

APLICACIÓN DEL MODELO PDM EN SISTEMAS DE PRONÓSTICO DE CRECIDAS EN TRES CUENCAS DEL SUR DE INGLATERRA

Federico Groppa – Pablo Cacik

Halcrow Group Ltd – Av. Alem 884 2^{do} piso – C1001AAQ – Buenos Aires, Argentina
Tel +54(11) 43114911 – Fax +54(11) 4312 5819 – E-mail: GroppaF@halcrow.com

Introducción

Para la seguridad de las personas que habitan, trabajan o desarrollan actividades de esparcimiento en valles de inundación de ríos y arroyos, un adecuado pronóstico de crecidas resulta de fundamental importancia.

En el marco del convenio firmado entre la Agencia Ambiental (Environment Agency) de Inglaterra y Halcrow Group Limited se realizaron proyectos de desarrollo de sistemas de pronóstico de crecidas en las cuencas de los ríos Lymington, Meon y Beaulieu, ubicadas en el condado de Hampshire, al sur de Inglaterra. El principal objetivo de los mismos es contar con una herramienta de decisión en tiempo real para enviar una señal de alerta de crecida del río a las poblaciones dentro de la cuenca con el mayor tiempo de preaviso posible. La modelación del sistema utiliza básicamente datos de pronóstico meteorológico de radar (generados con 6 horas de anticipación) y simulación hidrológica lluvia-caudal de tipo continuo con propagación hidrodinámica. En casos en que no se dispone de pronósticos de radar la lluvia utilizada es la registrada por pluviógrafos conectados remotamente con la central de datos. La frecuencia de los datos así como de los resultados generados es de 15 minutos.

Objetivos

El presente trabajo tiene como objeto mostrar la potencialidad del modelo PDM (Probability Distributed Model) para su utilización en pronóstico de crecidas, acompañándose tres aplicaciones concretas de su utilización en cuencas del sur de Inglaterra.

Herramientas y Métodos

Los modelos de pronóstico desarrollados cuentan con una componente hidrológica representada mediante el PDM del Centre for Ecology & Hydrology (CEH) y una hidráulica modelada con ISIS 1D (Halcrow Group Ltd). Dados los requerimientos de tiempo de generación de resultados, los modelos 2D actualmente no se utilizan para pronosticar crecidas en tiempo real.

Los modelos de pronóstico desarrollados debían cumplir con requerimientos de: a) estabilidad numérica (tener una frecuencia de fallas menor al 5% y transportar caudales del orden de 100 años de período de retorno más un 20% sin inestabilidades que afecten la precisión de los resultados), b) tiempo de corrida (máximo 10 minutos para el proceso completo entre la llegada de datos y la generación de los pronósticos) y c) precisión de resultados (el criterio habitual es admitir errores menores a ± 20 cm entre el nivel máximo del hidrograma observado y el modelado).

El modelo PDM cuenta con la facilidad de actualizar las condiciones iniciales (updating mode) de las corridas en base a valores observados en las diferentes estaciones de aforo, a fin de aumentar la precisión de los resultados.

El modelo PDM

El modelo PDM es un modelo lluvia – caudal que transforma datos de lluvia y evapotranspiración potencial en caudales en la salida de una cuenca. La Figura 1 ilustra la forma general del modelo.

La generación de escorrentía en un punto dado de la cuenca es controlada por la capacidad de absorción del suelo, conjuntamente con la retención de la vegetación y el almacenamiento en superficie. Esto puede ser conceptualizado como una unidad de almacenamiento simple con una capacidad determinada. Al considerar que diferentes puntos en la cuenca tienen diferentes capacidades de almacenamiento y que la distribución de éstas puede ser descrita por medio de una ley de distribución de probabilidades, es posible formular un modelo simple de generación de escorrentía mediante la integración de los caudales generados en cada unidad de almacenamiento de la cuenca. Durante un evento de lluvia estas unidades de almacenamiento empiezan a llenarse hasta el momento en que las de menor capacidad comienzan a desbordar. Esta lámina de desborde ingresa entonces en un almacenamiento superficial que la transforma en caudales a través de un modelo de dos embalses lineales. Al mismo tiempo se pierde agua de las unidades de almacenamiento por medio de evapotranspiración e infiltración. Las pérdidas por infiltración alimentan el modelo de transformación de flujo subterráneo, representado por un único almacenamiento no lineal. La escorrentía total en el exutorio se compone entonces de la suma del caudal superficial más el subterráneo, provenientes de los respectivos almacenamientos como se puede apreciar en la Figura 1. Diferentes configuraciones para los submódulos de separación de flujo, escorrentía superficial y subterránea pueden ser utilizados, lo que le da al PDM una gran flexibilidad para adaptarse a muy variadas condiciones de escurrimiento.

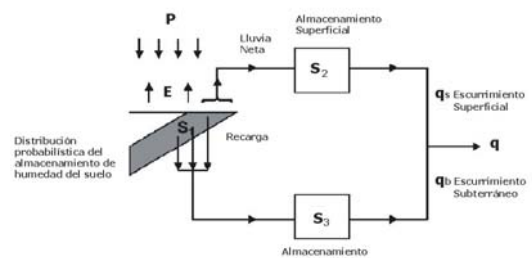


Figura 1.– Esquema conceptual del modelo PDM

Los parámetros a calibrar se agrupan básicamente en:

- Parámetros que afectan la lluvia y la evapotranspiración
- Parámetros que definen la ley estadística de distribución de unidades de almacenamiento
- Parámetros que definen las características de escorrentía e infiltración
- Parámetros de transformación del flujo superficial
- Parámetros de transformación del flujo subterráneo

Análisis de casos prácticos

Las tres cuencas estudiadas son netamente rurales, con pendientes longitudinales en el rango 2.5% - 7.5%, áreas entre 65 km² y 121 km² y caudales módulo cerca de la desembocadura entre 0.8m³/s y 1.5m³/s, con caudales máximos observados que superan entre 8 y 48 veces al módulo. Existen pequeñas poblaciones a lo largo del curso de los distintos ríos, principalmente cerca de su

desembocadura en el Canal de la Mancha, no obstante éstas ocupan en todos los casos menos del 2% del área total de las respectivas cuencas. La Figura 2 muestra la ubicación de las cuencas de trabajo. Dos de ellas (Lymington y Beaulieu) presentan una geología uniforme donde el flujo base tiene poca relevancia con respecto a las crecidas observadas a lo largo del año. La cuenca del río Meon en contrapartida se ve interrumpida en su tramo medio por un estrato altamente permeable que modifica notablemente el régimen de flujo y la naturaleza de las crecidas, ocurriendo éstas típicamente en meses de invierno donde la cuenca se encuentra parcial o totalmente saturada.



Figura 2.- Ubicación de las cuencas de estudio

Proceso de evaluación de resultados

Los modelos son evaluados inicialmente en su modo estándar (sin actualización de condiciones iniciales) para tres escalas de tiempo diferentes: a) la escala interanual - observando las variaciones estacionales y prestando especial atención al balance hídrico-, b) la escala de eventos -donde se juzga la capacidad de reproducir la forma del hidrograma de crecida, el caudal (o nivel) al pico (magnitud y ocurrencia), y el momento de ocurrencia de sobrepaso de diferentes niveles umbrales- y c) una escala focalizada en la rama ascendente y el pico del evento -por ejemplo, entre las 6hs previas al pico y el momento posterior a éste en que el caudal cae un 20%-.

En cada cuenca se analizaron entre tres y cinco eventos durante el período de calibración más dos de verificación. Una vez calibrado y verificado el modelo para el modo de operación estándar se evalúa la precisión de los pronósticos con actualización de las condiciones iniciales, considerando que éstas se actualizan normalmente cada seis horas. Con este fin, y para los eventos usados para calibración y verificación, se corre el modelo en modo actualización de condiciones iniciales y se comparan los valores observados contra los pronosticados para diferentes tiempos de preaviso (lead times). Finalmente, se evalúa la frecuencia de los errores y se calculan intervalos de confianza para los diferentes tiempos de preaviso y, si las hubiere, combinaciones de fuentes de datos y métodos de actualización de condiciones iniciales. La Figura 3 muestra un ejemplo para el río Lymington en Brockenhurst, para la escala focalizada en la rama ascendente y el pico del evento. Puede verse en este caso que para 3hs de preaviso los errores se ubican en ± 20 cm en el 95% de los casos.

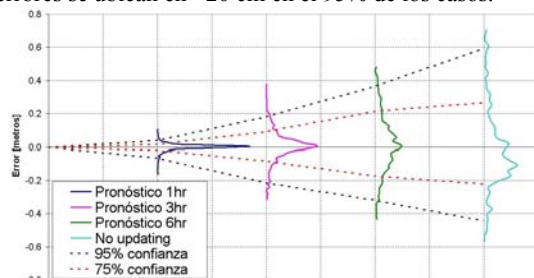


Figura 3.- Ejemplo de análisis de errores en los pronósticos

Envío de alertas

En general, las oficinas meteorológicas de la Agencia Ambiental de Inglaterra operan los modelos en tiempo real, corriéndolos al menos cuatro veces al día. A su vez, monitorean las condiciones hidrológicas de la cuenca: niveles, caudales, pronósticos de lluvias, etc. Cuando se observa el sobrepaso de un nivel umbral la decisión de enviar una señal de alerta se toma de acuerdo al criterio y la experiencia del operador, basándose en los resultados de los modelos y los datos hidrológicos observados.

Una vez que se decide enviar una alerta, ésta se comunica a los potenciales damnificados a través del medio que ellos previamente hayan elegido: sms, teléfono, fax, email, etc., donde se les informa que revisen su casilla de correos y/o de voz, donde encontrarán todos los detalles del evento y las medidas a tomar. Simultáneamente también se alerta a los servicios de emergencia y las autoridades locales, se carga la información en un sitio web y se habilitan líneas telefónicas de consulta. Mientras esto sucede, personal de la Agencia supervisa la evacuación y documenta lo ocurrido.

Una vez que las aguas comienzan a bajar se releva la zona inundada y se realiza una revisión exhaustiva evaluando toda la información recogida durante el evento. A su vez se comprueba la eficiencia de la alerta, esto es, la cantidad de gente que efectivamente la recibió y evacuó a tiempo.

Conclusiones

- Los modelos de pronósticos de crecidas en tiempo real son una herramienta en creciente desarrollo en el Reino Unido y en diferentes países del mundo a fin de minimizar las pérdidas humanas y económicas generadas por inundaciones. No obstante, no resulta frecuente la transmisión de la experiencia obtenida en cada caso y muchas veces sus resultados tienen menos peso frente a otros elementos de decisión
- El uso de pronósticos de lluvia de radar permite maximizar (en este caso) el tiempo de preaviso a la población hasta en seis horas con respecto al uso de lluvia observada en pluviógrafos, aunque la calidad de los resultados está fuertemente ligada a la precisión de los pronósticos del radar
- El modelo PDM se presenta como una herramienta robusta en su fundamento teórico y de gran flexibilidad práctica para representar el comportamiento de diferentes tipos de cuencas, habiendo sido probado en muchas con características hidrológicas similares a cuencas que se desarrollan en Argentina
- La actualización de las condiciones iniciales de los modelos con valores observados en tiempo real en diferentes puntos de la cuenca permite incrementar significativamente la precisión de los pronósticos, reflejando la importancia de modelos que permitan la actualización continua de los parámetros de estado de almacenamientos

Referencias

- Halcrow, HR Wallingford (2000): *ISIS PDM User Manual*, Reino Unido
- Hill, David (2006): Capítulo 5 de *Guidance: Tips and advice for developers of flood forecasting model types used in NFFS*, Environment Agency, Reino Unido
- Moore, R. J. (2007): "The PDM rainfall-runoff model", *Hydrology and Earth System Sciences*, págs 483-499
- Moore, R. J. and Bell, V. A. (2002): "Incorporation of groundwater losses and well level data in rainfall-runoff models illustrated using the PDM", *Hydrology and Earth System Sciences*, págs 25-38