

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Caracterização geométrica do espaço de variância de campos magnéticos de nuvens magnéticas usando análise de componentes principais

Sarah de Paula Santos*
 Rafael Prata de Souza*
 Rosemeire Aparecida Rosa Oliveira†
 Arian Ojeda González†¹
 Marcos William da Silva Oliveira*²

*Instituto Federal de São Paulo, IFSP, câmpus S. J. Campos, SP

†Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, IP&D-UNIVAP, S. J. Campos, SP

Nuvens magnéticas (MC) consistem de um subconjunto das ejeções de massa coronal interplanetárias (ICME), são observadas por diferentes satélites no vento solar e apresentam propriedades peculiares utilizadas em sua identificação [1]. As MC são eventos muito geofetivos causadores de tempestades geomagnéticas que perturbam os sistemas de corrente ionosféricos e magnetosféricos [2, 3]. Por isso, estudar e aprimorar os conhecimentos sobre esse fenômeno é de grande interesse.

Dentre as maneiras de analisar esse fenômeno, ocorrem a modelagem analítica de topologia simples, permitindo ajustá-lo a dados experimentais [1]. Dai, modela-se uma nuvem magnética ideal como um cilindro, no qual sua seção transversal representa o plano de máxima variância do vetor campo magnético $B \in \mathbb{R}^3$ e o vetor $n \in \mathbb{R}^3$ normal a este plano (direção de mínima variância) corresponde ao eixo da nuvem.

Para estimativa de n , aplica-se o método da mínima variância (MVA) em observações de B , obtidas via satélite. Baseado em [5], o MVA visa transformar o sistema de coordenadas de tal forma que um dos eixos do novo sistema seja definido pela direção de mínima variabilidade conjunta dos dados. Assim, denotando o conjunto de observações por $\{B^{(i)}\}_{i=1}^N$, o método determina n no qual $\{B^{(i)} \cdot n\}_{i=1}^N$ possui mínima variância. Assim, tomam-se $|n| = 1$ e $\langle \cdot \rangle$ como operador média e minimiza-se a equação

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B^{(i)} \cdot n)^2 - (\langle B^{(i)} \cdot n \rangle)^2, \quad (1)$$

Com a minimização da Equação (1), obtém-se a variância na seguinte forma

$$\sigma^2 = k_1^2 \lambda_1 + k_2^2 \lambda_2 + k_3^2 \lambda_3, \quad (2)$$

¹ojeda.gonzalez.a@gmail.com

²oliveiramw@ifsp.edu.br

sendo $k_j = n \cdot x_j$, x_j autovetor e correspondente λ_j autovalor da matriz de covariância de $\{B^{(i)} \cdot n\}_{i=1}^N$, para $j = 1, 2, 3$.

Neste trabalho, busca-se estudar a aplicabilidade do método MVA a dados do campo magnético da nuvem obtidos por satélites. Para tanto, faz-se o desenvolvimento teórico da aplicação e analisam-se as propriedades geométricas da Equação (2).

O estudo proposto consiste da caracterização de um *espaço de variância* que, baseado em [4], define-se como o lugar geométrico das soluções x_j para a Equação (2), sob a condição $|n|^2 = k_1^2 + k_2^2 + k_3^2$. Portanto, obtém-se $\sigma_j = \sqrt{\lambda_j} k_j$ e

$$\frac{\sigma_1^2}{\lambda_1} + \frac{\sigma_2^2}{\lambda_2} + \frac{\sigma_3^2}{\lambda_3} = 1. \quad (3)$$

Finalmente, a Equação (3) define o espaço de variância como um elipsóide. Os eixos principais estão na direção dos autovetores ortogonais dois a dois entre si, cujos comprimentos são $\sqrt{\lambda_1}$, $\sqrt{\lambda_2}$ e $\sqrt{\lambda_3}$. A distância ao longo da direção escolhida arbitrariamente no espaço de variância, desde a origem até a interseção da linha radial ao longo da direção da superfície do elipsóide, representa o desvio padrão da componente do campo magnético ao longo da direção escolhida [4]. Assim, a aplicabilidade do MVA a dados reais é estudada sujeita às características geométricas de um elipsóide e, conseqüentemente, às relações entre os autovalores λ_1 , λ_2 e λ_3 em (3).

Agradecimentos

S.P.S. é bolsista PIBIFSP e R.A.R.O., bolsista PROSUP-CAPES, e agradecem o apoio.

Referências

- [1] L. Burlaga, E. Sittler, F. Mariane and R. Schwenn, Magnetic loop behind an interplanetary shock; Voyager, helios, and imp 8 observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Wiley Online Library, v. 86, n. A8, p. 6673-6684, 1981.
- [2] E. Echer, M. Alves and W. Gonzalez, A statistical study of magnetic cloud parameters and geoeffectiveness. *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics*, v. 67, n. 10, p. 839-852, 2005.
- [3] W.D. Gonzalez and B.T. Tsurutani, Criteria of interplanetary parameters causing intense magnetic storms ($Dst < -100nT$). *Planetary and Space Science*, v. 35, n. 9, p. 1101-1109, 1987.
- [4] B. U. Ö. Sonnerup and M. Scheible, Minimum and Maximum Variance Analysis, In: *Analysis Methods for Multi-Spacecraft Data* / Götz Paschmann and Patrick Daly (eds.). ISSI Scientific Reports Series, ESA/ISSI, v. 1, p. 185-220, 1998.
- [5] D. S. Wilks, *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Academic Press San Diego, 1995.