

Servicios de predicción y vigilancia meteorológica para las carreteras y el ferrocarril a nivel provincial en China

por Yan Mingliang¹, Yuan Chengsong¹ y Pan Xinmin²

Introducción

Junto con el rápido incremento en el volumen del tráfico, la seguridad ha pasado a constituir un desafío cada vez más importante. Las condiciones meteorológicas extremas son una de las principales causas de accidentes de tráfico. A principios de 2008, la continua presencia de nieve y hielo en la zona sur de China provocó importantes trastornos en el tráfico, así como un incremento del número de accidentes. La poca visibilidad en las autopistas ocasiona que decenas de coches, o incluso cientos, circulen pegados entre sí. Asimismo, el tráfico en las carreteras y en las vías férreas se ve afectado con frecuencia por fenómenos relacionados con las tormentas y las inundaciones, y también por amenazas geológicas asociadas a la lluvia, como por ejemplo las corrientes de barro que transportan piedras gruesas. Las carreteras del oeste de China suelen verse afectadas a menudo por fuertes vientos y tormentas de arena y polvo. En Hundred-Li Fetch, cerca de Hami, en Xinjiang, la fuerza de los vientos puede provocar el descarrilamiento de los trenes. Muchos canales fluviales de navegación en China suelen verse afectados todos los años por fenómenos meteorológicos adversos, como por ejemplo nieblas densas, vientos duros, y tormentas con precipitaciones fuertes que ocasionan daños materiales, colisiones de barcos e, incluso, la zozobra de los mismos.

¹ Instituto de ciencias meteorológicas de Jiangsu, Nankín 210008

² Administración meteorológica de Xinjiang

En el último decenio, China ha experimentado un crecimiento récord en la construcción de infraestructuras destinadas a los sectores del transporte por aire, tierra y agua. Todos los niveles del gobierno, al igual que los departamentos de meteorología y de tráfico, han prestado una mayor atención a las condiciones meteorológicas que influyen en el tráfico. El 27 de julio de 2005, la Administración Meteorológica de China y el Ministerio de Comunicaciones firmaron un Memorandum de desarrollo conjunto para llevar a cabo predicciones meteorológicas para el tráfico por carretera, a fin de emitir predicciones conjuntas a nivel nacional acerca de las condiciones meteorológicas del tráfico en las autopistas. Esta acción marcó el comienzo de un servicio de predicción meteorológica de apoyo al tráfico a nivel nacional.

El concepto de un servicio meteorológico para el tráfico se desarrolló relativamente pronto en algunas zonas, como por ejemplo en la provincia de Jiangsu. Desde 1998, tras una década de investigaciones, experimentación y construcción de obras de ingeniería, la Administración meteorológica de Jiangsu creó un sistema de redes de vigilancia meteorológica para el tráfico, y desarrolló un servicio de predicción meteorológica destinado al mismo sector. Algunas otras administraciones meteorológicas, entre las que se incluyen las de Guangdong, Shanghái y Pekín, también han colaborado con los departamentos de tráfico, seleccionando importantes tramos de carretera como bancos de pruebas de las condiciones meteorológicas del tráfico en zonas urbanas y desarro-

llando servicios de predicción y vigilancia meteorológica para el tráfico en autopistas.

Para reducir el daño del viento en Hundred-Li Fetch, la Administración ferroviaria de Xinjiang estableció puntos de observación en las estaciones de ferrocarril de la zona. Los departamentos meteorológicos desarrollaron servicios de vigilancia y predicción de temporales y tormentas de arena y polvo a lo largo de las líneas férreas, que han contribuido eficazmente a la reducción del número de descarrilamientos como consecuencia de los fuertes vientos. En la actualidad, los departamentos de meteorología, tráfico y seguridad de toda China están reforzando conjuntamente sus servicios meteorológicos destinados al tráfico.

Sistema de vigilancia meteorológica para el tráfico

Red y estaciones de vigilancia meteorológica para el tráfico

La vigilancia de las condiciones meteorológicas relacionadas con el tráfico debe incluir el control de las superficies de las carreteras, las condiciones meteorológicas asociadas a una visibilidad reducida, la temperatura del agua y algunos otros factores. Toda esta información deberá ser transmitida en tiempo real o casi real. Las estaciones meteorológi-

cas automáticas de vigilancia que cubren las autopistas y las rutas de transporte fluvial tienen que incluir, siempre en tiempo real, el control de la visibilidad, la superficie de tráfico, la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, y la precipitación y, al mismo tiempo, deberán cumplir los requisitos técnicos del equipo de ingeniería de tráfico.

Las redes de vigilancia meteorológica para el tráfico constan principalmente de cuatro partes: un módulo de adquisición de datos meteorológicos, un módulo para procesar estos datos, un módulo de control de la información y un módulo de prestación del servicio de información meteorológica.

Sistema de vigilancia meteorológica para el tráfico en autopistas

El sistema de redes de vigilancia meteorológica construido por el Instituto de meteorología del transporte de Nankín en la autopista que va de Shanghái a Nankín es uno de los sistemas de control meteorológico del tráfico en carretera más avanzado de toda China.

Este sistema adquiere información meteorológica de campo a través de 26 estaciones meteorológicas automáticas de vigilancia y dos estacio-

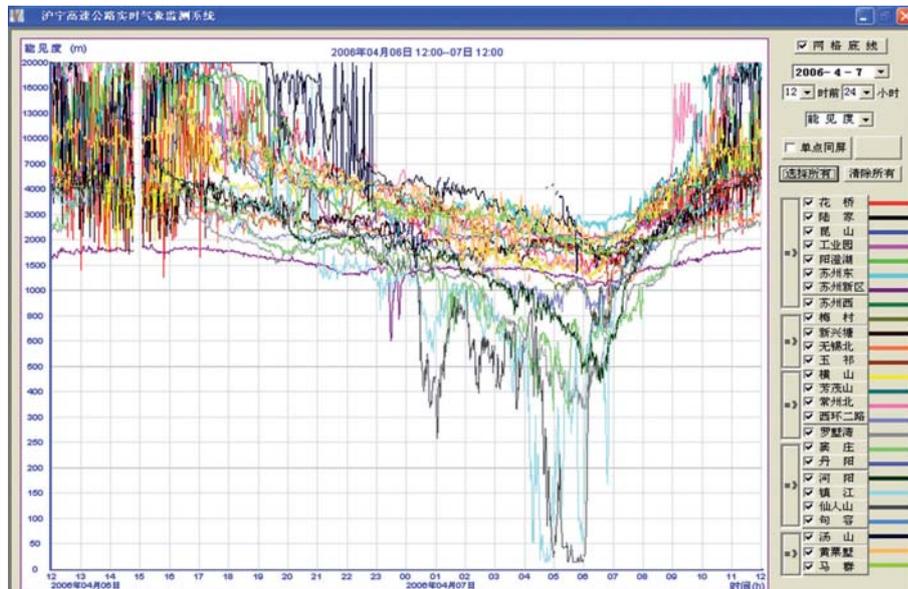


Figura 1 — Secuencia temporal extraída de un sensor de visibilidad (láser de una estación meteorológica automática) instalado junto a una de las autopistas más importantes de la China oriental (Shanghái-Nankín)

nes de control de la temperatura de la superficie de la carretera situadas a lo largo de la autopista. Los datos de control se transmiten al centro de recepción de datos por comunicación inalámbrica y se importan en la base de datos del servidor de la Administración meteorológica y del centro de mando de la autopista. A continuación, la información de vigilancia meteorológica, las alertas por tiempo adverso y la información de pronóstico, todas ellas en tiempo real, se almacenan de forma sincronizada en una base de datos del ser-

vidor y se muestran en las estaciones de trabajo de los terminales de los departamentos de meteorología y de gestión de la autopista Shanghái-Nankín.

Entre tanto, esa información puede ser publicada y mostrada en diversos terminales de información (paneles de información, terminales de control, etc.) de la autopista. Durante el segundo semestre de 2006, el centro de predicción introdujo la vigilancia por circuito de vídeo y la posibilidad de compartir información relativa a 101 carreteras desde el centro de mando de la autopista Shanghái-Nankín. Esta información ha permitido que observadores y predictores meteorológicos puedan consultar directamente en los monitores las condiciones del tiempo y el estado de la calzada a lo largo de los distintos tramos de la carretera.

Tanto los datos de gestión y seguridad procedentes de las estaciones de vigilancia meteorológica para el tráfico como los productos de predicción se introducen en una base de datos para su utilización por parte de algunos sistemas, como el de gestión o el de emisión de la información meteorológica. El control del análisis y de la aplicación de datos en tiempo real y la posibilidad de presentarlos en la misma pantalla o en diferentes monitores en función del tiempo, de la estación y/o de las



Figura 2 — La optimización del flujo de tráfico mediante la anticipación de los fenómenos meteorológicos de gran impacto es crucial para las congestionadas autopistas chinas

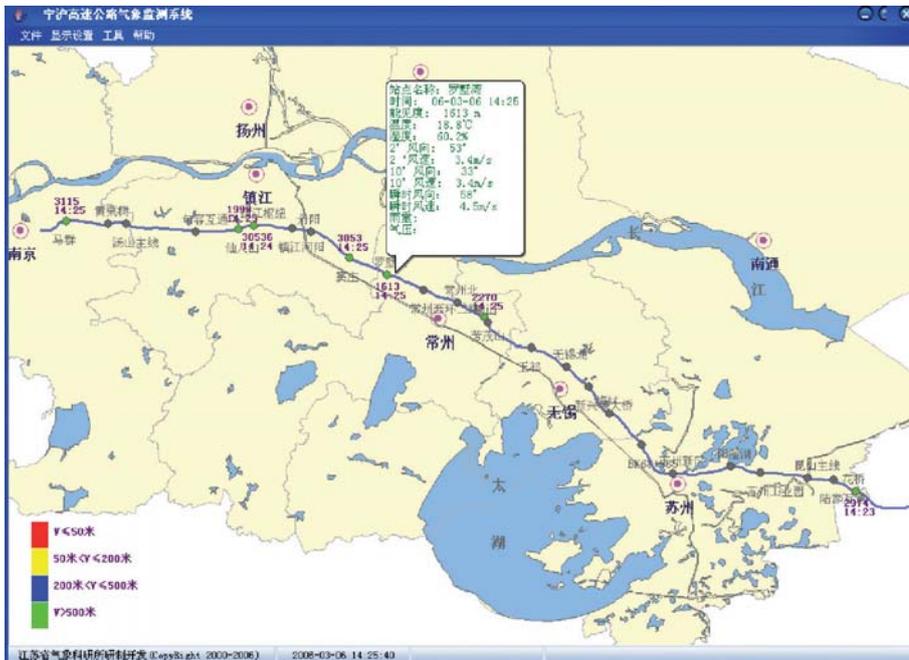


Figura 3 — Información meteorológica gráfica para el tráfico

condiciones meteorológicas en forma de tablas, cuadros y mapas de sistemas de información geográfica (SIG) respectivamente (Figura 1), han supuesto un importante avance. También es posible configurar una alerta con colores y/o sonidos referidos a la visibilidad en cada una de las estaciones, y posteriormente mostrar esta información (mediante un SIG) para que los departamentos de gestión del tráfico y los usuarios públicos (Figura 2) puedan consultarla.

Sistema de vigilancia de fuertes vientos en el ferrocarril

Entre 1998 y abril de 2000 se culminaron las obras de ingeniería de la línea férrea Lanzhou-Xinjiang, en la región autónoma de Xinjiang, y la de la red existente en las líneas tanto del norte como del sur de esta misma región. Desde 1998, este sistema se ha ido actualizando y ampliando.

El sistema en cuestión incluye instrumentos digitales de control eólico, así como técnicas de comunicación por fibra óptica y ordenadores en red. Otras características son un alto nivel de automatización, un funcionamiento fácil y práctico, unos comandos sencillos, una presentación clara, una interfaz de fácil manejo, un rendimiento estable y unos requisitos mínimos de mantenimiento.

Actualmente, el sistema de control y alarma de fuertes vientos existente en la red ferroviaria consta de 50 puntos de control eólico (pequeñas estaciones), 32 estaciones cruzadas (estaciones de comunicaciones), un centro de proceso de datos (estación principal del centro de distribución de la administración ferroviaria), tres servidores de base de datos (centro de cálculo electrónico de la

administración ferroviaria), un servidor de control de operaciones (centro de soporte técnico) y numerosos ordenadores (terminales de servicio al cliente). El sistema funciona continuamente durante las 24 horas del día, e incluye una función de alarma en tiempo real.

Tecnología de predicción meteorológica para el tráfico

Las condiciones meteorológicas también tienen una importante influencia sobre las principales líneas de comunicación, a pesar de la extensión relativamente pequeña en términos de superficie y la escasa duración de muchos fenómenos. Las alertas que anticipan fenómenos meteorológicos de gran impacto han mejorado en la medida que han aumentado la densidad espacial de los equipos de vigilancia, la frecuencia de adquisición de datos, la combinación de los datos de control con los procedentes de una nueva generación de productos de vigilancia por radar y de otras estaciones meteorológicas automáticas, y la utilización de salidas de los modelos mesoescales de predicción numérica. El

Ferrocarril Qinghai-Tíbet

La línea Qinghai-Tíbet en China pertenece al servicio de ferrocarril de gran altitud que conecta Xining con Lhasa. Su longitud total es de 1 956 km.

La construcción del tramo de 815 km entre Xining y Golmud se completó en 1984, mientras que el tramo de 1 142 km entre Golmud y Lhasa fue inaugurado el 1 de julio de 2006.

El paso de Tanggula, situado a 5 072 m sobre el nivel del mar, constituye el tramo ferroviario más alto del mundo, mientras que el túnel de Fenghuoshan, de 1 338 m de longitud y situado a 4 905 m sobre el nivel del mar, es el túnel ferroviario más alto del mundo. Por su parte, el túnel de Yangbajing, de 3 345 m de longitud y situado a 4 264 m sobre el nivel del mar, es el túnel más largo de la línea.

Más de 960 km del tramo entre Golmud y Lhasa, es decir, más del 80 por ciento del mismo, se encuentran situados a una altitud de más de 4 000 m. Hay 675 puentes, que totalizan 159,88 km, y unos 550 km de vía se encuentran situados sobre una capa de hielo permanente.



Figura 4 — Algunos de los tramos más importantes de la red ferroviaria china son especialmente propensos a recibir fuertes vientos, por lo que necesitan una atención cercana por parte de los predictores

desarrollo tecnológico durante los dos últimos años ha puesto de manifiesto que, de hecho, el servicio de alertas ha reducido los accidentes de tráfico y ha generado más beneficios económicos y sociales.

Predicción de niebla espesa en bancos con distribución irregular

La influencia y el daño que la niebla densa y la escasa visibilidad pueden provocar sobre el tráfico es algo sobradamente conocido. La niebla espesa con distribución irregular y los bancos de niebla locales son objetivo de la investigación actual relativa a los fenómenos meteorológicos que afectan al tráfico en carretera. Los datos de control acumulados muestran que la formación y la disipación de las nieblas densas no constituyen un proceso que se desarrolle lentamente, sino que se trata de un fenómeno meteorológico con una evolución relativamente obvia [1]. La instalación de estaciones automáticas de vigilancia meteorológica a lo largo de las autopistas facilitará las tareas en este ámbito, muy necesitado de investigación.

Pueden formularse criterios para la predicción de nieblas densas teniendo

en cuenta la determinación del tipo de condiciones meteorológicas, tanto en superficie como en altura, el análisis del movimiento de los sistemas nubosos, el análisis de la capa de inversión térmica y la advección conforme a la curva de sondeo, todo ello en combinación con la información que facilitan las estaciones de control distribuidas a lo largo de las carreteras [4].

A través del análisis de los datos de vigilancia y de los mapas de visibilidad obtenidos durante los cuatro años anteriores, han podido establecerse los baremos relativos a los límites de velocidad (50-200 m) y a los cierres de vías (< 50 m). Antes de la aparición de la masa principal de una niebla densa suele tener lugar una oscilación previa, que se prolonga durante un corto espacio de tiempo, y aunque el valor de la visibilidad no sea especialmente bajo, sirve como preludeo a una niebla densa repentina, con lo cual tiene un valor predictivo.

El sistema de vigilancia, alerta y predicción de baja visibilidad como consecuencia de una niebla densa ha experimentado un gran avance a través de la combinación de las observaciones meteorológicas convencionales con la información transmi-

tida por las estaciones automáticas de vigilancia localizadas a lo largo de la carretera. Todo este sistema integra métodos de predicción sinóptica y productos de predicción numérica, incluyendo las características de la niebla densa que aparece a lo largo de la autopista Shanghai-Nankín. Las predicciones se presentan al departamento de mando de carreteras y, posteriormente, los resultados se valoran de acuerdo con el informe de la administración de la vía correspondiente.

Técnicas para la predicción de fuertes vientos a lo largo de las líneas de ferrocarril

Gracias a la investigación sobre los mecanismos de formación de los vientos fuertes y a los diversos métodos de pronóstico, ha podido establecerse un sistema de predicción para cada hora, con un tiempo de pronóstico de 12 horas en estaciones representativas situadas en tramos de 15 y 50 km a lo largo de las líneas de ferrocarril. Considerando los vientos fuertes peligrosos (superiores al grado 8) como objeto de investigación y análisis, se estudiaron los vientos habituales de esta naturaleza en diferentes estaciones de 2006 a 2007. Teniendo en cuenta el análisis del modelo de predicción numérica y las mediciones a lo largo de los puntos de las estaciones de ferrocarril, se determinó una ecuación de pronóstico, y se posibilitó la predicción de condiciones meteorológicas en un plazo de 1 a 12 horas gracias a la corrección de errores en la ecuación de pronóstico del modelo. Dos veces al día se genera una tendencia eólica hora a hora para el siguiente intervalo de 1 a 12 horas.

Servicio meteorológico para el tráfico

A través de la combinación de un sistema de vigilancia meteorológica para el tráfico, un protocolo de interfaz y una autorización de acceso, pueden mostrarse diferentes tipos de informaciones de predicción y de vigilancia meteorológica a lo largo de las autopistas. Entre los productos de información que se ofrecen, los usuarios pueden acceder a varios servi-

cios de predicción meteorológica. Los productos ofrecidos mediante esta interfaz mejorarán los futuros servicios meteorológicos para el tráfico.

La red electrónica de información meteorológica en ruta, "e-route weather net" (<http://www.16t7.com>), es una página web profesional orientada a la prestación de servicios meteorológicos para el tráfico. En ella se integran información de vigilancia y predicción meteorológica para el tráfico, noticias y resultados de investigación sobre el tema, y noticias sobre accidentes graves de tráfico relacionados con el mal tiempo así como la evaluación de los mismos, y todo ello tanto a nivel provincial como nacional. Gracias al intercambio de los recursos científicos y tecnológicos relacionados con los aspectos meteorológicos del tráfico, esta página web ofrece servicios de alta calidad para los usuarios del sector, y también proporciona una plataforma de comunicación de las condiciones meteorológicas del tráfico para los departamentos meteorológicos regionales e incluso nacionales.

Estos productos combinan predicciones a largo, medio y corto plazo, e incluyen pronósticos especiales, predicciones para una ruta o para un lugar, pronósticos subdivididos, predicciones regionales, alertas, predicciones de condiciones meteorológicas importantes, situaciones

reales y predicciones para períodos vacacionales.

Conclusión

La investigación sobre las aplicaciones meteorológicas para el tráfico y su implantación, conforman una nueva materia en el espectro de sistemas meteorológicos, debido al importante impacto sobre la seguridad del tráfico que causan la intensidad cada vez mayor del mismo y las condiciones meteorológicas adversas.

Las condiciones meteorológicas adversas, entre las que se incluyen la baja visibilidad como consecuencia de una niebla densa, las temperaturas altas y bajas en las superficies de las calzadas, las lluvias y nevadas intensas, las tormentas de arena y polvo, los vientos fuertes y la presencia de hielo en las carreteras, son las principales causas de los accidentes de tráfico. La base y condición previa para desarrollar un sistema meteorológico para el tráfico pasa por la creación de una red de vigilancia meteorológica específica para ello.

La predicción y aviso de condiciones meteorológicas adversas en las principales líneas de comunicación dependen tanto de la evaluación de la situación sinóptica general como del análisis de los productos de vigilancia y predicción numérica.

Referencias

- [1] FENG Minxue, YUAN Chengsong, BIAN Guanghui and ZHOU Zengkui, 2003: Real-time monitoring and characteristics of heavy fog in spring at Wuxi section of Shanghai Nanjing Expressway. *Meteorological Science*, 23 4 435-445.
- [2] BAK P. and K. CHEN, 1991: Critical state of self-organization. *Science*, 5 8 16.
- [3] ZHANG Jizhong, 1997: *Fractal*, Tsinghua University Press, 1-18.
- [4] YUAN Chengsong, BIAN Guanghui, FENG Minxue, WU Zhen and ZHOU Zengkui, 2003: Monitoring and Forecasting of Low Visibility on Expressways, *Meteorology*, 29 11: 36-40.
- [5] MA HENIAN et al., 2001: *Foundation of Meteorological Service*, Xinjiang Publishing House.