

UN NUEVO MÉTODO DE INTERPOLACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE CAMPOS ATMOSFÉRICOS Y OCEÁNICOS

Jorge Zavala-Hidalgo y Rosario Romero-Centeno
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, Ciudad Universitaria, Circuito exterior s/n, México,
D. F. 04510, Coyoacán, México
jzavala@atmosfera.unam.mx

RESUMEN

Diversos datos atmosféricos y oceánicos, por ejemplo los del NCEP/Reanálisis o los satelitales, están disponibles en mallas determinadas en posiciones y tiempos específicos, que en muchos casos no corresponden con las necesidades de los usuarios. Usualmente se realizan interpolaciones lineales en tiempo o espacio para estimar los valores deseados. Esta es una buena aproximación para fenómenos que se comportan como ondas estacionarias, pero para fenómenos energéticos que se mueven, como los frentes, los productos de interpolaciones lineales generan patrones irreales. La técnica de interpolación propuesta recupera adecuadamente fenómenos en movimiento. El método involucra la descomposición en funciones empíricas ortogonales complejas y la recuperación de los modos más importantes. Se muestran ejemplos con vientos y campos de presión en el Golfo de México.

INTRODUCCIÓN

Muchos productos geofísicos están disponibles con frecuencias y mallas determinadas. Ejemplos son los datos sinópticos, los datos del NCEP-Reanálisis y datos disponibles de modelos numéricos. Para algunas aplicaciones es deseable tener esos datos en frecuencias más altas o con mayor resolución espacial. Por ejemplo para el estudio de la circulación oceánica de fenómenos cercanos a las frecuencias inerciales e incluso en frecuencias más altas que las inerciales se requiere que los modelos numéricos de circulación oceánica sean forzados con campos de alta frecuencia que, en muchos casos, son obtenidos de modelos numéricos de circulación atmosférica, típicamente cada 6 horas. Estos campos comúnmente representan los valores de flujos superficiales como el esfuerzo del viento, la evaporación, la precipitación, y flujos de calor en fechas específicas. Los oceanógrafos usualmente interpolan linealmente estos campos en tiempo al paso de tiempo del modelo. Esta es una buena aproximación para características que se comportan como ondas estacionarias, es decir, que cambian su amplitud sin moverse, pero cuando hay características con un movimiento relativamente

rápido, como los frentes, los campos interpolados se comportan como fenómenos estacionarios duplicados, cambiando su amplitud en lugar de moverse. En este estudio se presenta una nueva técnica para la interpolación en tiempo y espacio de campos caracterizados por su movimiento. El método es probado utilizando datos sintéticos y vientos realistas cada 12 horas para construir campos cada hora. El método descompone los campos en funciones empíricas ortogonales con propagación que son utilizadas para interpolar en tiempo y/o espacio y finalmente los modos significativos son sumados.

METODOLOGÍA

El objetivo es llevar a cabo una buena interpolación en tiempo o espacio recuperando características en movimiento tales como frentes. Las funciones empíricas ortogonales extraen la información de un arreglo bidimensional $H=(h_{nm})$, donde H es una matriz con $N \times M$ elementos h_{nm} , y N y M son el número de puntos en el espacio y el tiempo respectivamente. Aplicando las funciones empíricas ortogonales complejas a H , esta es descompuesta en eigenmodos. Para una discusión extensa de funciones empíricas ortogonales complejas véase Preisendorfer (1988).

Los eigenmodos de H consisten de vectores complejos

$$T_i = (T_m) \text{ y } S_i = (S_n)$$

donde el vector S es la función espacial y T la función temporal. Por definición, cualquier número complejo se puede escribir como $C(x) = A(x)\exp[i\theta(x)]$, donde $A(x)$ es la amplitud o magnitud del vector y $\theta(x)$ es la fase. Utilizando esta identidad, las funciones espaciales y temporales pueden ser representadas como:

$$\begin{aligned} T(t) &= R(t)\exp(i\Phi(t)) \quad , \\ S(x) &= E(x)\exp(i\theta(x)) \quad . \end{aligned}$$

La parte real del producto (ST) está dada por

$$Re\{E(x)R(t)\exp[i(\theta(x) + \Phi(t))]\} = E(x)R(t)\cos[\theta(x) + \Phi(t)].$$

que representa el campo reconstruido, donde $E(x)$ es la variabilidad de la amplitud en el espacio asociada con un determinado eigenmodo y $R(t)$ es la amplitud de la función temporal. El término $[\theta(x) + \Phi(t)]$ representa la fase en una determinada posición y tiempo. Para una línea de fase constante, $\xi(x,t) = [\theta(x) + \Phi(t)]$ su diferencial está dada por

$$d\xi(x,t) = (\partial\theta(x)/\partial x)dx + (\partial\Phi(t)/\partial t)dt = 0$$

o reagrupando los términos

$$\partial x / \partial t = c = (\partial \Phi(t) / \partial t) / (\partial \theta(x) / \partial x)$$

Como la velocidad de fase es $c = \omega/k$, entonces

$$k = \partial \theta(x) / \partial x \quad y$$

$$\omega = \partial \Phi(t) / \partial t .$$

En nuestro caso, estamos interesados en los valores a diferentes tiempos que los muestreados pero en la misma ubicación, por lo tanto tomamos R y Φ en los tiempos de muestreo, los interpolamos a los tiempos deseados y sumamos cada modo.

Esta técnica puede ser aplicada a cualquier variable. En este caso se aplicó al esfuerzo del viento y al campo de presión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) *Onda*

b) *senoidal viajera*

Para ilustrar la metodología se descompone una onda senoidal en movimiento hacia la derecha, la cual es muestreada en su posición. Una interpolación lineal pesada estándar aplicada entre dos puntos de muestreo ejemplifica que la onda en el campo interpolado cambia de amplitud, se duplica y no se traslada en el espacio. Con el método aquí propuesto, la onda sí logra desplazarse (Fig. 1).

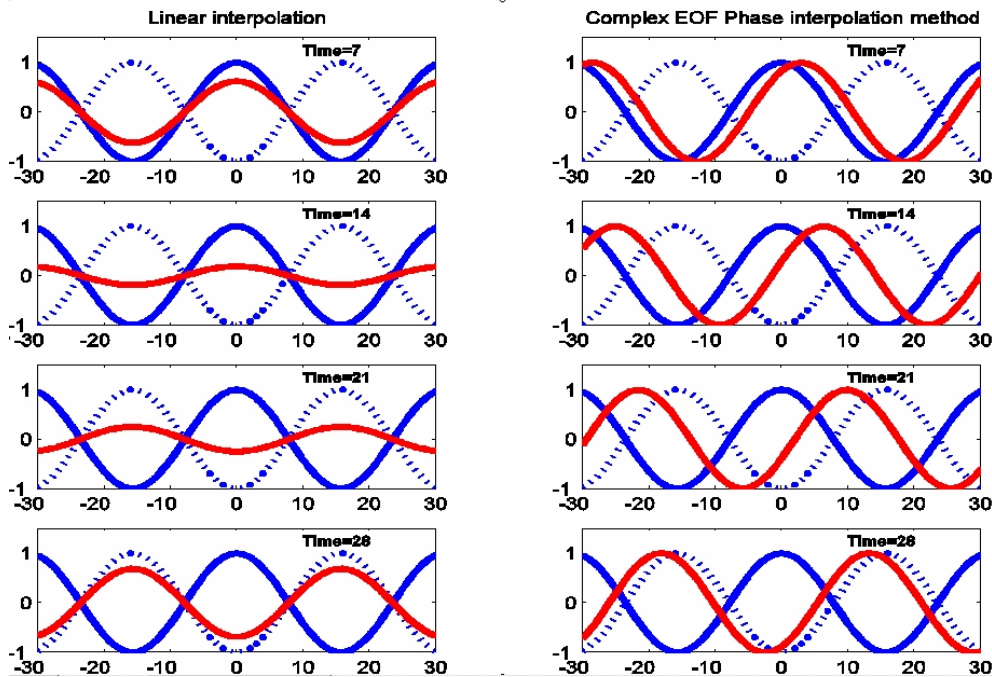


Figura 1. Onda muestreada en los puntos representados por la línea azul continua y la azul punteada. Interpolación lineal para distintos tiempos (izquierda), y utilizando funciones empíricas ortogonales complejas (derecha).

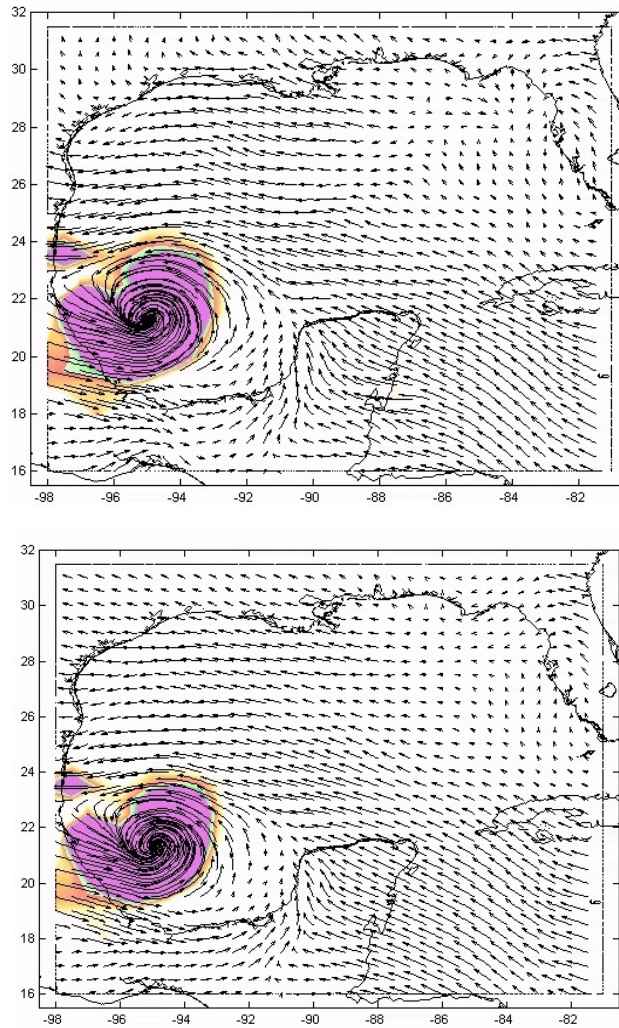


Figura 2. (Gráfica superior) Esfuerzo del viento de un producto híbrido de viento construido a partir del modelo ETA y de vientos del escaterómetro del QScat para el 4 de octubre de 2000. (Gráfica inferior) Reconstrucción del campo de viento para la misma fecha a partir de los primeros 20 modos.

c) Generación de campos de viento horarios

La misma técnica se aplica a vientos con un muestreo cada 12 horas de un producto híbrido que en forma objetiva usa vientos del satélite QuickSCAT y del modelo de mesoescala de la ETA.

El experimento muestra que al utilizar el método de interpolación basado en las funciones empíricas ortogonales complejas los resultados son altamente satisfactorios recuperando más del 90% de la varianza del campo original y características de distintas escalas (Fig. 2).

Se utilizaron campos de viento cada 12 horas y se realizó su descomposición en modos para reconstruir campos horarios. Aquí se muestra un ejemplo en el que se aprecia la recuperación de la posición de un frente durante el 8 de octubre de 2000 (Fig. 3).

CONCLUSIONES

El nuevo método para la interpolación en tiempo y espacio es aplicado a campos de viento y presión. Se muestra que al aplicarlo a una onda viajera el movimiento de la onda se recupera. También se muestra que la información de las funciones empíricas ortogonales puede ser utilizada para realizar una interpolación en tiempo. Los resultados utilizando vientos realistas muestran que es posible recuperar los campos observados, inclusive características de pequeña escala. Finalmente, se muestra que es posible recuperar características en movimiento e intercalarlas en tiempo adecuadamente.

BIBLIOGRAFÍA

Preisendorfer, R. W., Principal component analysis in meteorology and oceanography. Elsevier, 1988.

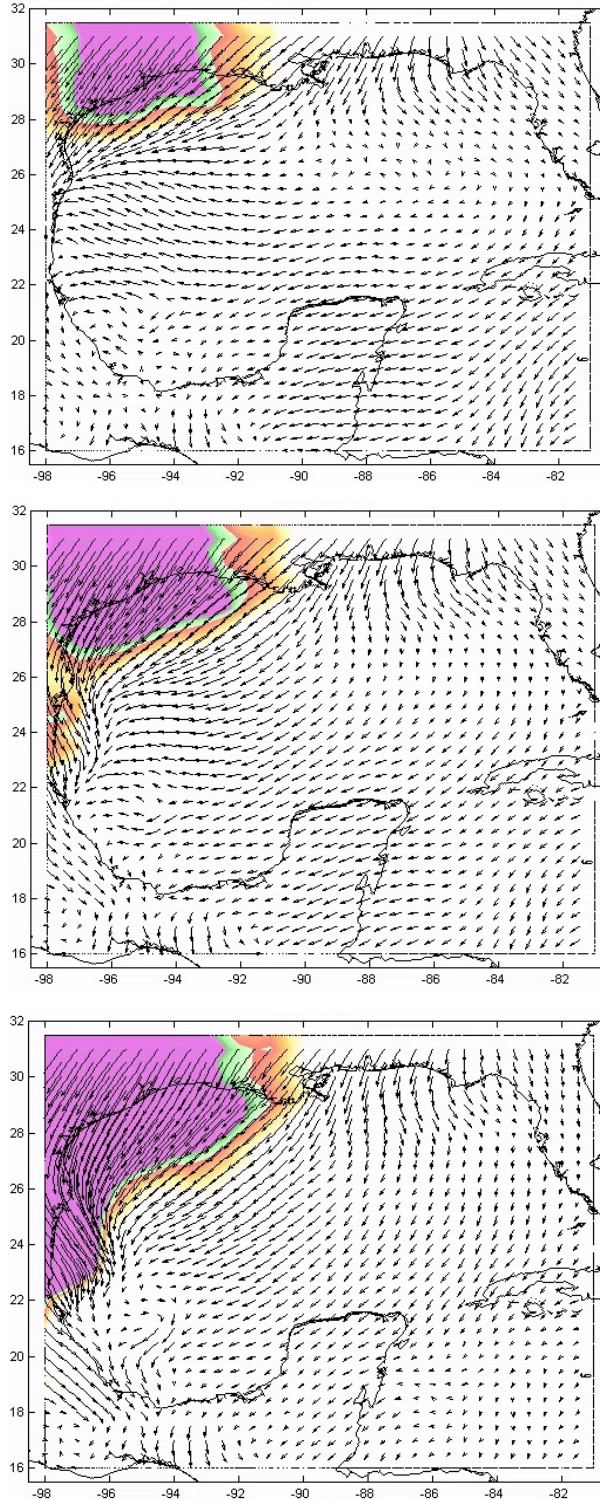


Figura 3. Reconstrucción horaria del campo de viento para el 8 de octubre de 2000 a partir de datos cada 12 hrs. A las 0:00 GMT (gráfica superior), a las 6:00 (gráfica intermedia) y a las 12:00 (gráfica inferior).