

대체모형을 이용한 자료동화기법 개발

Development of data assimilation technique using a surrogate model

김종호*, 짬옥빈**

Jongho Kim, Vinh Ngoc Tran

요 지

자료동화(Data Assimilation) 기법은 실시간 수문학적 예측에 있어 정확도 향상을 위해 필수적인 과정이다. 가장 대중적으로 사용되는 기법들 중 하나가 모델 상태변수와 매개변수를 동시에 업데이트할 수 있는 이중 앙상블 칼만 필터(Dual Ensemble Kalman Filter)이다. 이 방법은 정확도 개선 및 적용의 용이성 때문에 많은 연구 분야에서 사용되어져 왔지만, 앙상블을 생성하는 과정에서 상당시간이 소요되는 단점이 존재한다. 본 연구에서는 상태변수와 매개변수를 동시에 업데이트 하면서 홍수 예측의 정확성을 보장할 뿐만 아니라, 앙상블 생성에 있어 계산 효율을 크게 향상시킬 수 있는 기법을 제안한다. Polynomial Chaos Expansion(PCE) 기법을 사용하여 앙상블 칼만 필터를 모방(mimic)할 수 있는 새로운 대체필터(Surrogate Filter)를 개발하는 것을 목표로 한다.

구체적으로 대체필터를 구성하기 위한 다양한 필터를 설계하였다. 첫째 시간에 대해서 PCE가 변화하지 않는 ‘불변 필터’(즉, 전체 예측기간에 대해 하나의 필터를 사용하여 자료동화할 수 있는 대체필터)와, 매 시간마다 PCE가 변화하는 ‘시변 필터’(즉, 예측하는 매 시간마다 새로운 필터를 생성해야 하는 대체필터)를 설계하여 적용성, 정확성, 예측성 등을 비교하였다. 또한, PCE의 하이퍼 매개변수를 최적화하기 위한 최적의 프레임 워크가 제안되어, 대체필터를 구축하는 데 효율을 높이고 PCE의 과적합(overfitting) 현상을 피할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 제안된 기법은 기존 단일 및 이중 앙상블 칼만 필터(EnKF)의 결과와 비교 검증하였으며, 그 결과는 다음과 같다. (1) 대체필터의 대부분은 원래 EnKF와 비슷한 정도의 불확실성을 설명할 수 있음; (2) 모든 대체필터는 선행시간이 짧은 경우의 예측에 있어 우수한 결과를 제공하며, 시변 필터가 불변 필터보다 더 정확한 예측 결과를 제공함; (3) 대체필터는 원래 앙상블 칼만필터보다 최대 500배 빠른 속도로 성능을 향상시킬 수 있음. 제안된 대체필터는 자료동화를 수행하는 기존필터와 비슷한 정도의 정확성, 매우 향상된 효율성을 보장함을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 자료동화, 앙상블 칼만 필터, 대체모형, 홍수 예측

감사의 글

본 연구는 환경부 물관리연구사업 R&D의 연구비지원(127554) 및 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(NRF-2019R1C1C1004833)입니다. 이에 감사드립니다.

* 정회원 · 울산대학교 공과대학 건설환경공학부 조교수 · E-mail : kjongho@ulsan.ac.kr

** 울산대학교 공과대학 건설환경공학부 석박사 통합과정