

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Análise de séries temporais estocásticas do tipo $1/f$ via *Gradient Pattern Analysis*

Marco Antônio de Ulhôa Cintra¹

Laboratório de Física e Astronomia, UNIVAP, São José dos Campos, SP

Francisco Carlos Rocha Fernandes²

Laboratório de Física e Astronomia, UNIVAP, São José dos Campos, SP

Reinaldo Roberto Rosa³

Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada, INPE, São José dos Campos, SP

O *Gradient Pattern Analysis* - GPA é uma técnica que permite estimar as propriedades do padrão do campo gradiente de uma grade numérica de pontos (por exemplo, uma matriz). Originalmente representado em um espaço de duas dimensões (2D) [4] [5]. Também pode ser adaptado para séries de dados unidimensionais [1]. Estudos anteriores [1] mostraram, a partir de uma perspectiva de desempenho matemático e computacional, as vantagens do GPA sobre o uso de técnicas desenvolvidas a partir do espectro de potências. Seu maior desempenho provém da sua maior eficiência na caracterização de similaridades e variabilidades em séries temporais não estacionárias e curtas ($\simeq 10^2$ pontos). Neste trabalho, aplicou-se o GPA a séries temporais estocásticas, do tipo $\frac{1}{f^k}$, $k \in 0, 1, 2$. Obteve-se os valores de G_A (*Gradient Asymmetry Coefficient*) canônicos gerados por ruídos branco (*White Noise*), rosa (*Pink Noise*) e vermelho (*Red Noise*). Os valores obtidos pela análise via GPA, considerando os devidos desvios, evidenciam a robustez da técnica para caracterização dos diferentes padrões de ruídos do tipo $\frac{1}{f^k}$. Resultados preliminares, apresentados na Figura 1, mostram que a análise via GPA permite diferenciar significativamente os padrões de ruído de cada série temporal estocástica para maiores escalas (L1 a L6). A partir da escala L7, considerando as barras de erro crescentes, verifica-se uma superposição das medidas de G_A . Para cada escala o coeficiente de assimetria gradiente G_A é o valor médio, exceto para L1 (série única e completa). A partir destes resultados preliminares discutimos a eficiência desta técnica para identificação de processos estocásticos, em geral, observados em diversos sistemas físicos, químicos e biológicos. A aplicabilidade do GPA para séries temporais mais curtas é discutida, considerando sua sensibilidade para detectar assimetrias no campo gradiente de séries temporais compostas por um número de medidas da ordem de 10^2 pontos. Além disso, discute-se como aprimorar as análises, principalmente considerando a ampliação da amostra de séries temporais, além de outros refinamentos tanto na técnica como em modelos de sinais para validação dos processos físicos adjacentes. A caracterização, via GPA, dos padrões de variabilidade das séries temporais referentes

¹marcoantoniocintra@gmail.com

²guga@univap.br

³reinaldo@lac.inpe.br

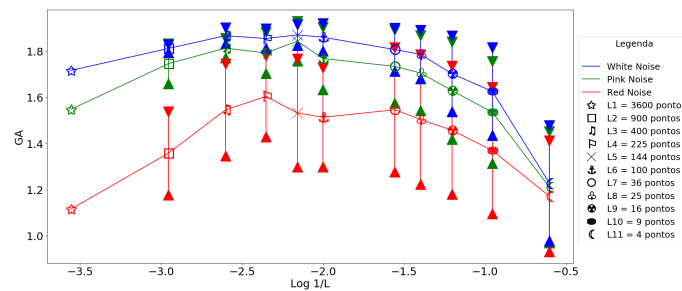


Figura 1: Gráfico $\log 1/L \times GA$. Análise via GPA de 3 séries temporais estocásticas (*White Noise*, *Pink Noise* e *Red Noise*), para escalas de L1 a L11 pontos, sendo L o número de pontos de cada matriz quadrada gerada a partir da série temporal.

aos diferentes tipos de ruído analisados neste trabalho, será utilizada para investigar a caracterização e o comportamento de radioemissões solares em ondas métricas, como as tempestades de ruído [3] registradas pelos espectrógrafos da rede e-CALLISTO [2]. Cintra agradece à CAPES pela bolsa de Mestrado e à UNIVAP; Fernandes agradece à FAPESP (Proc. 2017/02806-3) e ao CNPq (Bolsa PQ, Proc. 311376/2015-0); e Rosa agradece à FAPESP (Projeto Temático Proc. 2014/11156-4).

Referências

- [1] A. T. Assireu, R. R. Rosa, N. L. Vijaykumar, J. A. Lorenzzetti, E. L. Rempel, F. M. Ramos, L. D. Abreu Sá, M. J. A. Bolzan and A. Zanandrea, Gradient pattern analysis of short nonstationary time series: an application to Lagrangian data from satellite tracked drifters, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 168–169:397–403, 2002. DOI: 10.1016/S0167-2789(02)00527-4.
- [2] A. O. Benz, C. Monstein, H. Meyer, P. K. Manoharan, R. Ramesh, A. Altyntsev, A. Lara, J. Paez and K. -S. Cho, A World-Wide Net of Solar Radio Spectrometers: e-CALLISTO, *Earth, Moon and Planets*, 104:27–285, 2009. DOI: 10.1007/s11038-008-9267-6.
- [3] K. Kai, D. B. Melrose and S. Suzuki. Storms. In D. J. McLean and N. R. Labrum (Eds.), *Solar radiophysics: Studies of emission from the sun at metre wavelengths*, Chapter 17, pp. 415-441. Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [4] R. R. Rosa, A. S. Sharma and J. A. Valdivia, Characterization of Asymmetric Fragmentation Patterns in Spatially Extended Systems, *International Journal of Modern Physics C*, 10:147–163, 1999. DOI: 10.1142/S0129183199000103.
- [5] R. R. Rosa, R. R. de Carvalho, R. A. Sautter, P. H. Barchi, D. H. Stalder, T. C. Moura, S. B. Rembold, D. R. F. Morell and N. C. Ferreira, Gradient Pattern Analysis Applied to Galaxy Morphology, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, sly054, 2018. DOI: 10.1093/mnrasl/sly054.