

APLICACIONES DE LA TRANSFORMADA WAVELET A SERIES DE DATOS NO EQUIESPACIADOS PROVENIENTES DE RADIOSONDEO

Walter Legnani, Leandro Ferreyra

Área de Matemática Aplicada - UDB Matemática.
Facultad Regional Buenos Aires - Universidad Tecnológica Nacional.
(C1179AAQ) Avda. Medrano 951. Buenos Aires, Argentina
e-mail: walter@cedi.frba.utn.edu.ar
e-mail: lferreyra@cedi.frba.utn.edu.ar

Alejandro Hayes, Maria Alicia Piñeiro

Área de Matemática Aplicada - UDB Matemática.
Facultad Regional Buenos Aires - Universidad Tecnológica Nacional.
(C1179AAQ) Avda. Medrano 951. Buenos Aires, Argentina
e-mail: halles@fibertel.com.ar
e-mail: mpineiro@lvd.com.ar

Palabras claves: Wavelet, Análisis Espectral, Series Temporales, Sensores Remotos

Resumen. *En el presente estudio se desarrolló un algoritmo de análisis espectral basado en la transformada wavelet discreta para un conjunto de datos no igualmente espaciados en el tiempo, provenientes de sensores de radio sondeo empleados en globos aerostáticos en la localidad de Lauder en Australia.*

1 INTRODUCCION

Para este trabajo se dispuso inicialmente de valores de densidad de ozono y de temperatura en función de la altura (en kilómetros) y el tiempo (en días). Las mediciones se realizaron mediante globos aerostáticos cuya frecuencia de lanzamiento fue altamente irregular, dependiendo dichos lanzamientos de numerosos factores ambientales y climáticos. Este hecho origina series temporales de datos con una frecuencia de adquisición variable, lo que torna complejo su análisis espectral debido a que la mayoría de los métodos se basan en series de datos igualmente espaciados [1].

Con las variables originales se conformaron dos matrices de datos en las cuales se tuvo registro de la evolución temporal, entre el 3/8/86 y el 23/3/00, y la estructura vertical, correspondientes a niveles de alturas desde 0,97 Km. hasta 29,77 Km. en intervalos de 0,3 Km., lo que conduce a matrices de 924 mediciones con 98 puntos en

altura cada una. Estas mediciones que se hallaban formadas por conjuntos de datos no igualmente espaciados en el tiempo, encontrándose el intervalo muestral acotado en un rango de 1 a 9 días.

2 PLANTEO DEL PROBLEMA

El análisis mediante la transformada wavelet clásica requiere que los datos estén muestreados con un intervalo constante [2], para ello fue necesario procesar los datos originales de tal manera de disponerlos de esta forma. A causa de la alta fluctuación de los datos originales se seleccionó un esquema de interpolación basado en los polinomios cúbicos de Hermite con el objeto de regularizar los intervalos temporales. De esta forma se generaron dos matrices de datos, derivados a partir de los medidos, con frecuencia de muestreo diaria constante. Tras este paso se contó con matrices de 98 niveles en altura por 4982 puntos en el tiempo.

Con el objetivo de detectar eventos y comportamientos que se destaquen respecto de lo conocido una vez que se dispuso de matrices con datos igualmente espaciados se procedió a calcular las anomalías respecto de los campos medios. Para ello fue necesario calcular el valor de un campo medio anual histórico para las matrices de ambas variables. Este campo de fondo se construyó a partir de promedios mensuales durante todo el período en análisis. De tal manera que las anomalías fueron el resultado de la diferencia de los datos interpolados con sus correspondientes campos medios. Con este paso se obtuvieron matrices de datos desestacionalizadas, esto significa que se les filtro las componentes de los ciclos anuales e interanuales mas intensas.

Con las matrices de anomalías de ambas variables se procedió a hacer un análisis espectral wavelet con el objetivo de detectar comportamientos a largo y mediano plazo [3], localizar eficientemente eventos en el plano tiempo - frecuencia para cada una de las variables. Además se buscaron relaciones entre ambas variables.

3 RESULTADOS

3.1 Detección de tendencias a largo plazo

Con el objeto de detectar comportamientos a largo plazo se procedió a realizar la descomposición de los datos procesados, según lo descrito arriba, para buscar en los niveles mas altos de análisis las posibles tendencias subyacentes en las series de datos.

A modo de ejemplo se muestra a continuación en las figuras 1 y 2 la tendencia detectada para la temperatura en dos alturas diferentes, una a 7 km. (correspondiente a un nivel de la troposfera) y otra a un nivel de 18.4 km. (ubicada en la estratosfera). De ellas se puede inferir que en los últimos 15 años ha habido un calentamiento en la troposfera, leve, y un enfriamiento en la estratosfera, mas intenso.

Estos resultados se obtuvieron empleando una mother wavelet de Daubechies 5 y realizando una descomposición con sus correspondientes reconstrucciones hasta el nivel 12 [4].

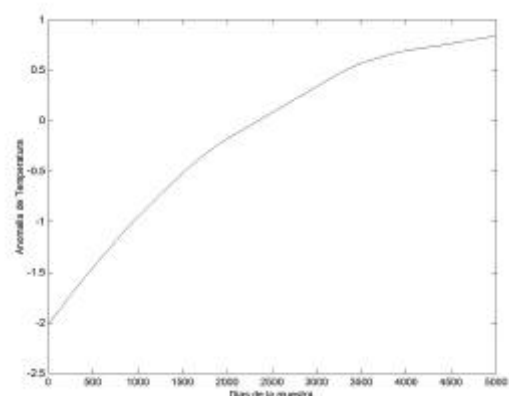


Figura 1
Temperatura 7 km. de altura
Análisis descomposición nivel 12
wavelet Daubechies 5

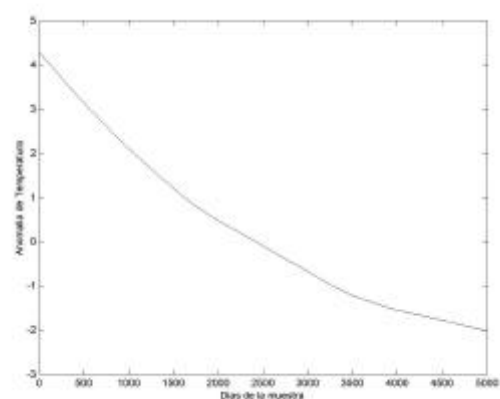


Figura 2
Temperatura 18.4 km. de altura
Análisis descomposición nivel 12
wavelet Daubechies 5

3.2 Potencia espectral wavelet - Análisis en el plano tiempo frecuencia

Para la localización de eventos en el plano tiempo frecuencia, no alcanza con la descomposición por separado de la señal mediante una dada transformada wavelet, sino que es necesario estudiar que sucede con la potencia espectral wavelet en dicho plano. A tales efectos se realizó el estudio antedicho sobre las mismas alturas analizadas previamente,

obteniéndose los resultados que se muestran en la figura 3.

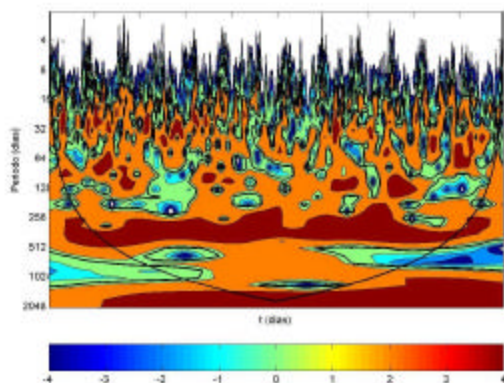


Figura 3
Espectro de potencia wavelet -Temperatura
7 km. de altura (Wavelet Daubechies 5)

En la figura 3 se observa claramente la presencia del ciclo anual representado por la banda de color bordo con un período cercano a los 365 días como era de esperarse, si bien a las matrices de datos se las desestacionalizó, existen fenómenos de largo término que aún quedan remanentes, y sin el filtrado de la etapa de preprocesado de los datos hubiese quedado enmascarado. La línea de color negro que se extiende a lo largo del gráfico de la figura 3 es el cono de influencia (COI) es la zona del gráfico por sobre la cual los picos de mayor intensidad espectral no son afectados por los efectos de borde. Mientras que por debajo de el los resultados son fuertemente influenciados por los extremos de la muestra. Además hay zonas del gráfico de la figura 3 que se hallan encerradas por líneas negras mas gruesas. Estas zonas son aquellas para las cuales un test de significación de chi cuadrado ha resultado estadísticamente significativo a un nivel del 95% respecto a un espectro de ruido blanco. Por otra parte en la región de períodos próximos a los 27 días se ha detectado la presencia de una intensa de actividad de ondas que llama poderosamente la atención por no encontrarse registro de ellas en la literatura.

4 CONSIDERACIONES FINAL

Como una de las consecuencias del trabajo se obtuvo un banco de herramientas de cálculo para análisis espectral avanzado aplicables a cualquier conjunto de datos, ya sean estos igualmente espaciados o no, habiendo sido la totalidad de las rutinas computacionales desarrolladas *ad hoc*.

Como resultados principales se pueden mencionar:

Se detectaron tendencias a largo plazo en diferentes niveles de la atmósfera sobre la localidad de Lauder.

Se encontraron correlaciones con alta significación estadística que vinculan el comportamiento de ambas variables para determinadas alturas.

Se formalizó una metodología de análisis cualitativa y cuantitativa para consolidar los estudios sobre el tan mentado cambio climático.

A modo de prueba de validación cualitativa de la metodología empleada se verificaron las estructuras verticales existentes en la atmósfera mediante una muy alta correlación entre niveles próximos (por ejemplo dos niveles cercanos de la estratosfera) respecto de dos niveles alejados, (por ejemplo un nivel en la troposfera y otro en la estratosfera). Además se detectó una señal subyacente en la banda anual que puede estar debida a fenómenos hasta el momento desconocidos. En la misma línea surgieron bandas de intensa actividad en regiones del espectro en las que no era de esperarse.

5 REFERENCIAS

- [1] Foufoula-Georgiou, E. and P. Kumar, "Wavelets in GeoPhysics". *Academic Press*, 373 pp., 1995.
- [2] Torrence, C and Compo, G. "A Practical Guide to Wavelet Analysis" *Bulletin of the American Meteorological Soc.* Vol. **79**, N° 1, 1998.
- [3] Gu, D., and S. G. H. Philander, "Secular changes of annual and interannual variability in the tropics during the past century" . *J. Climate*, **8**, 864-876., 1995.
- [4] Mallat, S., "A wavelet Tour of Signal Processing". *Academic Press*. 1999.