

Comunicación D-1

PROBLEMAS ACTUALES EN PREDICCIÓN NUMÉRICA DEL TIEMPO

Jean Pailleux

Météo-France

RESUMEN

Los modelos numéricos son muy útiles para las predicciones del tiempo a corto y a medio plazo. Sin embargo, todavía hay grandes variaciones en la calidad de la predicción, incluso a 1 ó 2 días, en el caso de que falten algunos fenómenos sinópticos importantes en la predicción del tiempo. Al analizar varios fallos de la predicción, se pueden encontrar diferentes explicaciones. La primera explicación es el estado inicial del modelo que puede que no sea lo suficientemente preciso. Otras explicaciones pueden ser la resolución demasiado escasa, unas carencias en la parametrización de algunos procesos físicos, o también la descripción insuficiente de alguna variable como la orografía. Se presentan algunas técnicas que ayudan a analizar los fallos de la predicción numérica.

1. Introducción

Los modelos numéricos para la predicción del tiempo se han utilizado aproximadamente desde 1970. Todas las verificaciones objetivas muestran que los modelos se mejoran continuamente. Un ejemplo es la evolución del error cuadrático medio del modelo global operativo de *Météo-France*, que se puede ver en la Fig. 1, para el campo de geopotencial a 500 hPa, desde abril de 1992 hasta julio de 1995. Las tres curvas presentan el error cuadrático medio filtrado de las variaciones anuales a un plazo de 24 h, 48 h y 72 h. Se puede ver una continua mejora en todos los plazos, que se aprecia especialmente a 72 h.

Sin embargo, hay grandes variaciones en la calidad de la predicción: el mismo modelo puede ser muy bueno un día y muy malo al día siguiente. También a dos o tres días de plazo, se pueden encontrar fallos de los modelos en los casos en los cuales falten algunos fenómenos sinópticos importantes. El ejemplo de actualidad en *Météo-France* al final del invierno 1995-96, es la tendencia del modelo operativo francés «ARPEGE» de predecir ciclogénesis intempestivas. A menudo, durante el invierno 1995-96, el modelo ARPEGE ha producido depresiones demasiado bajas o depresiones que no existían en la realidad.

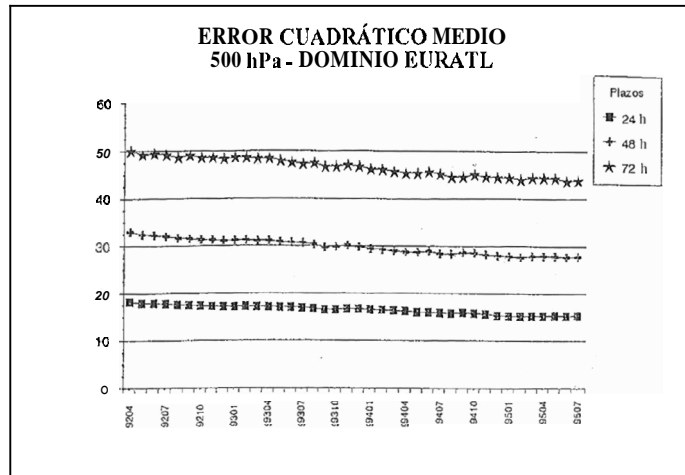


Fig. 1. Error cuadrático medio del geopotencial a 500 hPa previsto por el modelo operativo de Météo-France ARPEGE a un plazo de 24 h, 48 h y 72 h. Las tres curvas representan la evolución del error filtrado de las variaciones anuales desde abril de 1992 hasta julio de 1995, sobre Europa y el Atlántico

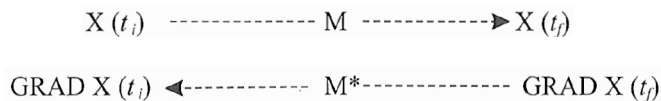
En el apartado 2, se discuten varios problemas que pueden explicar en general los fallos de los modelos. En el apartado 3, se analiza el ejemplo de las ciclogénesis intempestivas de ARPEGE y los estudios que han permitido corregir este problema.

2. Aspectos que explican los fallos de los modelos

2.1. Estado inicial

En Europa occidental, la predicción hasta tres días de plazo depende mucho del estado inicial (análisis) de la atmósfera sobre el Atlántico, donde hay pocas observaciones clásicas. A más de tres días de plazo, el análisis sobre el Pacífico es también muy importante para la predicción sobre Europa. Desgraciadamente, los sondeos son todavía mas escasos sobre el Pacífico que sobre el Atlántico. La consecuencia es que los problemas del estado inicial son responsables de muchos fallos de los modelos numéricos (más del 50% de los casos probablemente).

Pero cuando tenemos que analizar un fallo en lapredicción, es generalmente difícil decir cuál es el origen del problema. Hay una técnica especial para analizar la calidad del estado inicial: la ((técnicaadjunta)).El modelo adjunto se puede definir de la siguiente manera: si tenemos un modelo de predicción M, que lleva el estado de la atmósfera desde el tiempo inicial t_i hasta el tiempo final t_f , el modelo adjunto lleva los gradientes de cualquier función desde el tiempo final t_f hasta el tiempo inicial t_i .



Los gradientes representan la sensibilidad, por lo tanto el modelo adjunto nos permite calcular la sensibilidad de cualquier función característica de la predicción con respecto al estado inicial $X(t_i)$.

Con el modelo adjunto, se puede saber no solamente dónde están los campos sensibles en el estado inicial, sino tambien lo que se debe corregir en estos campos para mejorar la predicción. Más detalles se pueden encontrar en Rabier, Klinker y otros, 1994. Corrigiendo el análisis con esta técnica, examinando el nuevo estado inicial junto con la nueva predicción, es posible decir si un fallo en la predicción es debido a un proble-

ma de estado inicial, o a otra causa. Muy a menudo, en la práctica, el estado inicial explica solamente una parte del fallo de la predicción.

2.2 La resolución del modelo

Debido a las limitaciones del tamaño de los ordenadores que se utilizan, es imposible tener un modelo que describa todos los fenómenos interesantes e importantes de la atmósfera. Por lo tanto, hay casos de malas predicciones que son debidos al hecho de que el fenómeno interesante para la predicción no puede ser simulado por el modelo. Siempre es posible aumentar la resolución local de un modelo de área limitada, si se reduce al mismo tiempo el área cubierta por el modelo; pero haciendo esto, se pierde la posibilidad de describir bien las ondas largas. Una alternativa puede ser un modelo de resolución variable, como el modelo global operativo de *Météo-France*. Sin embargo hay también limitaciones en la utilización de un modelo de resolución variable.

2.3 La parametrización de los procesos físicos

Todos los fenómenos físicos que se desarrollan a una escala más pequeña que la resolución del modelo, no se pueden representar directamente en las ecuaciones del modelo. Los más importantes se representan de una manera simple que se llama «parametrización». Las carencias en las parametrizaciones físicas son a menudo responsables de las malas predicciones cuando hay un fenómeno muy importante que se desarrolla a pequeña escala. Un ejemplo típico es la convección, la cual es muy importante a baja latitud, y también sobre Europa en verano. En el caso del 22 de septiembre de 1993, el modelo ARPEGE predijo una depresión demasiado baja sobre las Baleares y el problema fue analizado como sigue:

- La técnica adjunta demostró que el problema no era debido a las condiciones iniciales.
- Un experimento demostró también que la parametrización de la convección fue la responsable de la mala predicción.

2.4 Las variables límites

Un modelo de predicción numérica depende de algunos campos constantes que describen:

- la orografía,
- las condiciones de la superficie (albedo, vegetación...),
- las condiciones de contorno (para un modelo de área limitada).

La orografía es muy importante para la predicción de algunos fenómenos. El problema de la representación de la orografía va muy unido al problema de la resolución, porque las montañas no se pueden representar con una resolución mejor que la del modelo.

En muchos casos, la predicción de un fenómeno (incluso a pequeña escala) depende mucho de las ondas largas y por lo tanto de las condiciones de contorno.

3. Las ciclogénesis intempestivas de ARPEGE en invierno 1995-96

• Varios experimentos numéricos muestran que estas ciclogénesis no son debidas a un problema de resolución o de difusión horizontal.

• Otros experimentos muestran que las condiciones iniciales son responsables de una parte importante del problema (la predicción se mejora mucho cuando se utiliza el análisis del Centro Europeo en vez del análisis ARPEGE); sin embargo, no es un puro problema de condiciones iniciales.

- Por fin, se puede demostrar que la asimilación ÁRPEGE tiene demasiado ruido, el cual no es filtrado ni por el modelo ni por su inicialización. En consecuencia, cuando se intenta filtrar más las condiciones iniciales (por ejemplo con los «filtros digitales» en lugar de la inicialización por «modos normales»), se mejora mucho la predicción.

4. Conclusión

En la mayoría de los casos, los fallos de los modelos numéricos se deben a una combinación compleja de problemas y no resulta fácil encontrar una sola causa. Sin embargo, una precisión insuficiente de las condiciones iniciales parece ser la responsable de muchos de los fallos. Además, hay técnicas especiales (como la técnica adjunta) para analizar las causas de los fallos del modelo. Analizando sistemáticamente los problemas se progresa, como se puede ver en la Fig. 1.

Referencias

Rabier: F.; E. Klinker; P. Courtier and A. Hollingsworth, 1994: Sensitivity of two-day forecast errors over the Northern hemisphere to initial conditions. ECMWF Tech. Memo. No. 203, available from ECMWF.