

AS FUNÇÕES DE BASE RADIAL PARA INTERPOLAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS

Jorge Kazuo Yamamoto *

* Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada, IG-USP.

Um grande número de funções de interpolação, comumente utilizadas para interpolação de dados geológicos, pertence a uma importante classe de funções de interpolação, denominadas funções de base radial. Segundo Beatson & Newsan (1992), a função F da forma:

$$F = \sum_{i=1}^n c_i \cdot \phi(x - x_i) \quad (1)$$

é chamada função de base radial com centros em $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, onde ϕ é uma função radial simétrica em \mathbb{R}^n .

As escolhas mais comuns para as funções base (ϕ), segundo Beatson & Newsan (1992), são:

- linear: $\phi(x) = |x|$
- cúbica: $\phi(x) = |x|^3$
- multiquádrica: $\phi(x) = \sqrt{|x|^2 + C^2}$
- splines: $\phi(x) = |x|^2 \log|x|$

onde: $|x|$ denota norma ou módulo de um vetor em \mathbb{R}^n .

Além destas funções, pode-se incluir as funções variograma, cujas formas mais comuns são:

- esférico $\phi(x) = C_0 + C \left[1.5 \frac{|x|}{a} - 0.5 \left(\frac{|x|}{a} \right)^3 \right]$
- exponencial $\phi(x) = C_0 + C \left[1 - \exp^{-|x|/a} \right]$
- gaussiano $\phi(x) = C_0 + C \left[1 - \exp^{-(|x|/a)^2} \right]$
- transitivo
$$\begin{cases} \phi(x) = C_0 + b|x| & |x| < a \\ \phi(x) = C_0 + C & |x| \geq a \end{cases}$$

As funções de base radial encontram-se representadas na Figura 1.

Distâncias normalizadas devem ser consideradas, principalmente quando se trabalha com coordenadas numericamente grandes (sistema UTM), pois as funções de base radial são invariantes ao escalamento.

Os coeficientes da função de base radial $\{c_i, i=1,n\}$ são determinados pela resolução de um sistema linear de equações:

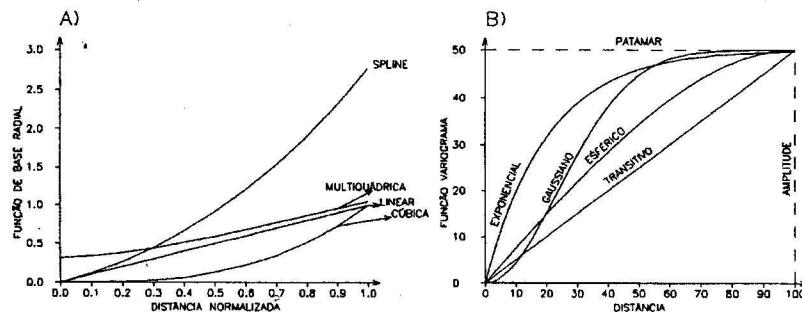


Figura 1: Funções base mais comuns, para distâncias normalizadas (A) e funções variograma (B).

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathcal{O}(x_1 - x_1) & \mathcal{O}(x_1 - x_2) & \cdots & \mathcal{O}(x_1 - x_n) \\ \mathcal{O}(x_2 - x_1) & \mathcal{O}(x_2 - x_2) & \cdots & \mathcal{O}(x_2 - x_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathcal{O}(x_n - x_1) & \mathcal{O}(x_n - x_2) & \cdots & \mathcal{O}(x_n - x_n) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

que substituído em (1) resulta em (3):

$$F = [\mathcal{O}(x - x_1) \ \mathcal{O}(x - x_2) \ \cdots \ \mathcal{O}(x - x_n)] \begin{bmatrix} \mathcal{O}(x_1 - x_1) & \mathcal{O}(x_1 - x_2) & \cdots & \mathcal{O}(x_1 - x_n) \\ \mathcal{O}(x_2 - x_1) & \mathcal{O}(x_2 - x_2) & \cdots & \mathcal{O}(x_2 - x_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathcal{O}(x_n - x_1) & \mathcal{O}(x_n - x_2) & \cdots & \mathcal{O}(x_n - x_n) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{bmatrix}$$

que é conhecido em geoestatística como sistema dual (Galli et al. 1984). A única diferença para o sistema de krigagem ordinária é a condição de restrição, que faz com que a soma dos ponderadores determinados seja igual a um. Esta condição também está presente nas funções de base radial e foi denominada por Foley (1992) como restrição da precisão constante. A inclusão desta condição implica na adição do termo constante à equação, ou seja:

$$F = \sum_{i=1}^n c_i \mathcal{O}(x - x_i) + a_0 , \quad (4)$$

As funções base mais comuns em geologia foram consideradas para um estudo comparativo para interpolação de dados de elevações de terreno. Estas funções foram: splines, multiquádricas e a função variograma.

Para esse fim, foi selecionada uma área de estudo de 4 x 4 km, onde foram amostrados 145 pontos de dados, com os quais foram obtidos os respectivos modelos digitais de terreno, apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.

As superfícies assim obtidas foram comparadas com a superfície de referência interpolada a partir dos pontos de digitalização de todas as curvas de nível (13.576 pontos). Os resultados foram lançados em diagramas de validação cruzada e as dispersões em torno das primeiras bissetrizes foram medidas. Assim, as funções de base radial foram classificadas em ordem decrescente de precisão: 1) splines; 2) multiquádricas; e 3) krigagem ordinária. Pode-se concluir que as funções de base radial, com o uso de funções núcleo multiquádrico e spline, apresentaram as melhores respostas. Os resultados produzidos pela krigagem ordinária foram prejudicados pela presença do efeito pepita, que promoveu um deslocamento das curvas de nível das suas posições reais, embora a superfície resultante tenha sido suave e contínua.

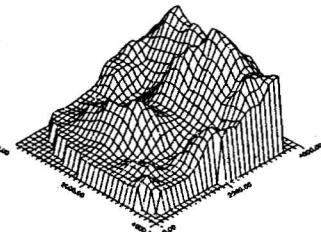
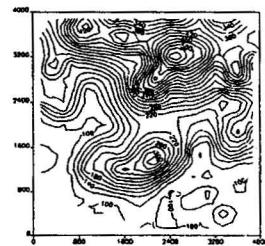


Figura 2 - Superfície resultante com spline de placa delgada.

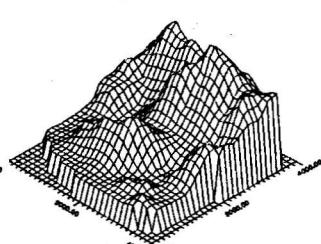
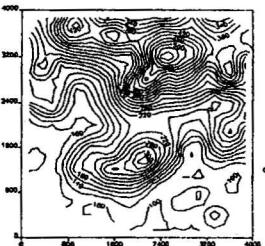


Figura 3 - Superfície multiquádrica.

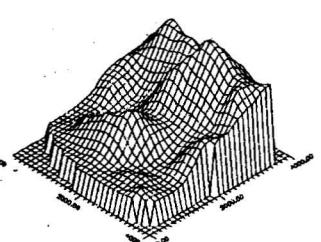
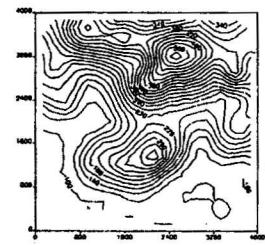


Figura 4 - Superfície gerada pela krigagem ordinária, com base em modelo de variograma esférico ($C_0=1200$; $C=9800$; $a=2100m$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEATSON, R.K. & NEWSAN, G.N. 1992. Fast evaluation of radial basis functions: I. Comput. Math. Applic., 24(12):7-19.

FOLEY, T.A. 1992. The map and blend scattered data interpolationm on a sphere. Comput. Math. Applic., 24(12):49-60.

GALLI, A.; MURILLO, E.; THOMANN, J. 1984. Dual kriging - its properties and its uses in direct contouring. In: Verly, G. et al. (eds) Geostatistics for natural resources characterization. Part 2, p. 621-634.

KRIGAGEM INDICATIVA APLICADA PARA CLASSIFICAÇÃO PROBABILÍSTICA DO ÍNDICE RESISTÊNCIA DOS SOLOS (SPT) DA ÁREA URBANA DE BAURU - SP

José Ricardo Sturaro

Departamento de Geologia Aplicada - IGCE/UNESP

Paulo Milton Barbosa Landim

Departamento de Geologia Sedimentar - IGCE/UNESP

Jorge Paulo Peres

Pós-graduando em Geociências e Meio Ambiente - IGCE/UNESP

INTRODUÇÃO

A maioria de variáveis geotécnicas, que demandam uma grande quantidade de trabalhos "in situ", estão sujeitas a uma determinada imprecisão.

Devido a esta imprecisão, a utilização destas variáveis para cartografia geotécnica, onde as informações são interpoladas e extrapoladas, pode resultar em cartas com enorme propagação de imprecisões, resultantes não só dos ensaios que são relativamente expeditos, como também pelos métodos convencionais empregados para avaliação de unidades geotecnicalemente homogêneas.

Diante deste quadro, sugere-se neste trabalho, o emprego da técnica geostatística da krigagem indicativa, para classificação probabilística de intervalos da variável geotécnica, expedientemente obtidas.

Para exemplificar o uso desta técnica geoestatística, utilizou-se uma base de dados elaborada por Sturaro (1994), de índices de Resistência à Penetração (SPT), obtidos em sondagens de simples reconhecimento, efetuadas na área urbana da cidade de Bauru - SP