

Advanced techniques for solving groundwater and surface water problems in the context of inverse methods and climate change

PhD Thesis submitted by
Valeria Todaro

Advisors:
Maria Giovanna Tanda
J. Jaime Gómez-Hernández
Marco D'Oria

Departments:
Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente
Universitat Politècnica de València

Ingegneria Civile e Architettura
Università degli Studi di Parma

December 2020, Parma, Italy



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

grupo
de
**HID
ROG
EOL
OGIA**

Resumen

El tema de la investigación se centra en técnicas avanzadas para manejar problemas de aguas subterráneas y superficiales relacionados con métodos inversos y cambio climático. Los filtros de Kalman, con especial atención en Ensemble Smoother with Multiple Data Assimilation (ES-MDA), se analizan y mejoran para la solución de diferentes tipos de problemas inversos. En particular, la principal novedad es la aplicación de estos métodos para la identificación de series temporales.

La primera parte de la tesis, luego de la descripción del método ES-MDA, presenta el desarrollo de un software escrito en lenguaje Python para la aplicación de la metodología propuesta. El software cuenta con un flujo de trabajo flexible que puede adaptarse fácilmente para implementar diferentes variantes del filtro de Kalman y ser aplicado para la solución de varios tipos de problemas. Un paquete complementario de herramientas proporciona varias funcionalidades que permiten de configurar el algoritmo de acuerdo con el problema específico analizado.

La primera aplicación se refiere a un nuevo enfoque para la solución del problema inverso de flujo en ríos. Este es un procedimiento inverso destinado a estimar el flujo de entrada a un sistema hidráulico en función de información recopilada aguas abajo. El procedimiento se prueba mediante dos ejemplos sintéticos y un estudio de caso real; se investiga el impacto de los tamaños de los conjuntos y la aplicación de técnicas de localización e inflación de covarianzas. Los resultados muestran la capacidad del método propuesto de resolver este tipo de problemas;

el rendimiento de ES-MDA mejora, especialmente para tamaños de conjuntos pequeños, cuando se aplican técnicas de inflación y localización de covarianza.

La segunda aplicación en el campo de las aguas superficiales se refiere a la calibración de un modelo hidrológico-hidráulico que simula los mecanismos de formación de eventos de inundación a partir de tensiones hidrometeorológicas y su posterior propagación. ES-MDA se acopla al modelo numérico de forma paralela para la estimación de los coeficientes de rugosidad e infiltración en base al conocimiento de un hidrograma de flujo en una sección del dominio. Los resultados de dos casos sintéticos y un estudio de caso real demuestran la capacidad del método propuesto para calibrar el modelo hidrológico-hidráulico con un tiempo computacional razonable.

En el campo de aguas subterráneas, ES-MDA se aplica por primera vez para identificar simultáneamente la ubicación de la fuente y el historial de liberación de un contaminante en un acuífero a partir de un conjunto de datos de concentración detectados en diferentes puntos del dominio. Se realizaron numerosas pruebas para evaluar la influencia de la distribución espacial y temporal de los datos de concentración, el número del conjunto y el uso de técnicas de localización e inflación; además, se presenta un nuevo procedimiento para realizar una localización iterativa espacio-temporal. La metodología se valida mediante un ejemplo analítico y un estudio de caso para el que se utilizan datos obtenidos en el laboratorio mediante una caja de arena. ES-MDA conduce a una buena reconstrucción de los parámetros investigados; una red de monitoreo bien diseñada y la aplicación de correcciones de covarianza mejoran el rendimiento del método y ayudan a mitigar el posible problema de no unicidad de la solución.

Otro propósito de la investigación es investigar el efecto del cambio climático en las aguas subterráneas. Se presenta un modelo simplificado que describe la respuesta de los niveles de agua subterránea a las variables meteorológicas hasta 2100. Es un enfoque estadístico sencillo basado en las correlaciones entre los

niveles de agua subterránea y dos índices de sequía que dependen de los datos de precipitación y temperatura. El método se utiliza para evaluar el impacto del cambio climático en los recursos de agua subterránea en un área de estudio ubicada en el norte de Italia utilizando datos históricos y de modelos climáticos regionales. Los resultados muestran un aumento progresivo de la sequía de aguas subterráneas en el área de estudio.