



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0044052
(43) 공개일자 2021년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 20/00 (2019.01) G01W 1/10 (2006.01)
G06N 7/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06N 20/00 (2019.01)
G01W 1/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0127138
(22) 출원일자 2019년10월14일
심사청구일자 2019년10월14일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
김종호
울산광역시 남구 대학로 93, 23호관 415호 (무거동, 울산대학교)
전옥빈
울산광역시 남구 대학로 93 (무거동, 울산대학교)
(74) 대리인
특허법인 무한

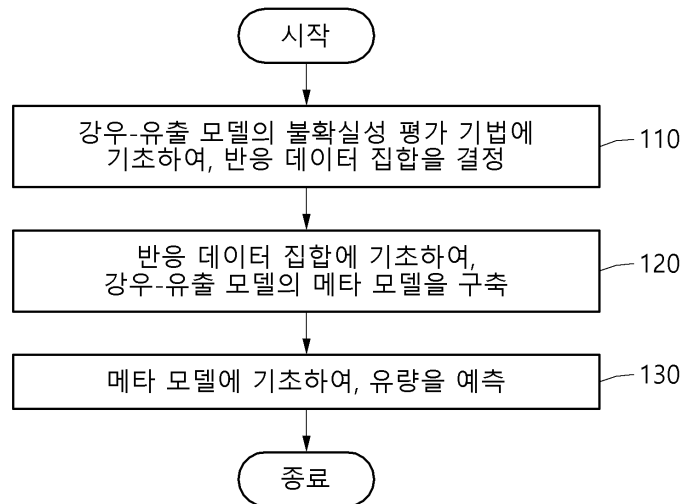
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 유량 예측 방법 및 장치

(57) 요약

일 실시예에 따른 유량 예측 방법 및 장치가 개시된다. 일 실시예에 따른 유량 예측 방법은 강우-유출 모델(rainfall-runoff model)의 불확실성 평가 기법에 기초하여, 반응 데이터 집합(behavioral data set)을 결정하는 단계, 반응 데이터 집합에 기초하여, 강우-유출 모델의 메타 모델(meta model)을 구축하는 단계 및 메타 모델에 기초하여, 유량을 예측하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 7/08 (2013.01)

G01W 2201/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	RE201901047
부처명	환경부
과제관리(전문)기관명	한국환경산업기술원
연구사업명	물관리연구사업
연구과제명	수문 기상 불확실성을 고려한 앙상블 확률홍수예보기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

강우-유출 모델(rainfall-runoff model)의 불확실성 평가 기법에 기초하여, 반응 데이터 집합(behavioral data set)을 결정하는 단계;

상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 상기 강우-유출 모델의 메타 모델(meta model)을 구축하는 단계; 및

상기 메타 모델에 기초하여, 유량을 예측하는 단계

를 포함하는 유량 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는

GLUE(Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) 기법에 기초하여, 상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계

를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는

상기 강우-유출 모델의 성능에 대응하는 조건을 설정하는 단계; 및

상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정하는 단계

를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는

과거 관측 데이터에 기초하여 데이터를 샘플링하는 단계;

상기 샘플링된 데이터를 상기 강우-유출 모델에 입력하는 단계; 및

상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정하는 단계

를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 조건을 설정하는 단계는

우도함수(likelihood function)를 결정하는 단계; 및
 상기 우도함수의 임계값을 결정하는 단계
 를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,
 상기 임계값을 결정하는 단계는
 정확성 인덱스(accuracy index)를 설정하는 단계;
 효율성 인덱스(efficiency index)를 설정하는 단계; 및
 상기 정확성 인덱스 및 상기 효율성 인덱스에 기초하여 상기 우도함수의 임계값을 결정하는 단계
 를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 정확성 인덱스 및 상기 효율성 인덱스에 기초하여 상기 우도함수의 임계값을 결정하는 단계는
 상기 정확성 인덱스와 상기 효율성 인덱스의 교점에 대응하는 상기 우도함수의 값을 상기 임계값으로 결정하는 단계
 를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는
 상기 강우-유출 모델의 파라미터들 중에서 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계; 및
 상기 결정된 파라미터의 데이터를 샘플링하는 단계
 를 포함하는 유량 예측 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
 상기 파라미터를 결정하는 단계는
 상기 강우-유출 모델의 파라미터들의 민감도 정보를 획득하는 단계; 및
 상기 민감도 정보에 기초하여, 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계
 를 포함하는 유량 예측 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,
상기 반응 데이터 집합(behavioral data set)을 결정하는 단계는
상기 반응 데이터 집합의 수를 결정하는 단계
를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,
상기 메타 모델을 구축하는 단계는
상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 다항식 카오스 확장(PCE; Polynomial Chaos Expansion) 모델을 구축하는 단계
를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,
상기 다항식 카오스 확장 모델을 구축하는 단계는
상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 디자인(design)의 수를 결정하는 단계; 및
상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 다항식의 차수를 결정하는 단계
를 포함하는, 유량 예측 방법.

청구항 13

하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제12항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 14

강우-유출 모델의 불확실성 평가 기법에 기초하여, 반응 데이터 집합을 결정하고, 상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 상기 강우-유출 모델의 메타 모델을 구축하며, 상기 메타 모델에 기초하여, 유량을 예측하는 프로세서를 포함하는, 유량 예측 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 프로세서는
GLUE 기법에 기초하여, 상기 반응 데이터 집합을 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 강우-유출 모델의 성능에 대응하는 조건을 설정하고, 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 프로세서는

과거 관측 데이터에 기초하여 데이터를 샘플링하고, 상기 샘플링된 데이터를 상기 강우-유출 모델에 입력하고, 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 프로세서는

우도함수를 결정하고, 상기 우도함수의 임계값을 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 19

제14항에 있어서,

상기 프로세서는

정확성 인덱스를 설정하고, 효율성 인덱스를 설정하고, 상기 정확성 인덱스 및 상기 효율성 인덱스에 기초하여 상기 우도함수의 임계값을 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 정확성 인덱스와 상기 효율성 인덱스의 교점에 대응하는 상기 우도함수의 값을 상기 임계값으로 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 21

제14항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 강우-유출 모델의 파라미터들 중에서 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정하고, 상기 결정된 파라미터의 데이터를 샘플링하는, 유량 예측 장치.

청구항 22

제14항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 강우-유출 모델의 파라미터들의 민감도 정보를 획득하고, 상기 민감도 정보에 기초하여, 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 23

제12항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 반응 데이터 집합의 수를 결정하는, 유량 예측 장치.

청구항 24

제12항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 다항식 카오스 확장 모델을 구축하는, 유량 예측 장치.

청구항 25

제20항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 디자인(design)의 수를 결정하고, 상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 다항식의 차수를 결정하는, 유량 예측 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래 실시예들은 유량 예측 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로 메타 모델을 이용한 효율적이고 정확한 앙상블 확률 홍수 예측 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전 세계적으로 도시화와 기후변화로 인하여 홍수피해가 커지고 있다. 따라서 호우와 태풍이 야기하는 홍수피해를 줄이기 위하여 많은 예산과 노력이 필요하다. 홍수피해를 줄이기 위한 방법에는 댐, 제방, 저류조 등의 구조물을 건설하는 구조적 대비책과 홍수예·경보 시스템과 같은 비구조적 대비책이 있다. 많은 건설비용과 시간이 필요한 구조적 대비책과는 달리 비구조적 대비책은 홍수의 예·경보를 통하여 인명 피해 방지에 신속한 효과를 볼 수 있다. 홍수 예·경보 시스템은 피해 예상지역 주민들이 대피할 시간을 확보하는데 목적이 있다. 이로 인하여 피해 예상지역의 인명피해 및 재산피해를 줄일 수 있게 되며, 구조적 대비책을 보완하는 역할을 한다.

[0004] 전 세계적으로 홍수예측 시스템 분야에서 앙상블 예측 시스템(Ensemble Prediction System, EPS)에 대한 연구가 증가하고 있다. 또한 수문학 분야에서 이를 이용하여 유량예측을 하는 앙상블 유량예측(Ensemble Streamflow Prediction, ESP)에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이러한 앙상블 유량예측은 발생 확률의 범위를 표현하기 위해서 확률예측이 가지는 전체 불확실성을 분석할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 실시예들은 강우-유출 모델(rainfall-runoff model)의 불확실성 평가 기법에 기초하여 정확한 앙상블을 생성하고자 한다.
- [0007] 실시예들은 불확실성을 정량화하는 비용을 상쇄하기 위해 고효율 메타 모델을 구축하고자 한다.
- [0008] 실시예들은 메타 모델을 이용하여 정확하고 효율적인 홍수 예측을 수행하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 일 실시예에 따른 유량 예측 방법은 강우-유출 모델(rainfall-runoff model)의 불확실성 평가 기법에 기초하여, 반응 데이터 집합(behavioral data set)을 결정하는 단계; 상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 상기 강우-유출 모델의 메타 모델(meta model)을 구축하는 단계; 및 상기 메타 모델에 기초하여, 유량을 예측하는 단계를 포함한다.
- [0011] 상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는 GLUE(Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) 기법에 기초하여, 상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는 상기 강우-유출 모델의 성능에 대응하는 조건을 설정하는 단계; 및 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는 과거 관측 데이터에 기초하여 데이터를 샘플링하는 단계; 상기 샘플링된 데이터를 상기 강우-유출 모델에 입력하는 단계; 및 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 조건을 설정하는 단계는 우도함수(likelihood function)를 결정하는 단계; 및 상기 우도함수의 임계값을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 임계값을 결정하는 단계는 정확성 인덱스(accuracy index)를 설정하는 단계; 효율성 인덱스(efficiency index)를 설정하는 단계; 및 상기 정확성 인덱스 및 상기 효율성 인덱스에 기초하여 상기 우도함수의 임계값을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 정확성 인덱스 및 상기 효율성 인덱스에 기초하여 상기 우도함수의 임계값을 결정하는 단계는 상기 정확성 인덱스와 상기 효율성 인덱스의 교점에 대응하는 상기 우도함수의 값을 상기 임계값으로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 반응 데이터 집합을 결정하는 단계는 상기 강우-유출 모델의 파라미터들 중에서 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계; 및 상기 결정된 파라미터의 데이터를 샘플링하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 파라미터를 결정하는 단계는 상기 강우-유출 모델의 파라미터들의 민감도 정보를 획득하는 단계; 및 상기 민감도 정보에 기초하여, 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 반응 데이터 집합(behavioral data set)을 결정하는 단계는 상기 반응 데이터 집합의 수를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 메타 모델을 구축하는 단계는 상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 다항식 카오스 확장(PCE; Polynomial Chaos Expansion) 모델을 구축하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 다항식 카오스 확장 모델을 구축하는 단계는 상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 디자인(design)의 수를 결정하는 단계; 및 상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 다항식의 차수를 결정하는 단계를 포함할

수 있다.

- [0022] 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 불확실성 평가 기법에 기초하여, 반응 데이터 집합을 결정하고, 상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 상기 강우-유출 모델의 메타 모델을 구축하며, 상기 메타 모델에 기초하여, 유량을 예측하는 프로세서를 포함한다.
- [0023] 상기 프로세서는 GLUE 기법에 기초하여, 상기 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다.
- [0024] 상기 프로세서는 상기 강우-유출 모델의 성능에 대응하는 조건을 설정하고, 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다.
- [0025] 상기 프로세서는 과거 관측 데이터에 기초하여 데이터를 샘플링하고, 상기 샘플링된 데이터를 상기 강우-유출 모델에 입력하고, 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다.
- [0026] 상기 프로세서는 우도함수를 결정하고, 상기 우도함수의 임계값을 결정할 수 있다.
- [0027] 상기 프로세서는 정확성 인덱스를 설정하고, 효율성 인덱스를 설정하고, 상기 정확성 인덱스 및 상기 효율성 인덱스에 기초하여 상기 우도함수의 임계값을 결정할 수 있다.
- [0028] 상기 정확성 인덱스와 상기 효율성 인덱스의 교점에 대응하는 상기 우도함수의 값을 상기 임계값으로 결정할 수 있다.
- [0029] 상기 프로세서는 상기 강우-유출 모델의 파라미터들 중에서 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정하고, 상기 결정된 파라미터의 데이터를 샘플링할 수 있다.
- [0030] 상기 프로세서는 상기 강우-유출 모델의 파라미터들의 민감도 정보를 획득하고, 상기 민감도 정보에 기초하여, 상기 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정할 수 있다.
- [0031] 상기 프로세서는 상기 반응 데이터 집합의 수를 결정할 수 있다.
- [0032] 상기 프로세서는 상기 반응 데이터 집합에 기초하여, 다항식 카오스 확장 모델을 구축할 수 있다.
- [0033] 상기 프로세서는 상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 디자인(design)의 수를 결정하고, 상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 다항식의 차수를 결정할 수 있다.

발명의 효과

- [0035] 실시예들은 강우-유출 모델(rainfall-runoff model)의 불확실성 평가 기법에 기초하여 정확한 앙상블을 생성할 수 있다.
- [0036] 실시예들은 불확실성을 정량화하는 비용을 상쇄하기 위해 고효율 메타 모델을 구축할 수 있다.
- [0037] 실시예들은 메타 모델을 이용하여 정확하고 효율적인 홍수 예측을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은 일 실시예에 따른 유량 예측 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 불확실성을 평가하기 위한 조건들을 설정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 정확성 인덱스와 효율성 인덱스에 기초하여 우도함수의 임계값을 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 앙상블의 수를 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5a 내지 도 5b는 강우-유출 모델의 메타 모델을 구축하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 유량 예측 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 일 실시예에 따른 영상 처리 장치를 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 본 명세서에서 개시되어 있는 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 기술적 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 실시예들은 다양한 다른 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0041] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 이해되어야 한다. 예를 들어 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0042] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~간의에"와 "바로~간의에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0043] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0044] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0045] 실시예들은 퍼스널 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 스마트 폰, 텔레비전, 스마트 가전 기기, 지능형 자동차, 키오스크, 웨어러블 장치 등 다양한 형태의 제품으로 구현될 수 있다. 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0047] 도 1은 일 실시예에 따른 유량 예측 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0048] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 단계들(110 내지 130)은 유량 예측 장치에 의해 수행될 수 있고, 유량 예측 장치는 하나 또는 그 이상의 하드웨어 모듈, 하나 또는 그 이상의 소프트웨어 모듈, 또는 이들의 다양한 조합에 의하여 구현될 수 있다.
- [0049] 도 1의 동작은 도시된 순서 및 방식으로 수행될 수 있지만, 도시된 실시예의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 일부 동작의 순서가 변경되거나 일부 동작이 생략될 수 있다. 도 1에 도시된 다수의 동작은 병렬로 또는 동시에 수행될 수 있다.
- [0050] 단계(110)에서, 유량 예측 장치는 강우-유출 모델(rainfall-runoff model)의 불확실성 평가 기법에 기초하여, 반응 데이터 집합(behavioral data set)을 결정한다. 강우-유출 모델은 입력에 따라 그 출력이 고정적으로 결정되는 성질의 결정적 모델(deterministic model)로, 하천 유역에서의 일정 기간 동안의 강우와 그에 따른 하천으로의 유출과의 관계에 관한 모델일 수 있다. 일 실시예에 따른 강우-유출 모델은 NAM(Nedbor - Afstromnings Model)을 포함할 수 있다.
- [0051] 앙상블 유량예측 기법은 과거에 발생했던 기상현상이 미래에 재현될 수 있다는 가정 하에 예측시점의 수문상태와 과거 기상자료를 강우-유출 모델을 통해 결합하여 미래의 수문을 예측하는 장기 수문 예측 기법일 수 있다. 예를 들어, 예측시점의 수문상태와 미래에 발생할 가능성이 있는 모든 기상시나리오를 활용하여 강우-유출 모델로부터 다수의 수문 시나리오를 산정하고, 그 대푯값을 미래 수문 예측 값으로 활용할 수 있다.
- [0052] 앙상블 유량예측 기법은 강우-유출 모델의 구조 및 파라미터, 기상 입력자료 및 초기 조건 등에 의하여 불확실성이 존재할 수 있기 때문에, 복잡한 자연 유역의 수문작용을 정확하게 모델링하는 것은 불가능할 수 있다. 이러한 환경에서, 유량 예측 장치는 최적의 유량 예측에 가까운 결과를 만족시키는 데이터들을 추출하기 위하여

불확실성 평가 기법을 사용할 수 있다.

- [0053] 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 불확실성 평가 기법에 기초하여 불확실성을 정량화하고 평가할 수 있다. 나아가, 유량 예측 장치는 불확실성을 평가하기 위한 조건들을 설정할 수 있고, 해당 조건에 기초하여 최적의 유량 예측에 가까운 결과를 만족시키는 데이터들을 추출할 수 있다. 해당 조건을 만족하는 최적의 유량 예측에 가까운 결과를 만족시키는 데이터들의 집합을 반응 데이터 집합이라 지칭할 수 있다. 불확실성 평가 기법의 일례로, 유량 예측 장치는 GLUE(Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) 기법에 기초하여 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다.
- [0054] 불확실성 평가 기법의 정확도와 관련된 성능은 불확실성을 평가하기 위한 조건들을 설정하는 방법에 따라 달라질 수 있다. 아래에서, 도 2를 참조하여 일 실시예에 따른 불확실성을 평가하기 위한 조건들을 설정하는 방법을 상세히 설명한다.
- [0055] 단계(120)에서, 유량 예측 장치는 반응 데이터 집합에 기초하여, 강우-유출 모델의 메타 모델(meta model)을 구축한다. 메타 모델은 모델의 모델, 실시예에서는 강우-유출 모델의 모델을 의미할 수 있고, 대리 모델(surrogate model)로 지칭될 수 있다. 유량 예측 장치는 불확실성을 정량화하는 비용을 상쇄하기 위해 고효율 메타 모델을 구축할 수 있다. 예를 들어, 유량 예측 장치는 강우-유출 모델과 성능은 유사하면서 연산 속도를 현저히 줄일 수 있는 메타 모델을 구축할 수 있다. 일례로, 유량 예측 장치는 반응 데이터 집합에 기초하여, 다항식 카오스 확장(PCE; Polynomial Chaos Expansion) 모델을 구축할 수 있다. 아래에서, 도 5a 내지 도 5b를 참조하여, 다항식 카오스 확장 모델을 구축하는 방법을 상세히 설명한다.
- [0056] 단계(130)에서, 유량 예측 장치는 메타 모델에 기초하여, 유량(streamflow)을 예측한다. 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 불확실성 평가 기법을 통해 유량 예측의 정확도를 높일 수 있고, 메타 모델 구축을 통해 유량 예측의 효율성을 높일 수 있다. 유량을 예측하는 것은 유량도(hydrograph)를 예측하는 것일 수 있고, 유량 예측 장치는 유량 예측을 통해 홍수의 발생도 예측할 수 있다.
- [0058] 도 2는 일 실시예에 따른 불확실성을 평가하기 위한 조건들을 설정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0059] 도 2를 참조하면, 단계들(210 내지 240)은 도 1을 참조하여 설명한 유량 예측 장치에 의해 수행될 수 있다.
- [0060] 단계(210)에서, 유량 예측 장치는 과거 관측 데이터에 기초하여 데이터를 샘플링할 수 있다. 강우-유출 모델은 아래 표 1과 같은 범위를 갖는 파라미터를 포함할 수 있다.

표 1

Parameter	Unit	Description	Lower Bound	Upper Bound
Um	mm	Maximum water content in surface storage	5	35
Lm	mm	Maximum water content in lower zone/root storage	50	400
CQOF	[-]	Overland flow coefficient	0	1
CKIF	hrs	Interflow drainage constant	200	2000
TOF	[-]	Overland flow threshold	0	0.9
TIF	[-]	Interflow threshold	0	0.9
TG	[-]	Groundwater recharge threshold	0	0.9
CK12	hrs	Time constant for routing interflow and overland flow	3	72
CKBF	hrs	Time constant for base flow	500	5000

- [0061]
- [0062] 유량 예측 장치는 표 1의 파라미터들의 과거 관측 데이터에서, 최소값 과 최대값 구간 내에서 미리 정해진 개수 (예를 들어, 1,000개)의 데이터들을 무작위로 추출할 수 있다. 일례로, 유량 예측 장치는 몬테 카를로 방법(Monte Carlo Method)에 기초하여 데이터를 샘플링할 수 있다. 몬테 카를로 방법은 무작위 추출된 난수를 이용하여 원하는 함수의 값을 계산하기 위한 시뮬레이션 방법일 수 있다. 다만, 몬테 카를로 방법은 예시적인 방법일 뿐, 이에 한정되지 않고 데이터를 샘플링하는 다양한 방법들이 적용될 수 있다.
- [0063] 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 파라미터들의 민감도 정보에 기초하여 불확실성 평가 기법의 대상이 되는 적어도 하나의 파라미터를 결정할 수 있다. 일례로, 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 파라미터들 중에서 민감도가 높은 파라미터를 배제함으로써 반응 데이터 집합을 결정하는 속도를 향상시킬 수 있

다. 보다 구체적으로, 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 파라미터들의 사후분포(예를 들어, 몬테 카를로 방법에 기초하여 획득한 파라미터의 데이터분포)에 대한 정보를 미리 반영하여, 캘리브레이션(calibration)과정에서 적용할 수 있다.

[0064] 아래 표 2는 500개의 반응 데이터 집합을 획득하기 위해 수행되는 런타임 횟수를 표시한 표로, (a)는 파라미터들의 사전분포에서 샘플링하는 케이스이고, (b)는 파라미터들의 사후분포에서 샘플링하는 케이스이다. (b)에서 case1은 사후분포의 줄어든 범위 (reduced range)에 대해서 랜덤 샘플링한 케이스, case2는 사후분포의 실제 범위와 분포에 대해서 샘플링한 케이스, case3은 민감한 것으로 판단된 매개변수들에 대해서는 사후분포의 평균값을 사용하고 그 외 매개변수들에 대해서는 샘플링한 케이스이다.

표 2

Event	(a) from the prior parameters range	(b) from the posterior parameter distributions		
		Case 1	Case 2	Case 3
1	115,736	11,009	3,625	735
2	46,275	7,411	3,822	683
3	20,446	3,642	2,729	618
4	2,310,013	8,997	3,866	2,306
5	564,818	4,408	2,132	821
6	1,266,347	210,208	123,551	8,070
7	17,725	2,428	1,492	500
8	21,157	1,523	931	500

[0065]

[0066] 강우-유출 모델의 파라미터들의 민감도를 고려하여 샘플링하는 경우에 그렇지 않은 경우 보다 훨씬 빠르게 반응 데이터 집합을 결정함을 알 수 있다. 예를 들어, 이벤트 4의 경우 민감도를 고려하여 샘플링하는 경우는 파라미터들의 사전분포에서 샘플링하는 경우에 비해 약 1000배 가량 효율이 좋음을 알 수 있다.

[0067] 일 실시예에 따른 민감도는 다양한 방법에 기초하여 획득될 수 있다. 예를 들어, 민감도는 소볼(Sobol) 민감도 분석 방법 또는 모리스(Morris) 민감도 분석 방법에 기초하여 획득될 수 있다. 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 소볼(Sobol) 민감도 분석 방법 및 모리스(Morris) 민감도 분석 방법을 명확하게 이해할 수 있는 바, 보다 상세한 설명은 생략한다.

[0068] 단계(220)에서, 유량 예측 장치는 샘플링된 데이터를 상기 강우-유출 모델에 입력할 수 있다.

[0069] 단계(230)에서, 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 성능에 대응하는 조건을 설정할 수 있다. 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 성능을 평가하기 위한 우도함수 및 우도함수의 임계값을 결정할 수 있다. 일 실시예에 따른 우도함수는 NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency), 피크 에러(PE; peak error), 볼륨 에러(VE; volume error)를 포함할 수 있다. NSE는 유량도(hydrograph)의 모양(shape)에 대응하고, 피크 에러는 유량도의 피크값에 대응하고, 볼륨 에러는 유량도의 볼륨에 대응하는 우도함수일 수 있다.

[0070] 종래에는 불확실성 평가 기법에 있어서, 우도함수의 임계값을 결정하는 명확한 방법이 존재하지 않았다. 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 정확성 인덱스(AI; accuracy index) 및 효율성 인덱스(EI; efficiency index)를 정의하고, 정확성 인덱스 및 효율성 인덱스에 기초하여 우도함수의 임계값을 결정할 수 있다.

[0071] 보다 구체적으로, 정확성 인덱스는 수학식 1과 같이 정의될 수 있다.

수학식 1

$$U = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Q_t^{97.5} - Q_t^{2.5})$$

$$AI_k = 1 - \frac{U_k}{U_{max}}$$

[0072]

[0073] 수학적식 1에서, U는 유량도에서 전체 계산 시간 동안 1,000 개의 행동 앙상블 결과 중 2.5 ~ 97.5번째 백분위 수 사이에서 식별된 불확실성의 시간 평균을 의미할 수 있다. k는 다양한 임계값에 대응하는 인덱스일 수 있고, T는 전체 시간에 대한 총 계산 타임스텝의 수일 수 있고, t는 1에서 T까지의 시간에 대한 인덱스일 수 있다. $Q_t^{97.5}$ 및 $Q_t^{2.5}$ 는 시간 t에서 불확실성 분포의 2.5 및 97.5 퍼센타일(percentile)에 대응하는 디스차지(discharge) 값일 수 있다.

[0074] 효율성 인덱스는 미리 정해진 개수(예를 들어 1000개)의 반응 데이터 집합을 획득할 때까지 필요한 강우-유출 모델의 실행 횟수(P)를 계산할 수 있다. 나아가, 강우-유출 모델의 실행 횟수(P)는 k마다 계산될 수 있다. 이에 기초하여, 효율성 인덱스는 수학적식 2와 같이 정의될 수 있다.

수학적식 2

$$EI_k = 1 - \frac{P_k}{P_{max}}$$

[0075]

[0076] 여기서 P_{max} 는 모델의 최대 실행 횟수일 수 있다. 정확도 인덱스와 효율성 인덱스는 0과 1 사이에서 결정될 수 있다. 유량 예측 장치는 정확성 인덱스와 효율성 인덱스를 결정한 이후에, 두 인덱스에 기초하여 우도함수의 임계값을 결정할 수 있다.

[0077] 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 정확성 인덱스와 효율성 인덱스의 교점에 대응하는 우도함수의 값을 임계값으로 결정할 수 있다.

[0078] NSE의 경우 1에 가까울수록 모델의 성능이 우수함을 의미할 수 있고, PE 및 VE는 0(%)에 가까울수록 모델의 성능이 우수함을 의미할 수 있다.

[0079] 정확성 인덱스 우도함수의 값에 비례하는 추세를, 효율성 인덱스는 우도함수의 값에 반비례하는 추세를 갖을 수 있다. 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 정확성 인덱스와 효율성 인덱스의 교점에 대응하는 우도함수의 값을 임계값으로 결정하여 정확성과 효율성이 균형을 이루는 임계값을 설정할 수 있다. 도 3의 실시예에 따라 결정된 임계값은 아래 표 3와 같을 수 있다.

표 3

Event	NSE [-]	PE [%]	VE [%]
2	0.85	4.48	4.81
5	0.85	4.47	4.83
8	0.83	2.93	2.48
Mean	0.82	4.05	4.35

[0080]

[0081] 다시 도 2를 참조하면, 단계(240)에서, 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다.

[0083] 도 4는 일 실시예에 따른 앙상블의 수를 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 일 실시예에 따른 앙상블의 수는 반응 데이터 집합의 수에 대응할 수 있다.

[0084] 도 4를 참조하면, 일 실시예에 따른 그래프들은 앙상블의 수에 따른 앙상블이 표현하는 불확실성의 범위를 도시한 그래프들일 수 있다. 그래프들에 따르면, 일정 범위까지는 앙상블의 수가 증가하면 앙상블이 표현하는 불확실성의 범위가 늘어나는 경향을 갖지만, 일정 범위를 벗어나면 불확실성의 범위가 거의 증가하지 않을 수 있다.

[0085] 앙상블의 수가 증가하면 앙상블이 표현하는 불확실성의 범위가 늘어나지만, 연산량도 앙상블의 수에 비례하여 늘어나는 문제가 있을 수 있다. 따라서, 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 앙상블이 표현하는 불확실성의 범

위의 증가량이 미리 정해진 임계값에 도달하게 되는 앙상블의 수를 최종 앙상블의 수로 결정할 수 있다. 이를 통해, 유량 예측 장치는 불필요한 연산을 줄이면서, 동시에 일정 수준 이상의 성능을 유지할 수 있다.

[0086] 예를 들어, 유량 예측 장치는 앙상블의 수를 500개로 결정할 수 있다. 그래프들을 참조하면, 앙상블의 수가 500개를 넘어가면 앙상블이 표현하는 불확실성의 범위가 크게 변하지 않음을 알 수 있다.

[0088] 도 5a 내지 도 5b는 강우-유출 모델의 메타 모델을 구축하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0089] 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 강우-유출 모델의 메타 모델로 전술한 다항식 카오스 메타 모델을 구축할 수 있다. 다항식 카오스 메타 모델은 적절하게 구축된 다항식 함수의 스펙트럼 표현을 통해 강우-유출 모델의 기능적 근사치를 제공할 수 있다. 다항식 카오스 메타 모델은 복잡한 강우-유출 모델을 간단한 다항식의 형태로 근사하기 때문에 강우-유출 모델에 비해 훨씬 빠른 연산을 수행할 수 있다.

[0090] 다항식 카오스 메타 모델을 구축하기 위해서는 PCE 계수(y_a)를 결정하여야 할 수 있다. PCE 계수는 훈련 세트의 수(N)와 다항식의 차수(p) 결정을 통해 결정될 수 있다. 훈련 세트의 수는 훈련을 위한 실험 디자인의 수로 지칭될 수 있다.

[0091] 다항식의 차수를 증가시키면 다항식 카오스 메타 모델의 정확성을 높일 수 있다. 그러나 차수가 증가함에 따라 추정할 상수값의 개수가 지수적으로 증가하기 때문에 입력 데이터의 개수를 증가시키고 차수를 증가시키는 것이 계산의 비효율성을 유발할 수 있다.

[0092] 도 5a에 도시된 그래프들은 훈련 세트의 수(N)를 10에서 1500까지 증가하였을 때의 정확도 변화를 도시한 그래프들일 수 있다. 그래프들을 참조하면, 훈련 세트의 수(N)가 50일 때 최적의 정확도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0093] 도 5b에 도시된 그래프들은 다항식의 차수를 1차에서 12차까지 증가하였을 때의 정확도 변화를 도시한 그래프들일 수 있다. 그래프들을 참조하면, 다항식의 차수가 3차 또는 4차에서 최적의 정확도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0094] 다항식 카오스 메타 모델을 사용하여 계산한 결과와 기존 강우-유출 모델(예를 들어, 전술한 NAM)을 사용하여 계산한 결과를 비교하면, 정확도는 거의 비슷하며, 효율성 측면에서 약 17 배 뛰어날 수 있다.

[0096] 도 6은 일 실시예에 따른 유량 예측 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0097] 도 6을 참조하면, 일 실시예에 따른 유량 예측 장치는 GLUE 기법에 기초하여 유량 예측의 정확도를 높일 수 있고, 다항식 카오스 메타 모델의 구축을 통해 유량 예측의 효율성을 높일 수 있다. 도 1 내지 도 5b의 설명은 도 6에도 적용 가능하므로, 중복되는 내용의 설명은 생략한다.

[0098] 나아가, 보다 효율적인 모의를 수행하기 위해 매개변수들의 민감도 검사가 필요할 수 있다. 매개변수들의 사후 분포를 검토하고, Sobol 및 Morris 민감도 분석을 수행한 결과 두 개의 파라미터("CQOF" 및 "CK12")가 전체 9개 중에서 가장 민감한 것으로 나타났다. 두 개의 파라미터들의 사후분포에 대한 정보를 미리 반영하여, 캘리브레이션(calibration)과정에서 배제할 수 있다면 앙상블 예측을 매우 빠르게 진행할 수 있다.

[0100] 도 7은 일 실시예에 따른 유량 예측 장치를 설명하기 위한 순서도이다.

[0101] 도 7을 참조하면, 일 실시예에 따른 유량 예측 장치(700)는 프로세서(710)를 포함한다. 유량 예측 장치(700)는 메모리(730), 통신 인터페이스(750), 및 센서들(770)을 더 포함할 수 있다. 프로세서(710), 메모리(730), 통신 인터페이스(750), 및 센서들(770)은 통신 버스(705)를 통해 서로 통신할 수 있다.

[0102] 프로세서(710)는 강우-유출 모델의 불확실성 평가 기법에 기초하여, 반응 데이터 집합을 결정하고, 반응 데이터 집합에 기초하여, 강우-유출 모델의 메타 모델을 구축하며, 메타 모델에 기초하여, 유량을 예측한다.

[0103] 메모리(730)는 과거 관측 데이터, 반응 데이터 집합 등을 저장할 수 있다. 메모리(730)는 휘발성 메모리 또는 비 휘발성 메모리일 수 있다.

[0104] 실시예에 따라서, 프로세서(710)는 GLUE 기법에 기초하여, 상기 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다. 프로세서(710)는 강우-유출 모델의 성능에 대응하는 조건을 설정하고, 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다. 프로세서(710)는 관측 데이터에 기초하여 데이터를 샘플

링하고, 상기 샘플링된 데이터를 상기 강우-유출 모델에 입력하고, 상기 강우-유출 모델의 출력 데이터 중에서, 상기 조건을 만족하는 반응 데이터 집합을 결정할 수 있다. 프로세서(710)는 우도함수를 결정하고, 상기 우도함수의 임계값을 결정할 수 있다. 프로세서(710)는 정확성 인덱스를 설정하고, 효율성 인덱스를 설정하고, 상기 정확성 인덱스 및 상기 효율성 인덱스에 기초하여 상기 우도함수의 임계값을 결정할 수 있다. 프로세서(710)는 정확성 인덱스와 상기 효율성 인덱스의 교점에 대응하는 상기 우도함수의 값을 상기 임계값으로 결정할 수 있다. 프로세서(710)는 반응 데이터 집합의 수를 결정할 수 있다. 프로세서(710)는 반응 데이터 집합에 기초하여, 다항식 카오스 확장 모델을 구축할 수 있다. 프로세서(710)는 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 디자인(design)의 수를 결정하고, 상기 다항식 카오스 확장 모델 구축을 위한 다항식의 차수를 결정할 수 있다.

[0105] 이 밖에도, 프로세서(710)는 도 1 내지 도 6을 통해 전술한 적어도 하나의 방법 또는 적어도 하나의 방법에 대응되는 알고리즘을 수행할 수 있다. 프로세서(710)는 프로그램을 실행하고, 유량 예측 장치(700)를 제어할 수 있다. 프로세서(710)에 의하여 실행되는 프로그램 코드는 메모리(730)에 저장될 수 있다. 유량 예측 장치(700)는 입출력 장치(미도시)를 통하여 외부 장치(예를 들어, 퍼스널 컴퓨터 또는 네트워크)에 연결되고, 데이터를 교환할 수 있다. 유량 예측 장치(700)는 스마트 폰, 테블릿 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 데스크톱 컴퓨터, 텔레비전, 웨어러블 장치 등 다양한 컴퓨팅 장치 및/또는 시스템에 탑재될 수 있다.

[0107] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0108] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0109] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

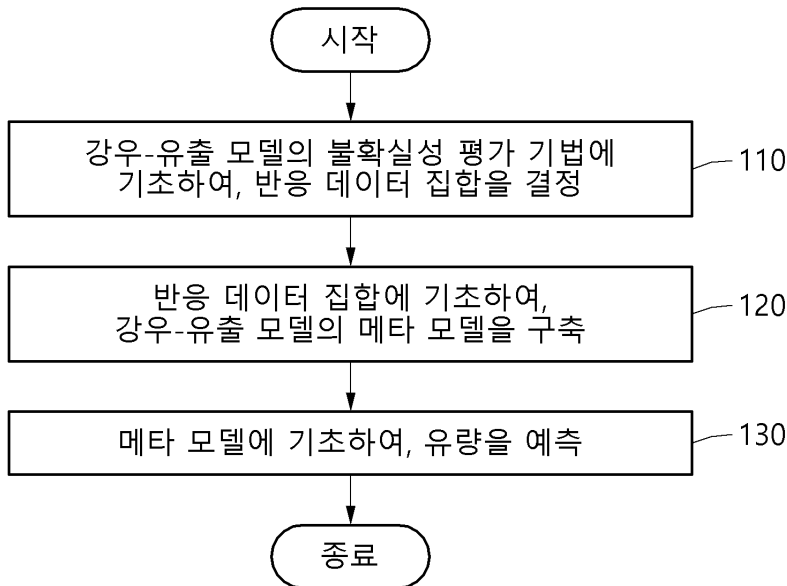
[0110] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태

로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

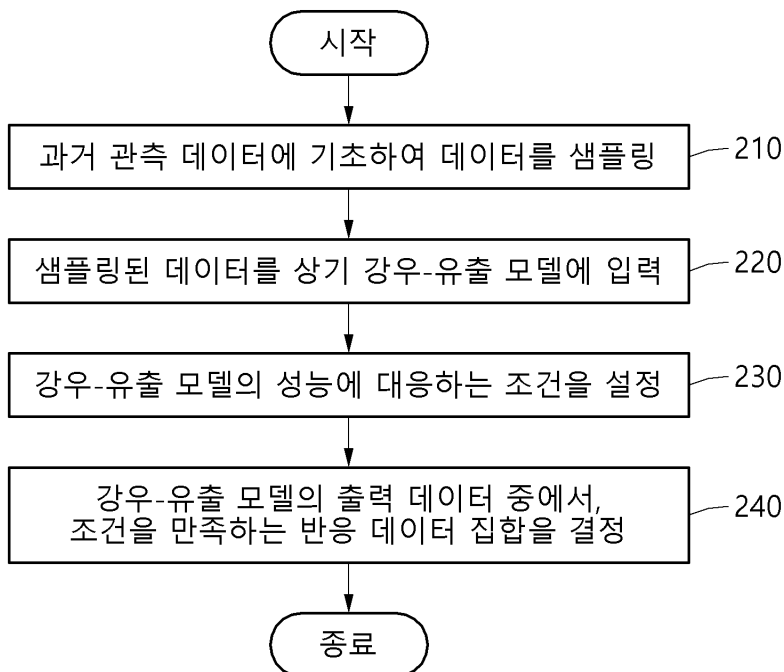
[0111] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

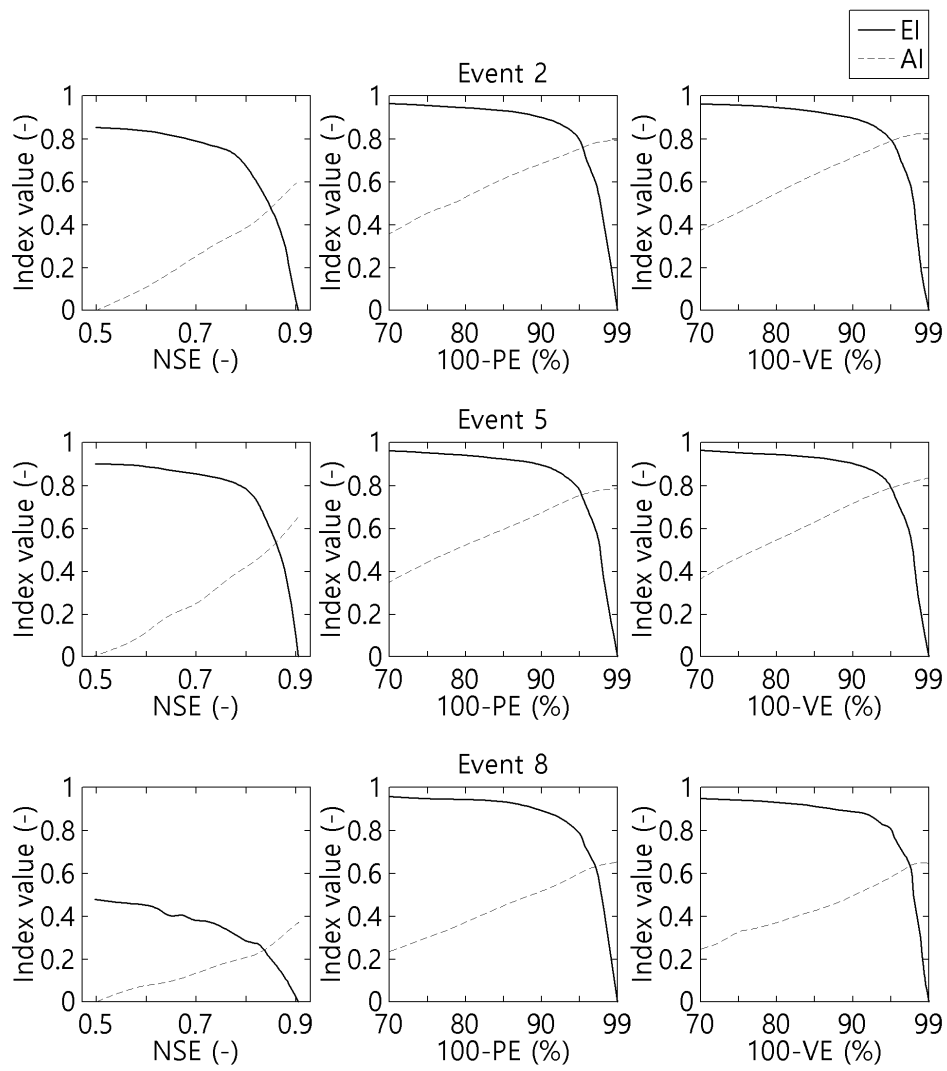
도면1



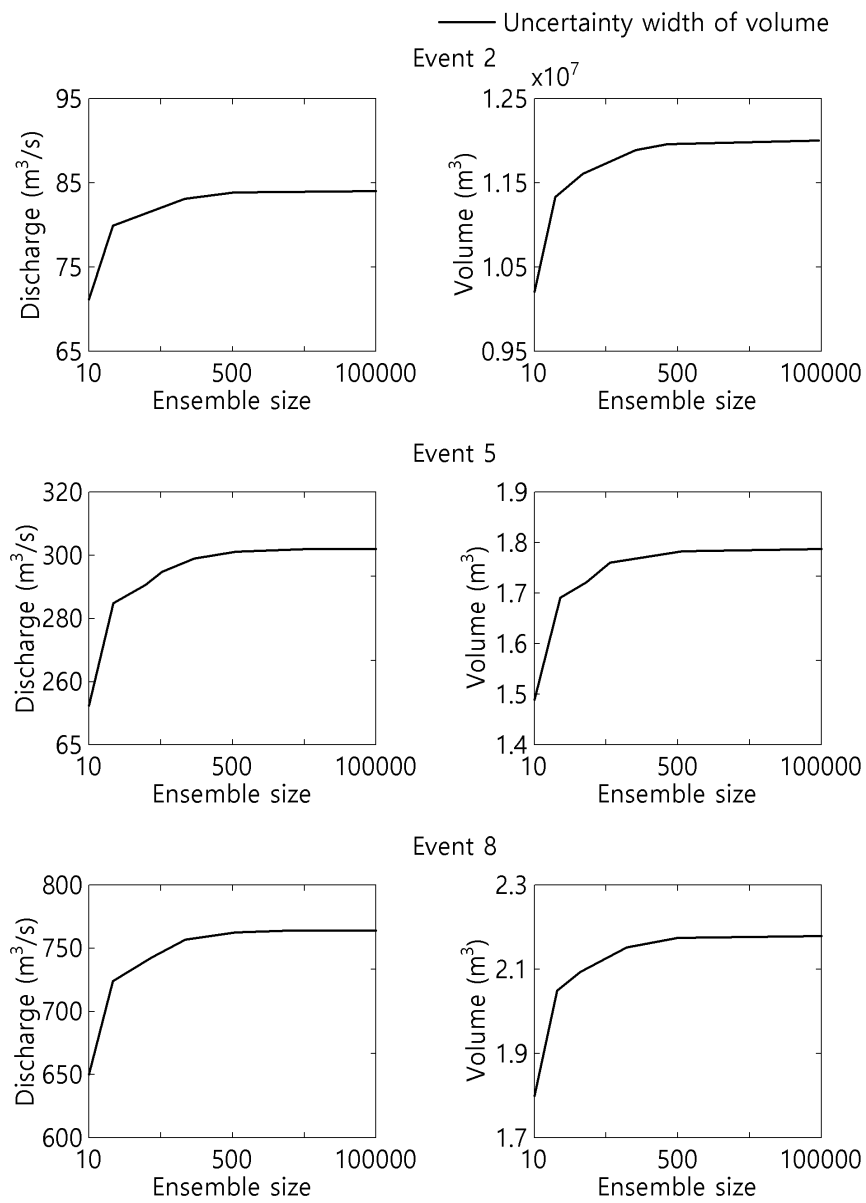
도면2



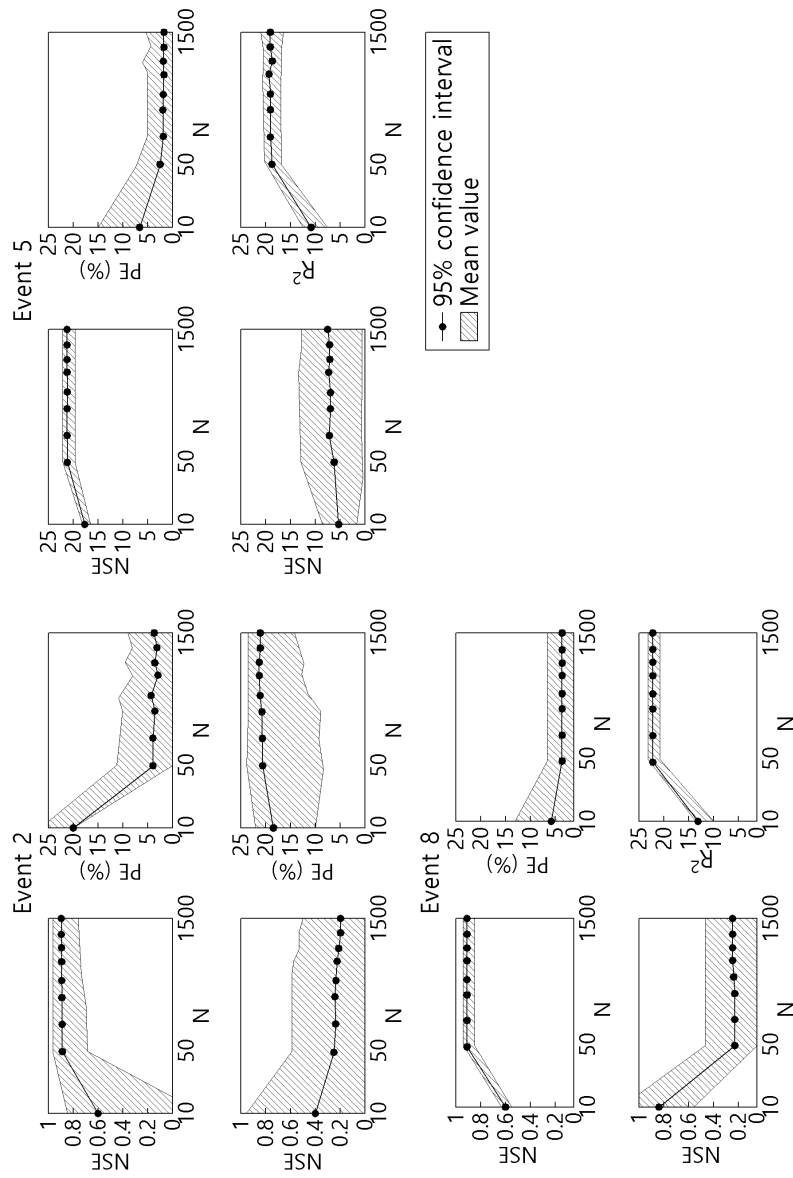
도면3



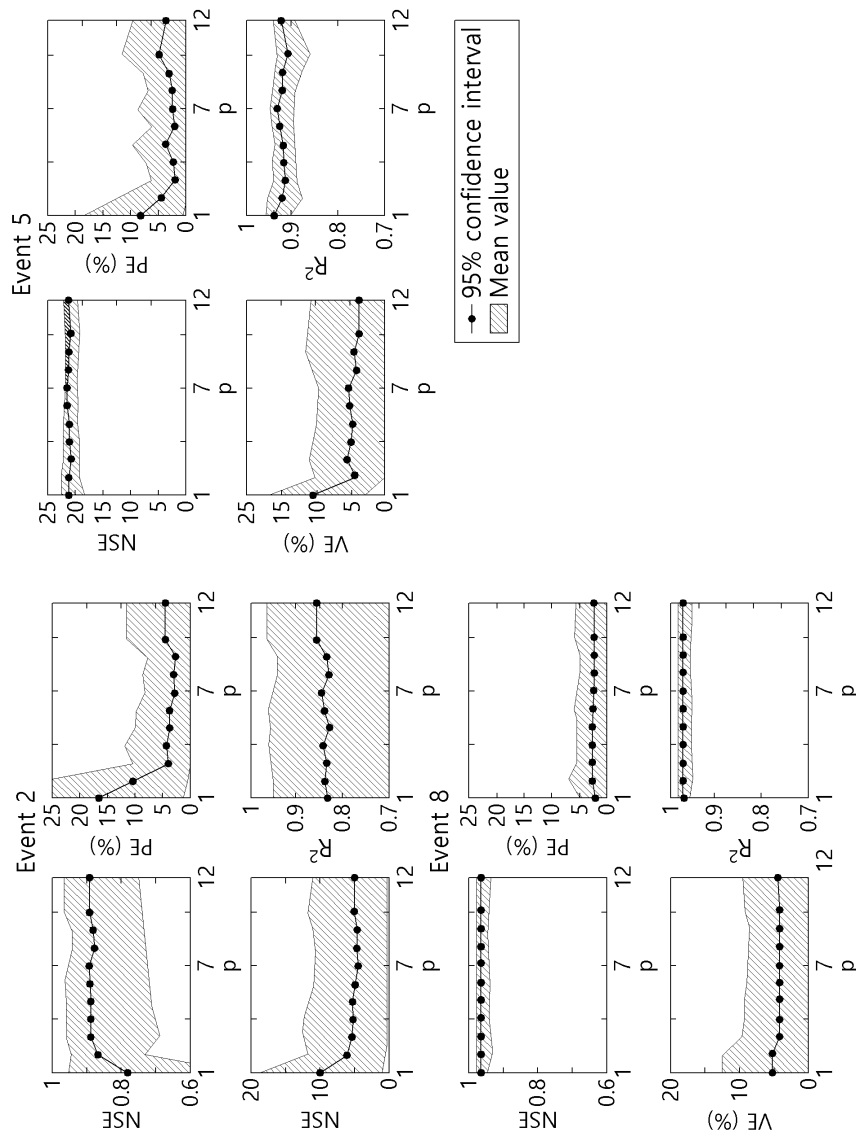
도면4



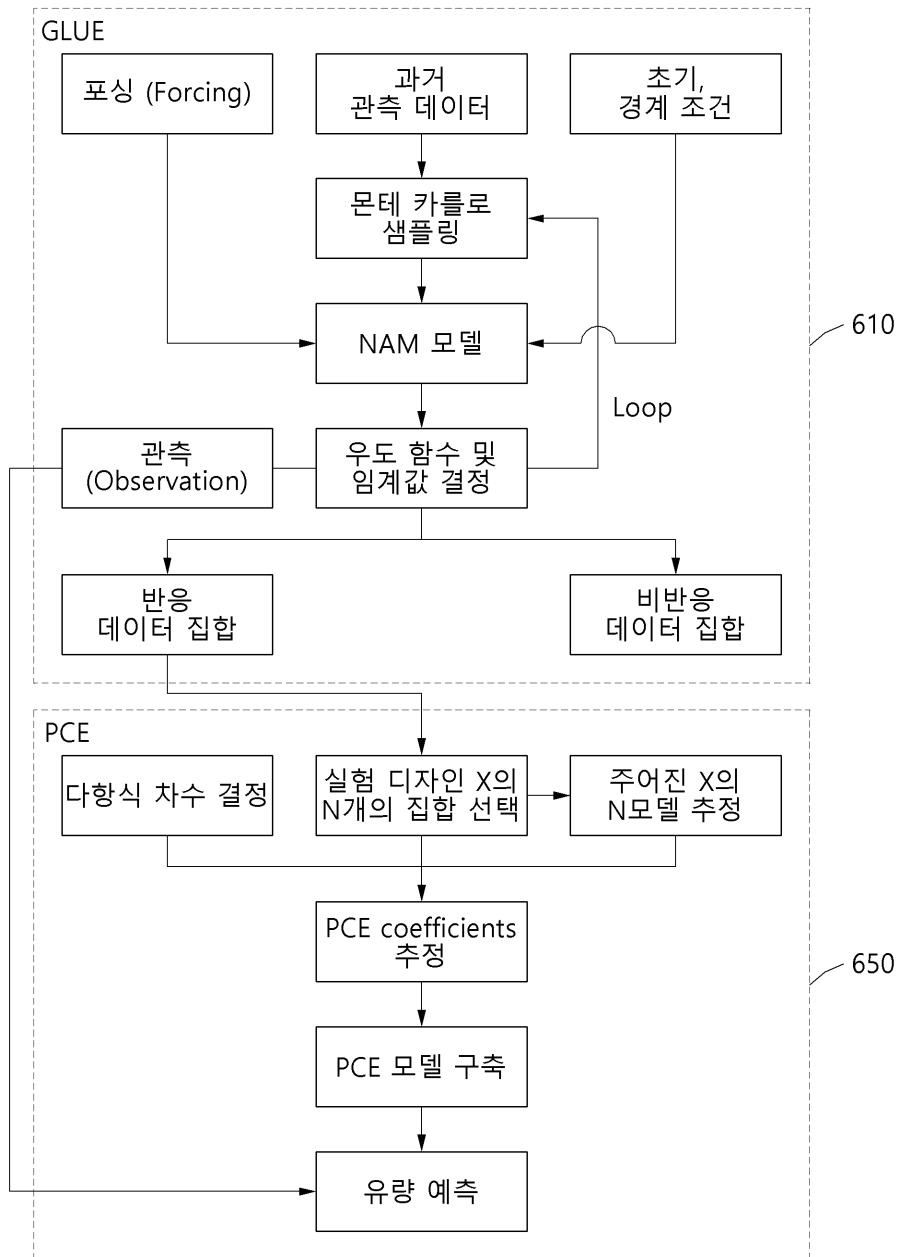
도면5a



도면5b



도면6



도면7

