

Espectro-gradiente de Séries Temporais Curtas

Murilo da S. Dantas¹, Reinaldo R. Rosa¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Caixa Postal 12.227-010 – São José dos Campos – SP – Brasil
{murilo.dantas,reinaldo}@lac.inpe.br

Resumo. Neste trabalho estudamos uma nova metodologia para análise de séries temporais curtas. A importância de ferramentas e metodologias de análise dessas séries é crescente, devido aos diversos percalços de coleta de amostras, às vezes inerente ao problema, como calibração de sensores, falha de instrumentos de medidas operando com alta resolução e alta sensibilidade, etc. Além disso, existe a motivação de estudo dos regimes envolvidos em pequenos trechos da série temporal para a caracterização de padrões de variabilidade não-linear no tempo e domínios subjacentes. Conjugando as técnicas da decomposição por ondeletas e análise de padrões-gradientes, este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma metodologia capaz de analisar uma série dita curta ($N < 10^4$, onde N é o número de pontos da série) e classificá-la de acordo com regimes não-lineares conhecidos, tidos como canônicos, organizados em três grandes grupos: puramente estocásticos, puramente determinísticos e híbridos.

1. Introdução

Uma série temporal (ST) é uma coleção de observações coletadas sequencialmente ao longo do tempo (Morettin e Toloi, 2004). Nas últimas três décadas várias metodologias estatísticas têm sido desenvolvidas com o objetivo de analisar a variabilidade complexa de sinais obtidos a partir do registro e simulação, de alta resolução, nos domínios temporal, espacial e espectral. É usual interpretar como variabilidade complexa regimes de variação que compreendem irregularidades e tendências nas amplitudes, além de persistência, antipersistência e intermitências no domínio temporal. Portanto, novas ferramentas e metodologias para análise de ST devem ter como finalidade auxiliar a caracterização de padrões não-lineares, em geral, associados à natureza da fonte responsável pela produção da variabilidade complexa observada.

2. Dados

Neste trabalho analisamos diversas ST obtidas através de: (i) estudos de casos, associados às variáveis ambientais, obtidas a partir de projetos vinculados ao INPE; e (ii) de experimentos computacionais e observacionais, representando diferentes padrões canônicos de variabilidades temporais (padrões estocásticos e determinísticos não-lineares).

2.1. Projeto Furnas

Os dados deste projeto estão disponibilizados na internet e compreendem séries temporais de diversas variáveis associadas ao sistema ambiental dos reservatórios de

Furnas. A descrição detalhada do projeto, dos dados e dos reservatórios pode ser encontrada no site: <http://www.dsr.inpe.br/projetofurnas/>



Figure 1: Sinal típico passível de análise, onde está evidente a falta de parte dos dados, além de possuir uma grande variabilidade complexa.

2.2. Séries Canônicas

Os dados ditos canônicos são obtidos através de simulação computacional de séries obedecendo à formulação matemática das mesmas. Dentre os modelos utilizados estão os de padrão estocástico (ruídos), padrões determinísticos (Mapa de Hénon, Kuramoto-Sivashinsky, Mapa Logístico, dentre outros) e padrões híbridos, que são sinais determinísticos, mas com alguma componente estocástica. Cada série analisada deve obedecer ao critério de diacidade, estabelecido pela técnica de decomposição wavelet discreta, e também ao critério de compor uma matriz quadrada ($N = l \times l$), estabelecido pela técnica do GPA.

3. Metodologia e Objetivos

Temos escolhido padrões de diferentes modalidades para testarmos a utilização do uso do Espectro-Gradiente na classificação de sinais de diversos tipos.

3.1. O que é o Espectro-Gradiente?

No escopo deste trabalho o espectro-gradiente é definido como um espectro do primeiro momento gradiente do sinal de entrada. Investigações recentes nos têm levado a estender esse conceito criando diversos tipos de espectros com a finalidade de caracterizar o padrão de variabilidade de uma ST usando decomposições por ondeletas e GPA.

3.2. Implementação computacional

O estudo computacional consiste na elaboração de um sistema, onde o usuário, através da técnica de Espectro-Gradiente, classifica o padrão de variabilidade de uma ST curta de acordo com o conceito de Distâncias de Espectros (Kullback, 1951, Torres et al., 2000). Com isso, o objetivo principal de nossa pesquisa é construir, testar e validar um classificador com as seguintes características:

1. Entrada da série com N pontos seguindo os critérios da decomposição diádica e mapeamento matricial;

2. Geração do Espectro-Gradiente;
 - a. Decomposição por ondeletas db8;
 - b. Obtenção do GPA1D de cada decomposição;
 - c. Geração do Espectro ($G_1 \times \log(f)$).
3. Classificação do sinal
 - a. Cálculo da Informação Mútua entre os Espectros-Gradientes do sinal genérico e dos canônicos.

4. Resultados Preliminares

Estamos obtendo resultados preliminares na diferenciação entre ruídos coloridos e turbulência (Rosa et al., 2007), onde conseguimos classificar um sinal de explosão solar como um sinal turbulento em detrimento de outros modelos com diferentes espectros de potência.

5. Discussões

No estágio atual deste projeto de pesquisa estamos trabalhando na procura de respostas para as seguintes questões:

- Será que a quantidade de pontos no Espectro-Gradiente (gerados pelo G_1 de cada decomposição) é suficiente para calcularmos a distância mútua de informação entre dois espectros?
- É necessário fazer uma interpolação para garantir a convergência da distância que classifica um dado padrão de variabilidade?
- Caso afirmativo, como estabelecer a melhor função interpoladora?
- Qual a melhor medida, envolvendo G_1 , extraída de cada decomposição representa um parâmetro robusto para a classificação proposta?
- A distância mútua de K-L é, de fato, a medida mais robusta para esta comparação espectral?

6. Referências

- Kullback, S., Leibler, R. A. On information and sufficiency. *Annals of Mathematical Statistics*, 22(1), p. 79-86, 1951.
- Morettin, P.A., Toloi, C.M.C. *Análise de séries temporais*. São Paulo: Edgar Blücher, 2004.
- Rosa, R.R., Karlick, M., Veronese, T.B., Dantas, M.S., Sawant, H.S., *Gradient Pattern Analysis of Short Solar Bursts*, *Advances in Space Research*, 2007 (accepted).
- Torres, M.E., Gamero, L.G. Relative complexity changes in time series using information measures. *Physica A*, 286, p. 457-473, 2000.