

perimentos de campo adicionales que conducirán a una mejora continua de la comprensión de los fenómenos meteorológicos en dicha área rica de terreno complejo.

Reconocimiento

En nombre del Servicio Meteorológico Nacional de la NOAA deseamos reconocer a nuestros socios del Apoyo Meteorológico Olímpico su apoyo y cooperación a lo largo de los años de planificación, culminando en el mejor apoyo meteorológico

posible a los Juegos de Invierno de 2002. Gracias a la KSL y a la Universidad de Utah.

Referencias

- HOREL, J., T. POTTER, L. DUNN, W. J. STEENBURGH, M. EUBANK, M. SPLITT y D. J. ONTON, 2001: Weather Support for the 2002 Winter Olympic and Paralympic Games. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, en imprenta.
- ROTHFUSZ, L. P., M. R. MCLAUGHLIN y S. K. RINARD, 1998: An overview of NWS weather support for the XXVI Olympiad. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 845-860.

El desarrollo de normas y/o prácticas y procedimientos recomendados en el campo de las tecnologías de producción de predicciones meteorológicas

157

Por A. I. BEDRITSKY*

La cuestión de los pronósticos y alertas meteorológicas para la seguridad de la vida y la propiedad se percibe en todos los países como una de las tareas principales de los Servicios Meteorológicos o Hidrometeorológicos Nacionales (SMN). Cada SMN tiene la infraestructura apropiada para llevar a cabo esta tarea, proporcionando un nivel de calidad internacionalmente normalizado en observaciones, proceso de datos e intercambio de información y productos. Las normas, prácticas y procedimientos recomendados se recogen en las *Reglamentaciones Técnicas* de la OMM (OMM-N.º 49) y en los *Manuales del Sistema Mundial de Observación, del Sistema Mundial de Proceso de Datos y del Sistema Mundial de Telecomunicación*.

Por lo que se refiere a la tecnología de predicción, no existen actualmente unas normas o prácticas y procedimientos recomendados que sean ampliamente reconocidos. El Capítulo A.2.1 de las *Reglamentaciones Técnicas* de la OMM sólo menciona las funciones de los centros meteorológicos, y el Capítulo A.2.2 sólo se refiere al análisis sinóptico y a las prácticas predictivas. El *Manual del Sistema Mundial de Proceso de Datos* (OMM-N.º 485) detalla procedimientos para controlar la calidad de los datos de observación, prácticas para la representación gráfica de datos y produc-

tos, y algunas otras sugerencias, pero no se ocupa de la tecnología de la predicción. Esto se debe a que en una etapa anterior tan solo el SMN emitía predicciones meteorológicas. Las técnicas de preparación de la predicción se limitaban sobre todo al análisis sinóptico y a la interpretación de observaciones de superficie y altitud a horas prefijadas y de datos climáticos en un territorio dado. Ahora esto ha cambiado. No son sólo los SMN los que difunden predicciones meteorológicas, sino que también lo hacen diversas entidades comerciales, entre ellas los medios de comunicación. Hay bastante variación entre la tecnología para la preparación de predicciones que tienen los SMN y la de las entidades comerciales, lo que influye en la calidad de dichas predicciones.

En 2001, en la sesión número 53 del Consejo Ejecutivo de la OMM, se le presentó al autor de este artículo un documento en el cual se proponía que la normalización y/o recomendación de prácticas y procedimientos meteorológicos para la preparación de predicciones meteorológicas en los SMN podría ser una forma de mejorar los servicios meteorológicos. El Consejo reconocía la importancia de adoptar normas y/o prácticas y procedimientos recomendados para la tecnología de predicción, y formatos internacionales para los textos de predicciones y alertas meteorológicas difundidas por los SMN. Se solicitaba que la Comisión de Sistemas Básicos estudiase este asunto con

* Representante Permanente de la Federación Rusa ante la OMM

vistas a dar los pasos necesarios para desarrollar recomendaciones acerca de estas prácticas y procedimientos (informe final abreviado de CE-LIII, párrafo 12.1.19). A continuación se presentan algunos enfoques posibles de este problema.

En la segunda mitad del siglo XX, la tecnología de predicción meteorológica sufrió un cambio dramático. Gracias a los progresos de la tecnología informática se lograron notables avances en el campo de la modelización hidrodinámica de la circulación global. Esto a su vez llevó a la creación de sistemas operativos para el análisis numérico y la predicción del tiempo. Dentro de la tecnología moderna de predicción que utilizan los SMN, la elaboración de predicciones numéricas y/o la utilización de sus resultados se ha convertido en un elemento importante, o incluso en el elemento principal de la preparación futura de predicciones meteorológicas finales. En otras palabras, este elemento tiene plena capacidad para formar parte de una norma o práctica recomendada para la preparación de una predicción meteorológica. Por añadidura, ahora ya es posible identificar una serie de funciones de los sistemas de predicción numérica que podrían ser descritas y adoptadas como procedimiento normalizado y/o recomendado. (El término "procedimiento" se refiere aquí a la descripción de funciones requeridas o deseables de un posible elemento de "modelo numérico" de una norma y/o práctica recomendada para la "técnica de preparación de la predicción meteorológica". En este artículo este término se usa sólo como aclaración). También es posible definir procedimientos generales para otros elementos posibles de la norma: la utilización de los productos resultantes de los modelos numéricos para la predicción física y estadística de elementos meteorológicos; la utilización de datos de satélites, de radar meteorológico y de observaciones intensivas; y el uso del análisis y métodos de predicción sinópticos.

Técnicas de predicción modernas

Hacia finales del siglo XX, los meteorólogos alcanzaron notables logros en la predicción de sistemas meteorológicos a gran escala. En muchos países se desarrollaron e introdujeron modelos hidrodinámicos de circulación atmosférica global, lo que hizo posible el cálculo anticipado de las condiciones atmosféricas con una antelación de cinco a siete días. Ya anteriormente, gracias a la estrecha cooperación internacional dentro de la OMM, se habían establecido redes de funcionamiento permanente para la observación global, las telecomunicaciones y el proceso de datos. Éstas eran el *sine qua non* para la producción de predicciones meteorológicas numéricas en los centros meteorológicos de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM).

Dependiendo de las necesidades, se han creado varios tipos de modelo para la predicción meteorológica numérica. Hay modelos mundiales, hemisféricos, regionales y a mesoescala. Las predicciones numéricas a medio plazo se formulan generalmente mediante el uso de modelos mundiales y hemisféricos. Las predicciones a corto plazo se calculan sobre la base de los modelos regionales y a mesoescala. Los modelos hidrodinámicos modernos, con la utilización de lo último en tecnología de proceso de datos y las posibilidades que ofrecen los ordenadores más potentes, hacen posible el cálculo anticipado no sólo de campos meteorológicos a gran escala, sino también a nivel local; en otras palabras, pueden elaborar una predicción de valores meteorológicos para cualquier punto de la Tierra. Aunque estas predicciones "automáticas" son algo menos precisas que las que producen los SMN, son igualmente distribuidas a los usuarios, principalmente por parte de estructuras comerciales.

No hay ninguna duda de que la capacidad de predecir el tiempo local de forma global y regional desde uno y/o varios centros, señala una nueva fase en el desarrollo de la VMM. Al mismo tiempo, esto puede tener un impacto serio en su futuro funcionamiento. Un ejemplo es la aparición de predicciones meteorológicas a medio y corto plazo difundidas por organizaciones comerciales sobre la base de predicciones "automáticas", que se difunden a través de Internet, la televisión internacional y otros medios de comunicación.

Según las *Reglamentaciones Técnicas* de la OMM (ver *Manual del Sistema Mundial de Proceso de Datos*, Vol. I), como ocurría anteriormente, las predicciones a corto y medio plazo deben producir las sólo los centros Meteorológicos Nacionales "por medio de la aplicación de métodos de interpretación objetiva o subjetiva a productos recibidos de Centros Meteorológicos Especializados Mundiales y Regionales, o por medio de la integración de modelos regionales utilizando condiciones de frontera...".

Es precisamente con estos métodos, a menudo denominados métodos informatizados, con los que los SMN predicen la meteorología a nivel local y los fenómenos meteorológicos especialmente peligrosos. En los últimos años, los SMN han reforzado el desarrollo de sistemas automáticos de seguimiento meteorológico utilizando información por satélite y radar, así como datos intensivos de observaciones meteorológicas ordinarias y estaciones automáticas. La utilización de estos sistemas permite a los meteorólogos de los SMN emitir predicciones a corto plazo más precisas y alertar de la posible aparición de fenómenos meteorológicos peligrosos a nivel local.

Al mismo tiempo, ni el *Manual* ni la *Guía del Sistema Mundial de Proceso de Datos* se refieren a la exis-

tencia de un mercado comercial para las predicciones a corto y medio plazo, ni al motivo por el que la difusión de estos pronósticos sigue siendo prerrogativa de los SMN. Aunque los motivos son muy claros para la comunidad meteorológica, sería útil que los grupos decisorios dispusieran de una lista de ellos en un documento internacional. El desarrollo y la adopción de normas y prácticas recomendadas para técnicas de predicción meteorológica y su aplicación por parte de los SMN de miembros de la OMM podría, a su vez, servir como garantía del nivel de calidad internacional de sus predicciones, e incrementaría el papel y la autoridad de los SMN. Al mismo tiempo, proporcionaría un incentivo a los meteorólogos de organizaciones comerciales para mejorar en sus habilidades y en el uso de técnicas modernas, y podría llevar a una colaboración más estrecha con las unidades operativas de predicción de los SMN.

Normas para las técnicas de predicción meteorológica

Puesto que las predicciones a corto y medio plazo se elaboran a partir de los resultados producidos por modelos hidrodinámicos de circulación atmosférica global, está claro que el factor principal en la elaboración de una norma y/o práctica recomendada deben ser primeramente las técnicas de predicción numérica. Sabemos que los sistemas de predicción numérica en tiempo real dependen de las características especiales de los modelos desarrollados, incluyendo su complejidad, su base de información, y también su soporte lógico y la configuración y potencia de los equipos informáticos utilizados. Existen diferencias entre las técnicas que se utilizan para producir predicciones en los distintos centros meteorológicos. Sin embargo, todos los sistemas automáticos de predicción numérica en tiempo real existentes incluyen las siguientes funciones:

- Recopilación de datos, que lleva a cabo el reconocimiento y almacenamiento de mensajes meteorológicos.
- Proceso de datos, que efectúa la descodificación de cada mensaje meteorológico, comprueba errores, garantiza el control de calidad, formatea los datos para el análisis y prepara bases de datos.
- Asimilación cuatridimensional y análisis objetivo de datos, que incluye:
 - Preparación de campos de fondo de predicción por medio de la asimilación intermitente o continua de datos.
 - Ajuste a múltiples niveles de una mezcla de observaciones (datos de superficie y altitud obtenidos por medio de métodos convencionales y no convencionales) para corregir el

campo de fondo de predicción y obtener una retícula o análisis espectral en un sistema normalizado de coordenadas.

- Inicialización del modelo de predicción, para suprimir las oscilaciones de alta frecuencia inercia-gravedad, incitadas por desequilibrios en los campos iniciales.
- Integración de un modelo de prognosis, que puede basarse o bien en ecuaciones hidroestáticas filtradas y primitivas, o en ecuaciones no hidroestáticas, inelásticas y totalmente comprimibles, por medio de una retícula de malla gruesa o fina, o por medio de una representación espectral.
- Obtención, a través de técnicas estadístico-dinámicas, de parámetros meteorológicos específicos, tales como temperatura, nubosidad y visibilidad, precipitación, etc.
- Post-proceso, que incluye:
 - Formateo digital de mensajes meteorológicos, por ejemplo observaciones, predicciones de viento y temperatura para la aviación, formateo de datos meteorológicos en los códigos GRID/GRAF o GRIB, y conversión de digital a análogo.
 - Formateo de información gráfica generada por ordenador para su presentación en dispositivos de presentación gráfica o para transmisiones digitales y por fax.

Estas funciones se perfilan de manera general en el párrafo 3.1.6 del Capítulo 3 de la *Guía del Sistema Mundial de Proceso de Datos* (OMM-N.º 305). Se pueden plantear como normas y/o prácticas recomendadas para un procedimiento de un elemento de predicción numérica.

Igualmente, podemos identificar procedimientos normalizados para otro elemento importante de las técnicas de predicción meteorológica: la utilización de información por satélite en la predicción meteorológica local, de datos de radar y de observaciones meteorológicas intensivas (incluyendo las que llevan a cabo las estaciones automáticas).

Junto con los procedimientos recomendados en la *Guía del Sistema Mundial de Proceso de Datos*, hay numerosas reglas que han establecido los SMN. Éstas han sido resumidas en las publicaciones nacionales correspondientes. Obviamente, se deben establecer y aplicar procedimientos normalizados que se ocupen de las especificidades regionales de los métodos de predicción, teniendo en cuenta las particularidades de las asociaciones regionales.

En muchos casos, también se puede caracterizar como un procedimiento normalizado el uso de las estaciones de trabajo automáticas por parte de los meteorólogos.

Al igual que en el pasado, el análisis y predicción sinópticos siguen siendo claramente un elemento importante en las técnicas de predicción meteorológica, permitiendo utilizar el conocimiento, experiencia, talento y cualidades individuales del meteorólogo. Es posible que, al actualizar y automatizar un gran número de procesos, se haga necesario corregir las normas existentes recogidas, como ya se ha mencionado, en el Capítulo A.2.2. de las *Reglamentaciones Técnicas* de la OMM.

En opinión del autor, una norma y/o práctica recomendada para la predicción meteorológica puede incluir una serie (o cadena) de elementos obligatorios y deseables representando las fases de la preparación de una predicción meteorológica. Cada elemento de tal práctica se podría describir por medio de un conjunto de normas y/o procedimientos recomendados.

Me gustaría enfatizar el objetivo de establecer una norma y/o práctica recomendada en la OMM para técnicas de predicción meteorológica. La adhesión a tales recomendaciones haría posible la consecución de las predicciones más fiables que son posibles en el momento actual de desarrollo de la ciencia e información meteorológica y de la tecnología informática. No hay duda de que sólo los SMN son capaces de cumplir con esta "norma" de la OMM. Al mismo tiempo, esto confirmará nuevamente ante la opinión pública y los gobiernos de todos los países la eficacia de invertir en infraestructuras meteorológicas y cooperación internacional en este campo.

Para concluir, me gustaría expresar mi sincero agradecimiento al profesor A. A. Vasiliev, presidente de la Comisión de Sistemas Básicos de la OMM entre 1983 y 1996, por sus valiosos consejos y comentarios.

160 *Cooperación COST en meteorología*

Por Sylvain JOFFRE*

En una época en la que está creciendo la necesidad de coordinación internacional y de una mayor integración de los esfuerzos nacionales en esfuerzos de cooperación apropiados para tratar los distintos problemas medioambientales, estructurales y sociales a los que se enfrenta la humanidad, es instructivo examinar los marcos de investigación y desarrollo (I+D) que han constituido un trampolín exitoso para la comunidad meteorológica. Un ejemplo de ello es COST (Cooperación Europea para la Investigación Científica y Técnica), que en la actualidad es un pilar importante de la investigación europea en distintos campos de la ciencia. El año pasado celebró treinta años de existencia y COST consta en la actualidad de casi 200 Acciones (es decir, proyectos) en 16 campos científicos, que involucran a más de 40 000 científicos participantes de 33 países europeos Miembros. COST representa un volumen estimado de fondos nacionales de más de 1 500 millones de euros por año; COST-Meteorología representa, aproximadamente, el cinco por ciento de estas cifras totales.

Antecedentes

La cooperación COST se inició en 1971, como iniciativa del Consejo Europeo, en una época en la que las Comunidades Europeas (CE) no tenían competencia en temas de investigación. Desde el principio, COST involucró a varios países que no pertenecían a las CE. Desde 1995, los gastos de financiación y de administración de la cooperación COST se cubren mediante asignaciones reservadas en el Programa Marco de las CE para I+D. COST no es un programa de las CE en sí mismo, sino un marco de cooperación intergubernamen-

tal paneuropea que apoya la más amplia cooperación y coordinación en I+D europea.

Basado en necesidades y recursos nacionales, COST pretende fomentar y coordinar investigación básica y aplicada previa a la competencia, en áreas de interés para institutos de investigación, universidades, el sector público en general y las industrias de Europa. El fin primordial no es crear grandes proyectos financiados conjuntamente, sino más bien coordinar las actividades de investigación de los países participantes en campos específicos y resolver los problemas científicos y técnicos uniendo fuerzas, optimizando de esa manera la sinergia intraeuropea. COST no se basa en una estructura centralizada. Varias evaluaciones

* Instituto Meteorológico Finlandés, Presidente del Comité Técnico de Meteorología de la COST