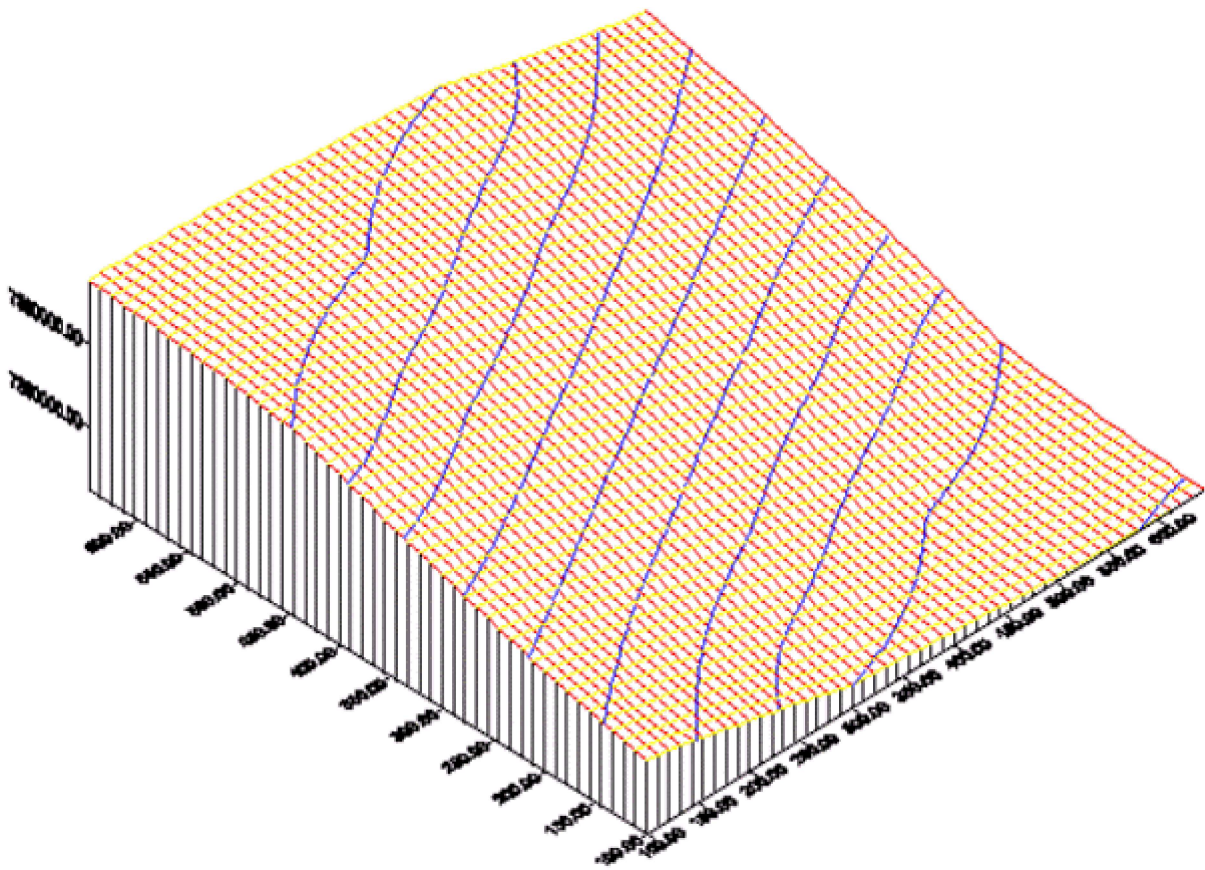


Figura 4 Superfície resultado da Krigagem da coordenada Norte

Ponto Cont.	X	Y	Grade de 50		Grade de 500		Limite
			Este	Norte	Este	Norte	
Cont.	300,0000	100,0000	500.042,0	7.350.040,0	500.016,0	7.350.020,0	L
	386,6025	150,0000	509.891,0	7.350.880,0	509.887,0	7.350.870,0	L
Cont.	473,2051	200,0000	519.999,0	7.350.100,0	520.000,0	7.350.010,0	L
	559,8076	250,0000	530.109,0	7.350.880,0	530.114,0	7.350.870,0	L
Cont.	646,4102	300,0000	#####	#####	#####	#####	L
	250,0000	186,6025	500.872,0	7.359.890,0	500.872,0	7.359.890,0	L
Cont.	336,6025	236,6025	509.964,0	7.359.970,0	509.997,0	7.360.000,0	
	423,2051	286,6025	520.000,0	7.359.620,0	520.000,0	7.359.620,0	
Cont.	509,8076	336,6025	530.034,0	7.359.970,0	530.003,0	7.360.000,0	
	546,4102	386,6025	535.697,0	7.362.330,0	535.697,0	7.362.330,0	L
Cont.	200,0000	273,2051	500.098,0	7.370.000,0	500.011,0	7.370.000,0	L
	286,6025	323,2051	509.624,0	7.370.000,0	509.624,0	7.370.000,0	
Cont.	373,2051	373,2051	520.000,0	7.370.000,0	520.000,0	7.370.000,0	
	459,8076	423,2051	530.376,0	7.370.000,0	530.377,0	7.370.000,0	
Cont.	546,4102	473,2051	539.902,0	7.370.000,0	539.989,0	7.370.000,0	L
	150,0000	359,8076	500.872,0	7.380.110,0	500.872,0	7.380.110,0	L
Cont.	236,6025	409,8076	509.966,0	7.380.030,0	509.997,0	7.380.000,0	
	323,2051	459,8076	520.000,0	7.380.380,0	520.000,0	7.380.380,0	
Cont.	409,8076	509,8076	530.036,0	7.380.040,0	530.003,0	7.380.000,0	
	496,4102	559,8076	539.128,0	7.380.110,0	539.128,0	7.380.110,0	L
Cont.	100,0000	446,4102	500.041,0	7.389.960,0	500.015,0	7.389.980,0	L
	186,6025	496,4102	509.891,0	7.389.120,0	509.887,0	7.389.130,0	L
Cont.	273,2051	546,4102	520.001,0	7.389.900,0	520.000,0	7.389.990,0	L
	359,8076	596,4102	530.109,0	7.389.120,0	530.113,0	7.389.130,0	L
Cont.	446,4102	646,4102	#####	#####	#####	#####	L

Nota : ##### = Valor super dimensionado (infinito).

Tabela 2 Resultados dos processos de estimação (interpolação) de coordenadas:

Na Tabela 2, apresentam-se os pontos de controle assim como os pontos a serem interpolados, mostra-se também os pontos que formam o limite da área trabalhada e pode observar-se o seguinte :

1. As interpolações são mais próximas dos valores verdadeiros dentro da área de trabalho. Toda a região limite apresentará interpolações menos próximas dos valores esperados.
2. Os resultados de interpolação apresentam melhores resultados quando a grade é maior, neste exercício foram feitas duas grades de 50x50 e 500x500, sendo que os resultados de interpolação foram melhores na grade de 500x500.
3. Alguns pontos apresentarão resultado infinito, produto da posição do ponto no vértice da grade.

Conclusões

1. A Krigagem é uma poderosa ferramenta da geoestatística que permite ser empregada no processo correção e registro de coordenadas geográficas e planas.
2. As técnicas geoestatísticas permitem associar o erro de cada dado interpolado tendo-se desta maneira uma forma de saber a qualidade do trabalho executado. Isto é uma característica muito importante destes métodos diferentes de outros que não apresentam nenhuma forma para conhecer a qualidade da informação produzida.
3. Os resultados alcançados não são de ótima qualidade, no entanto como uma ferramenta de fácil uso e de rápida aplicação.
4. A partir dos resultados apresentados pode verificar-se que um bom plano de trabalho incidirá na qualidade da informação produzida. Pontos de Controle limitados apresentarão resultados de menor qualidade, portanto um estudo preliminar da densidade de pontos de controle é recomendável para obter informação com qualidade.
5. Os pontos de controle nas regiões limites da área de trabalho não asseguram uma boa interpolação devido a que os valores estimados é o resultado de uma somatória do produto de pesos calculados para os dados com os respectivos valores da variável em estudo e estes apresentam-se escassos em forma omnidirecional.