



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월09일

(11) 등록번호 10-2752666

(24) 등록일자 2025년01월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 30/20 (2020.01) G06F 111/04 (2020.01)

G06F 113/08 (2020.01) G06Q 50/26 (2024.01)

(52) CPC특허분류

G06F 30/20 (2020.01)

G06Q 50/26 (2024.01)

(21) 출원번호 10-2024-0086499

(22) 출원일자 2024년07월01일

심사청구일자 2024년07월01일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170127087 A*

KR102328326 B1*

KR102584619 B1

KR102297368 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

김대식

대전광역시 서구 청사서로 70 무궁화아파트 203동 307호

(74) 대리인

최규성

전체 청구항 수 : 총 8 항

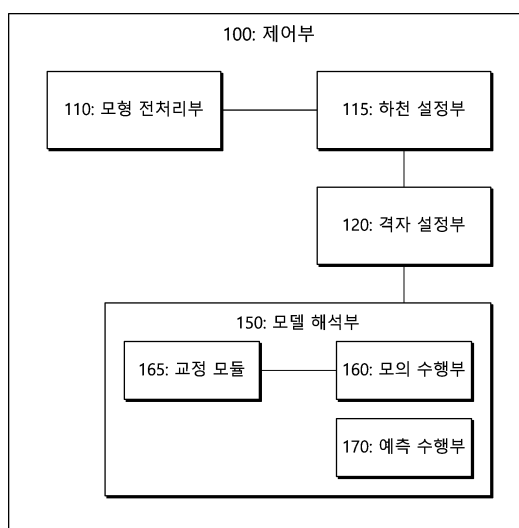
심사관 : 김호진

(54) 발명의 명칭 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 방법은 격자 기반의 분포형 수문 모형에 적용되는 대상이며 지형정보를 구비하는 대상 유역에 기설정된 크기의 복수의 격자로 분할하는 단계; 상기 복수의 격자를 초기 하천 격자 들의 집합과 초기 하천 인접 격자 들의 집합인 복수의 초기 격자로 설정하고, 기설정된 격자 해석 정책에 따라, 상기 복수의 초기 격자 중 제1 격자를, 하천 격자, 하천 인접 격자, 및, 저수지 격자를 구비하는 격자 라벨들 중 어느 하나로 라벨링하는 단계; 상기 복수의 초기 격자 중 하천 격자이고 제1 하천폭 및 길이를 구비하는 제1 초기 하천 격자의 제1 비하천 면적의 적어도 일부 면적을, 상기 제1 초기 하천 격자와 인접하는 상기 복수의 초기 격자 중 제1 초기 하천 인접 격자에, 기설정된 면적 배분 정책에 따라 배분하는 단계;를 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06F 2111/04 (2020.01)

G06F 2113/08 (2020.01)

Y02A 10/40 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1545026744
과제번호	322078032SB010
부처명	농림축산식품부
과제관리(전문)기관명	농림식품기술기획평가원
연구사업명	농업기반및재해대응기술개발
연구과제명	농업용 저수지의 강우-유출 해석 기술 개발
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

격자 기반의 분포형 수문 모형에 적용되는 대상이며 지형정보를 구비하는 대상 유역에 기설정된 크기의 복수의 격자로 분할하는 단계;

상기 복수의 격자를 초기 하천 격자 들의 집합과 초기 하천 인접 격자 들의 집합인 복수의 초기 격자로 설정하고, 기설정된 격자 해석 정책에 따라, 상기 복수의 초기 격자 중 제1 격자를,

하천폭 및 하천길이를 구비하며 하천이 있는 격자로 해석되는 하천 격자,

하천이 없는 격자로 해석되며 인접한 격자가 상기 하천 격자인 하천 인접 격자, 및

기설정된 저수지 판단용 저수 능력(A3) 이상의 저수 능력을 구비하는 저수지 격자를 구비하는 격자 라벨들 중 어느 하나로 라벨링하는 단계;

상기 복수의 초기 격자 중 하천 격자이고 제1 하천폭 및 길이를 구비하는 제1 초기 하천 격자의 제1 비하천 면적의 적어도 일부 면적을, 상기 제1 초기 하천 격자와 인접하는 상기 복수의 초기 격자 중 제1 초기 하천 인접 격자에, 기설정된 면적 배분 정책에 따라 배분하는 단계;

상기 복수의 초기 격자를 복수의 부정형 격자로 변형하는 단계; 및

상기 격자 기반의 분포형 수문 모형에 상기 복수의 초기 격자 대신 상기 복수의 부정형 격자로 대체하여 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형으로 수정하는 단계;를 포함하고,

상기 복수의 부정형 격자는,

상기 제1 초기 하천 격자가 상기 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적으로 구성된 격자로 변형된 제1 변형 하천 격자, 및

상기 제1 초기 하천 인접 격자가, 상기 초기 하천 격자 집합 중 상기 제1 초기 하천 인접 격자와 밀접하고 적어도 상기 제1 초기 하천 격자를 포함하는 제1 하천 격자 그룹으로부터 배분 받은 면적이 반영된 제1 변형 하천 인접 격자를 포함하고,

상기 제1 변형 하천 인접 격자의 제1 변형 격자 폭 및 길이 중,

상기 제1 변형 격자 폭은 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 폭과 동일하고,

상기 제1 변형 격자 길이는 상기 배분 받은 면적에 대응하여 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 길이에 비례하고,

상기 인접하는 한 쌍의 격자는 변 및 점 중 어느 하나를 공유하고,

상기 기설정된 면적 배분 정책은,

상기 제1 비하천 면적을 상기 초기 하천 인접 격자 집합 중 상기 제1 초기 하천 격자와 밀접하는 제1 하천 인접 격자 그룹의 격자 개수로 나누어진 제1 균등 분할 면적으로 배분하는 균등 배분 정책; 및

상기 제1 초기 하천 인접 격자에 상기 제1 균등 분할 면적에 제1 가중치를 곱한 면적을 배분하는 가중치 적용 배분 정책; 중 어느 하나이고,

상기 제1 가중치는 상기 제1 초기 하천 인접 격자에서 상기 제1 초기 하천 격자로 유입되는 지표 흐름의 크기에 비례하고,

상기 제1 하천 인접 격자 그룹에 상기 가중치 적용 배분 정책에 의해 배분된 총 면적은 상기 제1 비하천 면적과 동일한,

부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1 초기 하천 격자가 상기 격자 해석 정책에 의해 하천 격자로 적용되는 경우는,

상기 지형정보에 의한 상기 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적이 기설정된 하천 인정 면적(A1) 이상인 제 1 격자 해석 정책;

해당 격자에서의 집수 구역 면적이 기설정된 하천 판단용 집수 면적(A2) 이상인 제2 격자 해석 정책; 및

상기 제1 및 제2 격자 해석 정책 모두가 적용된 제3 격자 해석 정책 중 어느 한 정책이 적용된 경우인, 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 기반으로, 실측된 서로 대응하는 모의용 강우 및 유출 자료 중 상기 모의용 강우 자료를 기초로 수문 모의 실행하는 단계;를 더 포함하는,

부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용하여, 현재의 강우 자료를 기초로, 상기 복수의 격자 중 제2 격자에서의 수문 유출을 예측하는 단계;를 더 포함하는,

부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 예측된 수문 유출의 유출량 및 상기 제2 격자의 제2 하천폭을 기초로, 상기 제2 격자에서의 수위를 산출하는 단계;를 더 포함하는,

부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 수문 유출 예측 단계는, 상기 저수지 격자에서의 유입량과 방류량을 기초로 홍수 조절 효과를 모의하는 단계를 구비하는,

부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 저수지 격자는 저수지 제원을 구비하고,

상기 저수지 격자에서의 유입량과 방류량, 및 상기 저수지 제원으로부터, 상기 저수지 격자에서의 수위를 산출하는 단계;를 더 포함하는,

부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법.

청구항 8

격자 기반의 분포형 수문 모형에 적용되는 대상이며 지형정보를 구비하는 대상 유역에 기설정된 크기의 복수의 격자로 분할하는 모형 전체리부;

상기 복수의 격자를 초기 하천 격자 들의 집합과 초기 하천 인접 격자 들의 집합인 복수의 초기 격자로 설정하고, 기설정된 격자 해석 정책에 따라, 상기 복수의 초기 격자 중 제1 격자를,

하천폭 및 하천길이를 구비하며 하천이 있는 격자로 해석되는 하천 격자,

하천이 없는 격자로 해석되며 인접한 격자가 상기 하천 격자인 하천 인접 격자, 및,

기설정된 저수지 판단용 저수 능력(A3) 이상의 저수 능력을 구비하는 저수지 격자를 구비하는 격자 라벨들 중 어느 하나로 라벨링하는 하천 설정부(115);

상기 복수의 초기 격자 중 하천 격자이고 제1 하천폭 및 길이를 구비하는 제1 초기 하천 격자의 제1 비하천 면적의 적어도 일부 면적을, 상기 제1 초기 하천 격자와 인접하는 상기 복수의 초기 격자 중 제1 초기 하천 인접 격자에, 기설정된 면적 배분 정책에 따라 배분하고,

상기 복수의 초기 격자를 복수의 부정형 격자로 변형하고,

상기 격자 기반의 분포형 수문 모형에 상기 복수의 초기 격자 대신 상기 복수의 부정형 격자로 대체하여 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형으로 수정하는 격자 설정부;를 포함하고,

상기 복수의 부정형 격자는,

상기 제1 초기 하천 격자가 상기 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적으로 구성된 격자로 변형된 제1 변형 하천 격자, 및

상기 제1 초기 하천 인접 격자가, 상기 초기 하천 격자 집합 중 상기 제1 초기 하천 인접 격자와 밀접하고 적어도 상기 제1 초기 하천 격자를 포함하는 제1 하천 격자 그룹으로부터 배분 받은 면적이 반영된 제1 변형 하천 인접 격자를 포함하고,

상기 제1 변형 하천 인접 격자의 제1 변형 격자 폭 및 길이 중,

상기 제1 변형 격자 폭은 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 폭과 동일하고,

상기 제1 변형 격자 길이는 상기 배분 받은 면적에 대응하여 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 길이에 비례하고,

상기 인접하는 한 쌍의 격자는 변 및 점 중 어느 하나를 공유하고,

상기 기설정된 면적 배분 정책은,

상기 제1 비하천 면적을 상기 초기 하천 인접 격자 집합 중 상기 제1 초기 하천 격자와 밀접하는 제1 하천 인접 격자 그룹의 격자 개수로 나누어진 제1 균등 분할 면적으로 배분하는 균등 배분 정책; 및

상기 제1 초기 하천 인접 격자에 상기 제1 균등 분할 면적에 제1 가중치를 곱한 면적을 배분하는 가중치 적용 배분 정책; 중 어느 하나이고,

상기 제1 가중치는 상기 제1 초기 하천 인접 격자에서 상기 제1 초기 하천 격자로 유입되는 지표 흐름의 크기에 비례하고,

상기 제1 하천 인접 격자 그룹에 상기 가중치 적용 배분 정책에 의해 배분된 총 면적은 상기 제1 비하천 면적과 동일한,

부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 유역의 물순환을 분석하는 도구인 수문모형은 집중형(lumped), 준분포형(semi-distributed), 분포형(distributed) 모형으로 구분할 수 있다. 집중형 모형은 하나의 유역을 하나의 수문단위로 보고 해석하며, 준분포형 모형은 소-유역을 하나의 수문단위로 해석하며, 격자 기반의 분포형 모형은 개별 격자를 하나의 수문단위로 해석한다.
- [0003] 집중형 및 준분포형은 그 구획 내부에서의 순환과정이 무시되는 한계가 존재하나, 격자 기반의 분포형 모형은 유역 내의 다양한 토지이용, 지질, 지형의 영향을 반영할 수 있다. 이에 통합 물관리를 위해 유역 내부의 다양한 수문 순환 과정을 물리적으로 파악할 수 있는 분포형 수문모형이 적합하다.
- [0004] 기후변화로 초대형 태풍, 국지성 폭우, 집중호우 등 홍수 발생빈도 및 피해 규모가 증가하고 있는 추세이며, 홍수피해의 저감을 위해서 홍수 예경보 등을 위해 정확하고 신속한 수문 예측 시스템이 필요하다.
- [0005] 현재 운영되고 있는 권역별(한강, 낙동강, 금강, 영산강) 홍수예보 시스템과 비교하여 농업용 저수지의 유역 강우-유출과 저수지 홍수량 예측을 위한 시스템 개발과 운영은 미비한 실정이며, 한국농어촌공사에서 다양한 모델을 도입하여 시스템 개발을 시도하였으나 실제 사용에 어려움을 겪고 있다. 특히, 국지성 호우의 빈번한 발생 등을 고려한 실시간 기상예보 자료와 저수지의 저수위 실시간 측정 자료를 IT와 연계한 농업용 저수지 유역의 시간적 공간적 홍수 예측평가 시스템이 필요하다. 실제 사용할 수 있는 신뢰성과 사용의 편의성을 갖춘 분포형 강우 유출 모형(홍수 예측 모형)이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) KR 10-2584619 B1
(특허문헌 0002) KR 10-2297368 B1
(특허문헌 0003) KR 10-2328326 B1
(특허문헌 0004) KR 10-2390061 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 목적은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치 및 그 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 방법은, 격자 기반의 분포형 수문 모형에 적용되는 대상이며 지형정보를 구비하는 대상 유역에 기설정된 크기의 복수의 격자로 분할하는 단계; 상기 복수의 격자를 초기 하천 격자 들의 집합과 초기 하천 인접 격자 들의 집합인 복수의 초기 격자로 설정하고, 기설정된 격자 해석 정책에 따라, 상기 복수의 초기 격자 중 제1 격자를 하천 격자, 및 하천 인접 격자를 구비하는 격자 라벨들 중 어느 하나로 라벨링하는 단계; 및 상기 복수의 초기 격자 중 하천 격자이고 제1 하천폭 및 길이를 구비하는 제1 초기 하천 격자의 제1 비하천 면적의 적어도 일부 면적을, 상기 제1 초기 하천 격자와 인접하는 상기 복수의 초기 격자 중 제1 초기 하천 인접 격자에, 기설정된 면적 배분 정책에 따라 배분하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 복수의 초기 격자를 복수의 부정형 격자로 변형하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 격자 기반의 분포형 수문 모형에 상기 복수의 초기 격자 대신 상기 복수의 부정형 격자로 대체하여 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형으로 수정하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 제1 격자가 하천폭 및 하천길이를 구비하며 하천이 있는 격자이면, 상기 제1 격자는 상기 하천 격자로 라벨링될 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 제1 격자가 하천이 없는 격자로 해석되며 인접한 격자가 상기 하천 격자이면, 상기 제1 격자는 상기 하천 인접 격자로 라벨링될 수 있다.

- [0013] 또한, 상기 제1 격자가 기설정된 저수지 판단용 저수 능력(A3) 이상의 저수 능력을 구비하면, 상기 제1 격자는 저수지 격자로 라벨링될 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 저수지 격자는 저수지 제원을 구비할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 저수지 제원은 초기 저수율, 여수토 표고, 최대 저수량, 제방 표고, 사수위, 여수토 유량 계수, 여수토 높이, 및 여수토 폭 중 적어도 하나를 구비할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 제1 격자가 상기 하천 격자 및 하천 인접 격자에 해당하지 않으면, 상기 제1 격자는 상기 비변형 격자로 라벨링되거나 어떠한 라벨로도 라벨링되지 않을 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 복수의 부정형 격자는, 상기 제1 초기 하천 격자가 상기 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적으로 구성된 격자로 변형된 제1 변형 하천 격자, 및 상기 제1 초기 하천 인접 격자가, 상기 초기 하천 격자 집합 중 상기 제1 초기 하천 인접 격자와 밀접하고 적어도 상기 제1 초기 하천 격자를 포함하는 제1 하천 격자 그룹으로부터 배분 받은 면적이 반영된 제1 변형 하천 인접 격자를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 인접하는 한 쌍의 격자는 변 및 점 중 어느 하나를 공유할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 제1 변형 하천 인접 격자의 제1 변형 격자 폭 및 길이 중, 상기 제1 변형 격자 폭은 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 폭과 동일한 것이 바람직하다.
- [0020] 또한, 상기 제1 변형 하천 인접 격자의 제1 변형 격자 폭 및 길이 중, 상기 제1 변형 격자 길이는 상기 배분 받은 면적에 대응하여 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 길이에 비례하는 것이 바람직하다.
- [0021] 또한, 상기 면적 배분 정책은, 상기 제1 비하천 면적을 상기 초기 하천인접 격자 집합 중 상기 제1 초기 하천 격자와 밀접하는 제1 하천 인접 격자 그룹의 격자 개수로 나누어진 제1 균등 분할 면적으로 배분하는 균등 배분 정책; 및 상기 제1 초기 하천 인접 격자에 상기 제1 균등 분할 면적에 제1 가중치를 곱한 면적을 배분하는 가중치 적용 배분 정책; 중 어느 하나일 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 제1 가중치는 상기 제1 초기 하천 인접 격자에서 상기 제1 초기 하천 격자로 유입되는 지표 흐름의 크기에 비례할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 제1 하천 인접 격자 그룹에 상기 가중치 적용 배분 정책에 의해 배분된 총 면적은 상기 제1 비하천 면적과 동일한 것이 바람직하다.
- [0024] 또한, 상기 제1 초기 하천 격자가 상기 격자 해석 정책에 의해 하천 격자로 적용되는 경우는, 상기 지형정보에 의한 상기 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적이 기설정된 하천 인정 면적(A1) 이상인 제1 격자 해석 정책; 해당 격자에서의 집수 구역 면적이 기설정된 하천 판단용 집수 면적(A2) 이상인 제2 격자 해석 정책; 및 상기 제1 및 제2 격자 해석 정책 모두가 적용된 제3 격자 해석 정책 중 어느 한 정책이 적용된 경우일 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 기반으로, 실측된 서로 대응하는 모의용 강우 및 유출 자료 중 상기 모의용 강우 자료를 기초로 수문 모의 실행하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 모의용 유출 자료를 기초로, 상기 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형의 복수의 매개 변수 중 일부 매개 변수를 교정하여, 최적의 매개 변수를 도출하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 교정되는 일부 매개 변수는 기설정된 하천의 조도 계수를 조정하는 조도 계수 인자; 기설정된 하천의 길이를 조정하는 하천 길이 인자; 기설정된 토양도에서 구한 유효 토심 평균값을 조정하는 토층 두께 인자; 및 토양 침투율을 조정하는 토양 침투율 인자; 중 적어도 하나를 구비할 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용하여, 현재의 강우 자료를 기초로, 상기 복수의 격자 중 제2 격자에서의 수문 유출을 예측하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형에 상기 최적 매개 변수가 적용되어 교정된 최적 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용하여, 현재의 강우 자료를 기초로, 상기 복수의 격자 중 제2 격자에서의 수문 유출을 예측하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 예측된 수문 유출의 유출량 및 상기 제2 격자의 제2 하천폭을 기초로, 상기 제2 격자에서의 수위를 산출하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 수문 유출 예측 단계는, 상기 저수지 격자에서의 유입량과 방류량을 기초로 홍수 조절 효과를 모의

하는 단계를 구비할 수 있다.

[0032] 또한, 상기 저수지 격자에서의 유입량과 방류량, 및 상기 저수지 제원으로부터, 상기 저수지 격자에서의 수위를 산출하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0033] 본 발명의 다른 실시예에 따른 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형은 이용한 수문 해석 장치는, 격자 기반의 분포형 수문 모형에 적용되는 대상이며 지형정보를 구비하는 대상 영역에 기설정된 크기의 복수의 격자로 분할하는 모형 전처리부(110); 상기 복수의 격자를 초기 하천 격자 들의 집합과 초기 하천 인접 격자 들의 집합인 복수의 초기 격자로 설정하고, 기설정된 격자 해석 정책에 따라, 상기 복수의 초기 격자 중 제1 격자를, 하천폭 및 하천길이를 구비하며 하천이 있는 격자로 해석되는 하천 격자, 하천이 없는 격자로 해석되며 인접한 격자가 상기 하천 격자인 하천 인접 격자, 및, 기설정된 저수지 판단용 저수 능력(A3) 이상의 저수 능력을 구비하는 저수지 격자를 구비하는 격자 라벨들 중 어느 하나로 라벨링하는 하천 설정부(115); 상기 복수의 초기 격자 중 하천 격자이고 제1 하천폭 및 길이를 구비하는 제1 초기 하천 격자의 제1 비하천 면적의 적어도 일부 면적을, 상기 제1 초기 하천 격자와 인접하는 상기 복수의 초기 격자 중 제1 초기 하천 인접 격자에, 기설정된 면적 배분 정책에 따라 배분하고, 상기 복수의 초기 격자를 복수의 부정형 격자로 변형하고, 상기 격자 기반의 분포형 수문 모형에 상기 복수의 초기 격자 대신 상기 복수의 부정형 격자로 대체하여 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형으로 수정하는 격자 설정부(120);를 포함하고, 상기 복수의 부정형 격자는, 상기 제1 초기 하천 격자가 상기 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적으로 구성된 격자로 변형된 제1 변형 하천 격자, 및 상기 제1 초기 하천 인접 격자가, 상기 초기 하천 격자 집합 중 상기 제1 초기 하천 인접 격자와 밀접하고 적어도 상기 제1 초기 하천 격자를 포함하는 제1 하천 격자 그룹으로부터 배분 받은 면적이 반영된 제1 변형 하천 인접 격자를 포함하고, 상기 제1 변형 하천 인접 격자의 제1 변형 격자 폭 및 길이 중, 상기 제1 변형 격자 폭은 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 폭과 동일하고, 상기 제1 변형 격자 길이는 상기 배분 받은 면적에 대응하여 상기 제1 초기 하천 인접 격자의 길이에 비례할 수 있다.

발명의 효과

[0034] 본 발명에 따른 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치 및 그 방법은 기존의 격자 기반의 분포형 수문 모형의 고정된 격자 대신, 하천 격자의 비하천 면적을 인접한 지표 격자로 분배하여, 모델 해석을 신속하고, 종합적으로 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치의 내부 구성을 나타내는 블록 구성도(block diagram)이다.

도 2는 도 1의 제어부의 내부 블록 구성도이다.

도 3은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형의 구조를 도시한다. 도 4는 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형의 수리학적/수문학적 물흐름 해석 개념도를 도시한다.

도 5는 다양한 격자 해상도를 도시한다. 도 6은 하천 격자에 하천폭이 적용된 것 및 쿼드 트리 격자가 적용된 것을 도시한다.

도 7은 본 발명의 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치의 해석 방법의 순서도이다.

도 8 및 도 9는 초기 격자가 부정형 격자로 변형되는 것을 도시한다.

도 10은 와룡저수지의 대상 영역의 초기 격자가 부정형 격자로 변형되는 과정을 도시한다.

도 11은 수문인자의 물리적 특성값을 도시한다.

도 12는 보정하는 매개 변수와 수문 곡선과의 관계를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

[0037] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유

사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다. '또는'은 전후 문맥상 논리적 배타함으로 해석될 수 있으나, 일반적으로 '그렇지 않으면', '논리적 배타함' 등의 직접적인 묘사가 없는 한, '및/또는'과 같은 의미, 즉, 논리함으로 해석한다.

- [0038] 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. 또한 네트워크 상의 제1 구성요소와 제2 구성요소가 연결되어 있거나 접속되어 있다는 것은, 유선 또는 무선으로 제1 구성요소와 제2 구성요소 사이에 데이터를 주고 받을 수 있음을 의미한다.
- [0039] 또한, 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 단순히 본 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되는 것으로서, 그 자체로 특별히 중요한 의미 또는 역할을 부여하는 것은 아니다. 따라서, 상기 "모듈" 및 "부"는 서로 혼용되어 사용될 수도 있다.
- [0040] 이와 같은 구성요소들은 실제 응용에서 구현될 때 필요에 따라 2 이상의 구성요소가 하나의 구성요소로 합쳐지거나, 혹은 하나의 구성요소가 2 이상의 구성요소로 세분되어 구성될 수 있다. 도면 전체를 통하여 동일하거나 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 부여하였고, 동일한 도면 부호를 가지는 구성요소에 대한 자세한 설명은 전술한 구성요소에 대한 설명으로 대체되어 생략될 수 있다.
- [0041] 또한, 본 발명은 본 명세서에 표시된 실시예들의 모든 가능한 조합들을 망라한다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적이지 않다. 본 명세서에 기술된 특정 형상, 구조, 기능, 및 특성의 일 실시예는 다른 실시예로 구현될 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제2 실시예에서 언급되는 구성요소는 제1 및 제2 실시예의 모든 기능을 수행할 수 있다.
- [0042] 도 1은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치의 내부 구성을 나타내는 블록 구성도(block diagram)이다. 도 2는 도 1의 제어부의 내부 블록 구성도이다. 도 3은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형의 구조를 도시한다. 도 4는 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형의 수리학적/수문학적 물흐름 해석 개념도를 도시한다. 도 5는 다양한 격자 해상도를 도시한다. 도 6은 하천 격자에 하천폭이 적용된 것 및 쿼드 트리 격자가 적용된 것을 도시한다. 도 7은 본 발명의 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치의 해석 방법의 순서도이다.
- [0043] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치는 제어부(100), 및 저장부(200)를 포함할 수 있다. 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치는 통신부(230), 입력부(240), 및 출력부(250) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [0044] 통신부(230)는 유/무선 통신 기술을 이용하여 외부 장치와 통신할 수 있다. 외부 장치는 관계 장치나 관리자(사용자)의 이동통신 단말기 등을 포함할 수 있다.
- [0045] 본 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치에 이용되는 통신 기술은 무선 통신 기술을 이용하는 것이 바람직하다. 무선 통신 기술로 근거리 통신 기술, 무선 인터넷 기술, GPS 기술, 이동통신 기술, 및 저전력 광역 네트워크 기술 등이 이용될 수 있다.
- [0046] 통신부(230)는 특히, 인터넷을 이용하여, 외부 서버의 자료를 수신할 수 있다. 예를 들어, 자료는 지형정보, 실측되고 있거나 실측되었던 강우 자료, 강우 자료에 대응하는 수문 곡선이나 수문 유출 자료 등이 있을 수 있다. 이러한 자료는 통신부(230) 이외에, 입력부(240)나 다른 인터페이스(미도시)를 통해 수신될 수 있다.
- [0047] 입력부(240)는 사용자가 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치의 동작 제어를 위하여 입력하는 키 입력 데이터를 발생시킬 수 있다. 입력부(240)는 사용자의 푸시 또는 터치 조작에 의해 명령 또는 정보를 입력받을 수 있는 키 패드(key pad), 돔 스위치(dome switch), 터치 패드(정압/정전) 등으로 구성될 수 있다. 입력부(240)는 키보드, 마우스 등으로 구성될 수 있다.
- [0048] 출력부(250)는 오디오 신호 또는 비디오 신호 또는 알람(alarm) 신호의 출력을 위한 것이다. 출력부(150)는 디스플레이 모듈, 및 음향 출력 모듈을 구비할 수 있다.
- [0049] 디스플레이 모듈은 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치에서 처리되는 정보를 표시 출력한다. 디스플레이 모듈은 터치 스크린, 액정 디스플레이(liquid crystal display), 박막 트랜지스터 액정

디스플레이(thin film transistor-liquid crystal display), 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode), 플렉시블 디스플레이(flexible display), 3차원 디스플레이(3D display) 중에서 적어도 하나를 포함할 수도 있다.

- [0050] 음향 출력 모듈은 스피커 등을 구비하며, 소리를 출력할 수 있다.
- [0051] 제어부(100)는 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치의 각 부의 동작을 제어하며, 본 장치의 전반적인 동작에 대한 제어 및 처리를 수행할 수 있다. 제어부(100)는 마이크로 컨트롤러나 중앙처리장치로 해석될 수 있다. 예컨대, 제어부(100)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 제어부(100)에 의해 실행되는 경우, 본 장치로 하여금 다양한 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0052] 저장부(200)는 제어부(100)의 처리 및 제어를 위한 프로그램을 저장할 수 있고, 입력되거나 출력되는 데이터들의 임시 저장을 위한 기능을 수행할 수도 있다. 저장부(200)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램, 롬 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.
- [0053] 저장부(200)는 데이터를 데이터베이스화하여 저장하거나, 데이터베이스 자체를 의미하거나, 데이터베이스를 구비할 수 있다. 저장부(200)는 데이터를 체계적으로 관리 구축하기 위한 별도의 모듈을 구비할 수 있다.
- [0054] 저장부(200)는 작업수행 및 기 작업이 수행되었던 내역 및 사용자 등에 대한 정보를 저장할 수 있다. 저장부(200)는 외부에 별도로 구비되는 저장 장치 또는 외부 전산망에 구비되는 저장장치 등과의 접속을 통하여 정보 및/또는 데이터를 저장할 수 있다. 빅데이터의 특징을 갖는 딥러닝 결과를 분산저장하거나, 외부에 별도로 저장하여, 요청시 호출하여 적용할 수 있다.
- [0055] 제어부(100)는 저장부(200) 내의 데이터에 접근하거나, 데이터를 관리할 수 있다. 데이터 관리는 데이터를 조회, 수정, 및/또는 업로드 등을 의미할 수 있다.
- [0056] 제어부(100)는 사용자의 요청이나 지시를 해석하고 실행하거나, 지시에 따른 작업이 수행되거나 결과를 제공하기 위한 모든 기능을 제어할 수 있다.
- [0058] 도 2를 참조하면, 제어부(100)는 모형 전처리부(110), 하천 설정부(115), 격자 설정부(120), 및 모의 수행부(150)를 구비할 수 있다. 이하 도 7의 순서도를 참조하여 설명한다.
- [0059] 모형 전처리부(110)는 격자 기반의 분포형 수문 모형, 격자 기반의 분포형 수문 모형에 사용되는 여러 자료나 매개 변수 등을 준비(전처리)(S310)하여, 본 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용한 수문 해석 장치가 수문 모형을 변형하고 변형된 수문 모형을 이용하여 수문 해석을 하도록 할 수 있다.
- [0060] 격자 기반의 분포형 수문 모형은 기존에 사용되는 어떠한 수문 모형이어도 무방하다.
- [0061] 본 격자 기반의 분포형 수문 모형은 공간적인 비균질성을 고려하여 격자 또는 셀 단위에서 물리적인 유출 과정을 모형화한 수문 모델(모형)을 의미할 수 있다. 격자 기반의 분포형 수문 모형은 유역의 상세한 유출과정을 추적할 수 있고, 토지이용의 변화 등에 대응이 가능하며 저류, 침투시설 등 유역에 분포하는 시설의 영향을 표현할 수 있고 미계측유역에도 적용할 수 있다.
- [0062] 격자 기반의 분포형 수문 모형은 K-water(Park & Hur, 2008)에서 개발한 K-DRUM 등, 기존의 모델일 수 있다.
- [0063] 이러한 모델은 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고, 각각의 셀에 대한 지형, 지표 및 토양의 물리적인 특성들을 매개변수로 하여 주어진 시간간격별로 침투, 침투, 지표 및 지표하 유출, 가정된 기저유량을 산정한 후 격자 물수지법에 의해 흐름경로를 따라 인접한 셀들로부터의 유입량과 중심 셀에서의 유출량에 대한 물수지를 계산함으로써 유역의 전반적인 수문량에 대한 시간적 변화와 공간적인 분포를 파악할 수 있다.
- [0064] 도 3을 참조하면, 격자 기반의 분포형 수문 모형 또는 후술하는 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형의 격자 물흐름 구조에 기초하여, 유출 해석을 위하여 지표셀은 3개 층(지표, 불포화 및 포화 지표하층)으로, 하천셀은 단일층으로 구성되어 있으며, 각각의 셀에 대해 여러 식들에 의하여 계산된 결과들을 이용하여 격자 물수지가 계산되며, 임의 시간에 계산된 격자별 물수지 결과는 입력자료 및 모형의 매개변수와 함께 다음 시간으로 전달되어 각 격자의 물수지 변화를 추적하게 된다. 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형은 격자 설정부(120) 및/또는 모의 수행부(150)에 의해 기존의 격자 기반의 분포형 수문 모형이 변형 조정된 것이다. 자세한 내용은 뒤에

서 설명한다.

- [0065] 도 3 및 도 4를 참조하면, 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형은 GIS 자료와 강우자료를 기초로, 초기조건, 하천조건, 토양조건에 대한 매개변수들을 설정하여 각 유역에 최적화할 수 있다. 본 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 해석하면, 지표수 흐름, 지표하(토양층) 흐름, 지하수 흐름 등에 대한 물리적인 관계를 고려하여 지표수 수심, 토양수분량, 지하수 수위를 분석할 수 있다. 이러한 내용 중 일부는 기존의 격자 기반의 분포형 수문 모형의 해석에 적용될 수 있다.
- [0067] 도 7을 참조하면, 모형 전처리부(110)는 격자 기반의 분포형 수문 모형에 적용되는 대상이며 지형정보를 구비하는 대상 유역을 설정할 수 있다(S310). 이 외에 모형 전처리부(110)는 지형정보를 포함하는 공간자료, 실측되고 있거나 실측되었던 강우 자료, 강우 자료에 대응하는 수문 곡선이나 수문 유출 자료 등을 준비하거나, 통신부(230)를 통해 다운 받을 수 있다. 지형 정보는 GIS(Geographic Information System) 정보일 수 있다.
- [0068] 모형 전처리부(110)는 대상 유역을 기설정된 크기(격자 해상도)의 복수의 격자로 분할할 수 있다(S315).
- [0069] 격자 해상도는 정사각형인 것이 바람직하나, 이에 한정되지 않고 직사각형일 수 있다.
- [0070] 격자 해상도의 크기는 하천폭과 무관하게 결정될 수 있으며, 계산 시간과 정확도가 트레이드 오프(trade off)되는 범위에서 정해질 수 있다. 예를 들어, 격자 해상도는 500mX500m 일 수 있다. 이 경우, 컴퓨팅 자원이 많이 소모되지 않으면서 계산 속도가 빠르며, 정확한 수문 해석이 가능하였다. 격자 해상도는 대상 유역의 환경이나 크기 등에 따라 달라질 수 있으며, 이는 전체 면적을 N으로 나눈 크기의 루트 값이거나, 회귀 분석 등을 통해 찾은 적절한 크기일 수 있다.
- [0071] 하천 설정부(115)는 복수의 격자를 초기 하천 격자 들의 집합과 초기 하천 인접 격자 들의 집합인 복수의 초기 격자로 분류할 수 있다(S320).
- [0072] 하천 설정부(115)는 기설정된 격자 해석 정책에 따라, 복수의 초기 격자 중 제1 격자를, 하천 격자, 하천 인접 격자, 저수지 격자, 및 비변형 격자를 포함하는 격자 라벨들 중 어느 하나로 라벨링할 수 있다.
- [0073] 하천 격자는 하천폭 및 하천길이를 구비하며 하천이 있는 격자로 해석될 수 있는 경우의 격자 라벨이다.
- [0074] 하천 격자는 지형 정보에 하천이 있으면 설정될 수 있으나, 해당 격자에 하천의 영향이 미비한 경우가 있을 수 있어, 이러한 설정 방법 보다는 다음의 격자 해석 정책을 적용하는 것이 더 바람직하다.
- [0075] 초기 하천 격자 들의 집합인 초기 하천 격자 집합 중 제1 초기 하천 격자는, i) 지형정보에 의한 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적이 기설정된 하천 인정 면적(A1) 이상인 제1 격자 해석 정책, ii) 해당 격자에서의 집수 구역 면적이 기설정된 하천 판단용 집수 면적(A2) 이상인 제2 격자 해석 정책; 및 iii) 제1 및 제2 격자 해석 정책 모두가 적용된 제3 격자 해석 정책 중 어느 한 정책이 적용된 경우일 수 있다.
- [0076] 제3 격자 해석 정책이 적용되는 것이 바람직하다. 제1 격자 해석 정책은 제1 격자의 면적 대비 하천의 면적이 특정 비율 이상이면 하천 격자로 취급하는 정책이다. 제2 격자 해석 정책은 해당 격자가 하천 흐름 특성을 가지는 지 판단할 수 있는 지표를 제공한다. 또한 하천 판단용 집수 면적(A2)은 후술하는 매개 변수 중 하나를 교정하는데 이용된다. 제1 및 제2 격자 해석 정책이 적용되면, 해당 격자는 하천 흐름 특성이 강력히 반영될 수 있다.
- [0077] 하천 판단용 집수 면적(A2)은 100헥타르(ha)와 같이 미리 설정될 수 있다.
- [0078] 하천 설정부(115)는 복수의 초기 격자 중 하천이 없는 격자로 해석되며 인접한 격자가 하천 격자인 격자를 하천 인접 격자로 라벨링할 수 있다.
- [0079] 격자 라벨들은 저수지 격자를 더 구비할 수 있다. 하천 설정부(115)는 복수의 초기 격자 중 기설정된 저수지 판단용 저수 능력(A3) 이상의 저수 능력을 구비하는 격자를 저수지 격자로 라벨링할 수 있다. 해당 격자가 댐, 저수지, 호수, 담, 못 등인 경우, 이에 해당될 수 있다. 다만 저수량이 기설정된 저수지 판단용 저수 능력(A3)(저수량) 이상인 것이 바람직하다.
- [0080] 하천 설정부(115)는 복수의 부정형 격자 중 하천 격자, 하천 인접 격자, 및 저수지 격자 중 어느 것에도 해당하지 않으면, 비변형 격자로 라벨링하거나, 아무런 액션을 취하지 않을 수 있다. 라벨링이 없는 경우, 비변형 격자로 해석할 수 있다.
- [0081] 격자 설정부(120)는 복수의 초기 격자 중 하천 격자이고 제1 하천폭 및 길이를 구비하는 제1 초기 하천 격자의

제1 비하천 면적의 적어도 일부 면적을, 제1 초기 하천 격자와 인접하는 복수의 초기 격자 중 제1 초기 하천 인접 격자에, 기설정된 면적 배분 정책에 따라 배분할 수 있다(S325).

[0082] 격자 설정부(120)는 복수의 초기 격자를 복수의 부정형 격자로 변형할 수 있다(S330).

[0083] 격자 설정부(120)는 격자 기반의 분포형 수문 모형에 복수의 초기 격자 대신 복수의 부정형 격자로 대체하여 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형으로 수정할 수 있다(S335).

[0084] 여기서, 복수의 부정형 격자는, 제1 초기 하천 격자가 제1 하천폭 및 길이에 따른 면적으로 구성된 격자로 변형된 제1 변형 하천 격자, 및 제1 초기 하천 인접 격자가, 초기 하천 격자 집합 중 제1 초기 하천 인접 격자와 밀접하고 적어도 제1 초기 하천 격자를 포함하는 제1 하천 격자 그룹으로부터 배분 받은 면적이 반영된 제1 변형 하천 인접 격자를 포함할 수 있다.

[0086] 기존의 격자 기반의 분포형 수문 모형은 격자수의 증가에 따른 계산시간 문제, 격자별로 존재하는 많은 매개 변수들의 보정과 검증 문제, 하천폭을 반영할 수 있는 격자의 크기와 특성 반영 문제, 매개 변수 최적화 문제 등으로 인하여 사용에 어려움을 겪고 있다.

[0087] 도 5 및 격자 크기를 하천에 적용한 도 6(a)를 참조하면, 하천의 폭을 실제와 비슷하게 적용하기 위해, 격자 크기를 줄이면, 하천의 폭은 격자 크기로 줄어 들게 된다. 그러나 모든 하천 구간에서 획일적으로 동일하게 하천 폭이 정해지므로, 다양한 하천폭이 적용될 수 없다. 또한 격자 크기를 줄이면, 격자 개수는 기하 급수적으로 증가하여, 높은 컴퓨팅 능력이나 오랜 계산 시간이 필요하게 된다. 또한 격자 크기를 그대로 하천 흐름에 반영하는 경우 비현실적이어서, 기존의 모델들은 하천 흐름 계산을 배제하였다.

[0088] 도 5 및 격자 크기를 쿼드트리(Quad Tree) 방식으로 하천에 적용하는 도 6(b)를 참조하면, 하천 부분의 격자 크기는 쿼드트리 프랙탈 방식으로 정교하게 줄일 수 있다. 그러나 프랙탈이 적용된 격자들의 수는 기하급수적으로 증가한다. 또한 구간마다 다른 하천폭을 반영하기 위해, 하천 구간마다 분할 횟수를 다르게 적용해야 하는 어려움이 있다. 또한 일반적으로 4등분의 지수로 분할하므로, 실제 하천 폭이 적용되지 어렵다. 예를 들어, 하천 폭이 3m이고 격자 해상도가 20m인 경우, 분할 격자의 크기는 5m, 1.25m 등이 되어, 실제 하천 폭으로 적용되지 않는 경우가 많다.

[0089] 쿼드트리 방식은 격자 수 증가로 계산 시간이 증가하게 되며, 서로 다른 크기의 격자 간 물의 흐름 추적에 어려운 면이 있다.

[0090] 이에 본 발명은 하천격자에 하천폭을 적용하는 기존 방법들의 문제점들 개선하기 위하여, 도 9의 부정형 격자를 개발하였다.

[0091] 도 8 및 도 9는 초기 격자가 부정형 격자로 변형되는 것을 도시한다. 도 8(b)는 도 8(a)의 가운데를 의미한다. 도 9(a)는 하천 격자가 분할되는 것을, 도 9(b)는 하천 격자의 분할된 비하천 면적이 하천 인접 격자로 분배된 부정형 격자를 도시한다. 도 8 및 도 9는 설명의 편의를 위해 가운데만 하천 영역인 것으로 도시하였다.

[0092] 도 8을 참조하면, 하천 설정부(115)에 의해, 복수의 격자(S1~S9) 중 제1 내지 제8 격자(S1~S8)는 초기 하천 인접 격자로 분류되고, 제9 격자(S9)는 초기 하천 격자로 분류될 수 있다. 제9 격자(S9)는 폭과 길이를 구비하는 하천 영역(270)과 하천 영역(270)에 인접한 하천 인접 영역(275)을 구비할 수 있다.

[0093] 서로 인접하는 제9 격자(S9)와 제1 내지 제8 격자(S1~S8) 중 어느 한 격자는, 변 및 점 중 어느 하나를 공유할 수 있다.

[0094] 도 9(a)를 참조하면, 격자 설정부(120)는 제9 격자(S9)의 하천 인접 영역(275)을, 제9 격자(S9)에 인접하는 제1 내지 제8 격자(S1~S8)에 배분할 수 있다.

[0095] 명세서 전반에서, 배분 전의 격자는 '초기 격자'로, 배분된 이후의 격자는 '변형 격자' 또는 '부정형 격자'로 표시한다.

[0096] 도 9(b)를 참조하면, 격자 설정부(120)는 제1 내지 제9 초기 격자(S1~S9)에 배분된 면적을 합치거나, 제거하여 제1 내지 제9 부정형 격자(S1'~S9')로 변형할 수 있다. 제1 내지 제8 초기 격자(S1~S8) 각각은 제9 격자(S9)의 하천 인접 영역(275) 중 일부를 배분받아, 기존의 격자에 합쳐 제1 내지 제8 부정형 격자(S1'~S8')로 변형될 수 있다. 제9 초기 격자(S9)는 초기의 하천 인접 영역(275)이 제거되고, 하천 영역(270)만 남은 제9 부정형 격자(S9')로 변형될 수 있다.

- [0097] 제1 변형 하천 인접 격자(S1')의 폭(W)과 제1 초기 하천 인접 격자(S1)의 폭(W)은 동일한 것이 바람직하다. 제1 변형 하천 인접 격자(S1')의 길이(L+dL)는 배분 받은 면적에 대응하여 제1 초기 하천 인접 격자(S1)의 길이(L)에 비례할 수 있다. 여기서 폭(W)과 길이(L)는 동일한 값을 가질 수 있다.
- [0098] 제9 부정형 격자(S9')에 하천폭이 표시되므로, 하천 흐름에 대한 해석(모의, 예측 등)이 가능할 수 있다. 또한 격자 해상도를 크게(500m 이상) 할 수 있기 때문에 격자 기반의 분포형 모형의 해석에 필요한 계산시간을 획기적으로 개선할 수 있으며, 강우 유출 해석, 하천 수심 해석, 댐/저수지 해석을 동시에 할 수 있다.
- [0099] 도 10은 와룡저수지의 대상 구역의 초기 격자가 부정형 격자로 변형되는 과정을 도시한다.
- [0100] 도 10을 참조하면, 하천이 여러 격자에 걸쳐 있을 때, 비하천 영역이 중첩되어 분배되는 것을 도시한다.
- [0101] 대상 구역의 상단 3X3 격자에서, 제1 내지 제7 지표 격자(g1~g7) 중 제1 내지 제3 지표 격자(g1~g3)는 인접한 제1 하천 격자(r1)로부터 비하천 면적을 배분 받는다. 제1 내지 제7 지표 격자(g1~g7) 중 제4 내지 제5 지표 격자(g4~g5)는 인접한 제1 및 제2 하천 격자(r1, r2)로부터 비하천 면적을 각기 배분 받는다. 제1 내지 제7 지표 격자(g1~g7) 중 제6 내지 제7 지표 격자(g1~g3)는 인접한 제1 내지 제3 하천 격자(r1~r3)로부터 비하천 면적을 배분 받는다.
- [0102] 격자 폭(W)은 하천이 아닌 모든 격자에 동일하게 유지되어야 지표 흐름 계산에 일관성이 유지될 수 있다. 이러한 부정형 격자는 전체 격자의 수가 유지되고, 각 격자 간의 인접성이 유지되어 격자 추적에 용이할 수 있다. 하천 인접 격자(하천 인접 지표 격자) 들은 하천 격자에서 배분 받은 면적 및 경우의 수에 따라 격자 길이가 다양하게 구성될 수 있다.
- [0103] 본 부정형 격자는 하천 폭이 반영되므로, 실제 하천의 수위를 모의하거나 예측할 수 있다(이에 대해 자세한 설명은 후술한다.). 이는 기존 모델들이 하천을 배제하고 유출량만 모의하는 한계를 극복할 수 있다.
- [0104] 면적 배분 정책은 제1 비하천 면적을 초기 하천 인접 격자 집합 중 제1 초기 하천 격자와 밀접하는 제1 하천 인접 격자 그룹의 격자 개수로 나누어진 제1 균등 분할 면적으로 배분하는 균등 배분 정책, 및 제1 초기 하천 인접 격자에 제1 균등 분할 면적에 제1 가중치를 곱한 면적을 배분하는 가중치 적용 배분 정책 중 어느 하나일 수 있다. 위에서 예시한 도 8 내지 도 10은 균등 배분 정책이 적용된 것을 도시한다.
- [0105] 가중치 적용 배분 정책에서, 제1 가중치는 제1 초기 하천 인접 격자에서 제1 초기 하천 격자로 유입되는 지표 흐름의 크기에 비례할 수 있다. 제1 하천 인접 격자 그룹에 가중치 적용 배분 정책에 의해 배분된 총 면적은 제1 비하천 면적과 동일한 것이 바람직하다.
- [0106] 앞서 설명한 저수지 격자는 저수지 제원을 구비하도록 변형될 수 있다. 저수지 제원은 초기 저수율, 여수로 표고, 최대 저수량, 제방 표고, 사수위, 여수로 유량 계수, 여수로 높이, 및 여수로 폭 중 적어도 하나를 구비할 수 있다.
- [0108] 모델 해석부(150)는 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 해석할 수 있다. 도 2를 참조하면, 모델 해석부(150)는 모의 수행부(160), 교정 모듈(165), 및 예측 수행부(170)를 포함할 수 있다.
- [0109] 모의 수행부(160)는 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 기반으로, 실측된 서로 대응하는 모의용 강우 및 유출 자료 중 모의용 강우 자료를 기초로 수문 모의 실행할 수 있다(S340).
- [0110] 교정 모듈(165)은 모의용 유출 자료를 기초로, 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형의 복수의 매개 변수 중 일부 매개 변수를 교정(S345)하여, 최적의 매개 변수를 도출할 수 있다. 본 교정 프로세스(S345)는 선택적일 수 있다.
- [0111] 교정되는 일부 매개 변수는 기설정된 하천의 조도 계수를 조정하는 조도 계수 인자, 기설정된 하천의 길이를 조정하는 하천 길이 인자, 기설정된 토양도에서 구한 유효 토심 평균값을 조정하는 토층 두께 인자, 및 토양 침투율을 조정하는 토양 침투율 인자 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0112] 도 11은 수문인자의 물리적 특성값을 도시한다. 도 12는 보정하는 매개 변수와 수문 곡선과의 관계를 도시한다.
- [0113] 본 발명에서는 격자가 가지는 수문 인자 중에서, 보정매개 변수로 지표인자와 토양인자를 설정하였다. 지표인자는 하천의 흐름특성을 제어하는 조도계수, 토양인자는 유효토심과 침투능인자로 설정하였으며, 물리적 특성값은 도 11과 같이 토지피복도와 토양도로부터 구하는 것으로 정의하였다.
- [0114] 도 12를 참조하면, 수문곡선(홍수유출곡선)을 시간축의 좌우로 보정하는 매개 변수로 하천인자를, 수문곡선 유

출량의 크기를 종축으로 보정하는 토양인자를 설정하였다.

- [0115] 하천인자는 저수지 유입량(유역 홍수유출량)에 기여하는 하천흐름특성을 가지는 하천구간을 어디까지 정의하는 문제로서, 각 하천지점의 집수구역(유역면적)이 100ha 이상인 격자를 하천으로 정의하고, 이 값에 배수를 곱하여 최적화하는 '하천의 길이 인자'와 하천의 유속을 조절하는 '하천조도계수(메닝조도계수)인자'를 정의하였다.
- [0116] 토양인자는 토층두께인자와 토양침투율인자로 정의하였다. 토양수분은 선행토양수분 조건으로서 입력변수로 정의하였다.
- [0117] 정의한 4가지 보정매개 변수를 최적화하기 위한 방법으로, 각 매개 변수들의 조합별로 시행 착오 방법 또는 회귀 방법으로 교정할 수 있다. 각 매개 변수들이 선형적으로 반응한다는 전제에 따라 최적화된 값의 10%(변경 가능) 내외 값을 추적하여, RMSE 또는 R2값이 목표치에 도달할 때까지 자동으로 계속 추적하는 방법을 이용하였다.
- [0118] 기존 모델에서, 수많은 격자들은 지표, 토양 등 많은 수문인자들을 가지는데, 모형의 보정과 검증을 위한 매개 변수 설정이 매우 어려우며, 또한 설정된 매개 변수들을 최적화하는 현실적인 문제를 극복하기 어렵다. 그 이유는, 다수의 매개 변수들의 최적조합을 찾아내기 위해서는 각 조합들에 대하여 실제 모델을 구동하여 최적 결과를 찾아야 하는데, 수백 개의 격자들을 대상으로 수일간의 강우사상에 대하여 수치발산 방지를 위해 짧은 시간 간격(수분 이내)으로 계산할 경우, 최적화를 위한 모형 구동 전체시간은 기하급수적으로 증가하기 때문이다. 그러나 본 발명에 따른 교정은 적절한 격자 수와 하천이 적용되어 통합 해석이 가능하여, 실측에 근사한 최적 매개 변수를 빠른 시간에 산출할 수 있다.
- [0119] 예측 수행부(170)는 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형에 최적 매개 변수가 적용되어 교정된 최적 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용하여, 현재의 강우 자료를 기초로, 복수의 격자 중 제2 격자에서의 수문 유출을 예측할 수 있다(S350). 다만 이에 한정되지 않고, 예측 수행부(170)는 교정된 최적 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형이 아닌, 교정 전의 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형을 이용하여, 현재의 강우 자료를 기초로, 복수의 격자 중 제2 격자에서의 수문 유출을 예측할 수 있다. 제2 격자는 하천 격자 및/또는 저수지 격자일 수 있다. 현재의 강우 자료는 기상예보자료에 따른 강우 자료를 포함할 수 있다.
- [0120] 예측 수행부(170)는 예측된 수문 유출의 유출량 및 제2 격자의 제2 하천폭을 기초로, 제2 격자에서의 수위를 산출할 수 있다. 이는 변형된 하천 격자의 폭이 하천폭을 나타내므로, 유출량을 알면 그 수위를 알 수 있다. 수위 도출 식은 하천의 단면이 직사각형 또는 사다리꼴 모양에 따라 달라질 수 있다.
- [0121] 또한, 예측 수행부(170)는 저수지 격자에서의 유입량과 방류량, 및 저수지 체원 등으로부터, 상기 저수지 격자에서의 수위를 산출할 수 있다.
- [0122] 본 발명은 격자크기에 상관없이 하천의 폭을 각 구간별로 고려할 수 있으며, 전 지점에서 물의 흐름을 시뮬레이션할 수 있다. 이에, 본 발명은 다양한 형태의 격자기반 분포형 수문모델에 응용될 수 있다. 하천과 하천 인접 격자로 변형된 부정형 격자가 반영된 부정형 격자 기반의 분포형 수문 모형은, 강우유출모형, 하천추적모형, 댐 저수지 조작(물수지)모형 등으로 부분화 되어 있는 수문학적 해석 이론들을 자연의 모든 지점에서 물수지를 계산하는 개념으로 통합된 하나의 이론으로 정립하는데 응용할 수 있다.
- [0123] 본 발명은 기상예보자료와 연계하여 실시간 농업용 저수지 홍수예경보시스템을 제공할 수 있다. 또한, 저수지 설계 또는 하천정비를 할 때 사전에 설계호우에 대한 하천과 저수지의 홍수량 모의하는데 활용할 수 있다.
- [0124] 상기 본 발명은 하드웨어 또는 소프트웨어에서 구현될 수 있다. 구현은 상기 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 즉, 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 매체를 포함한다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 저장 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터가 읽을 수 있는 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 및 기타 데이터 등 정보 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로서 구현된 모든 저장 가능한 매체를 포함하는 것으로, 휘발성/비휘발성/하이브리드형 메모리 여부, 분리형/비분리형 여부 등에 한정되지 않는다. 통신 저장 매체는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호 또는 전송 메커니즘, 임의의 정보 전달 매체 등을 포함한다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- [0125] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특성의 실시

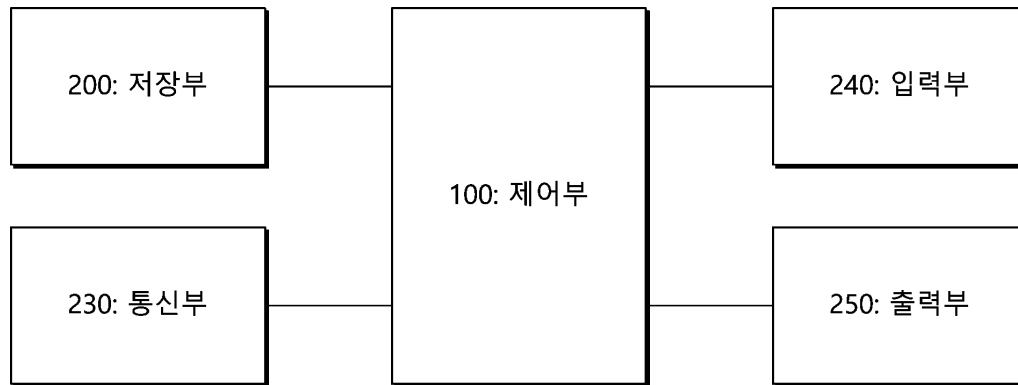
예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 될 것이다.

부호의 설명

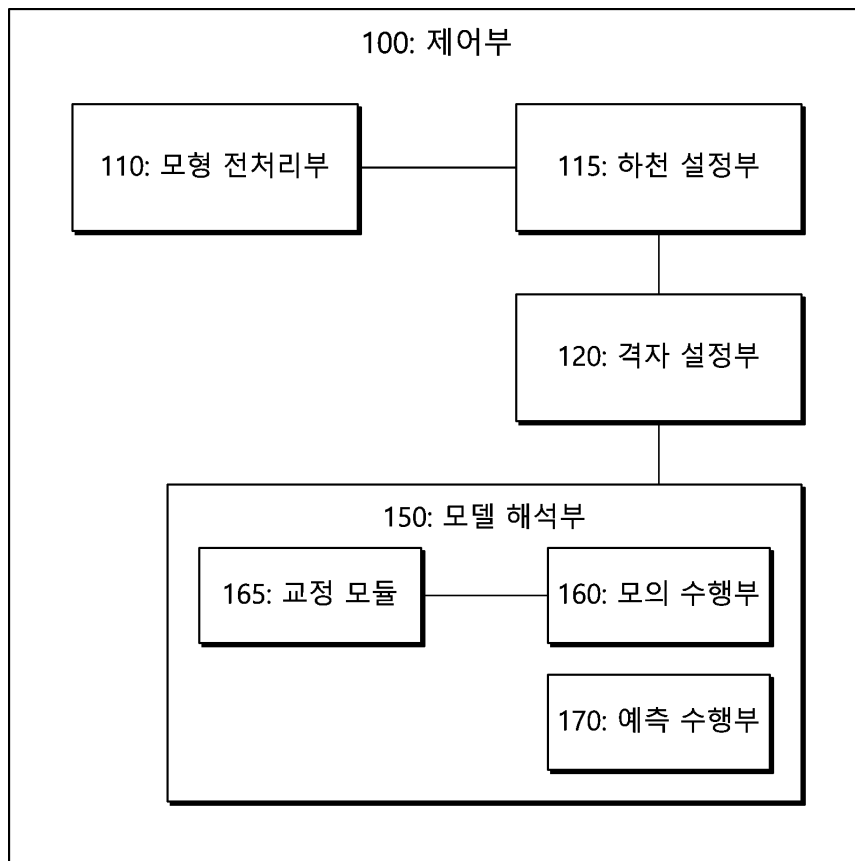
100: 제어부	110: 모형 전처리부
115: 하천 설정부	120: 격자 설정부
150: 모델 해석부	160: 모의 수행부
165: 교정 모듈	170: 예측 수행부
200: 저장부	

도면

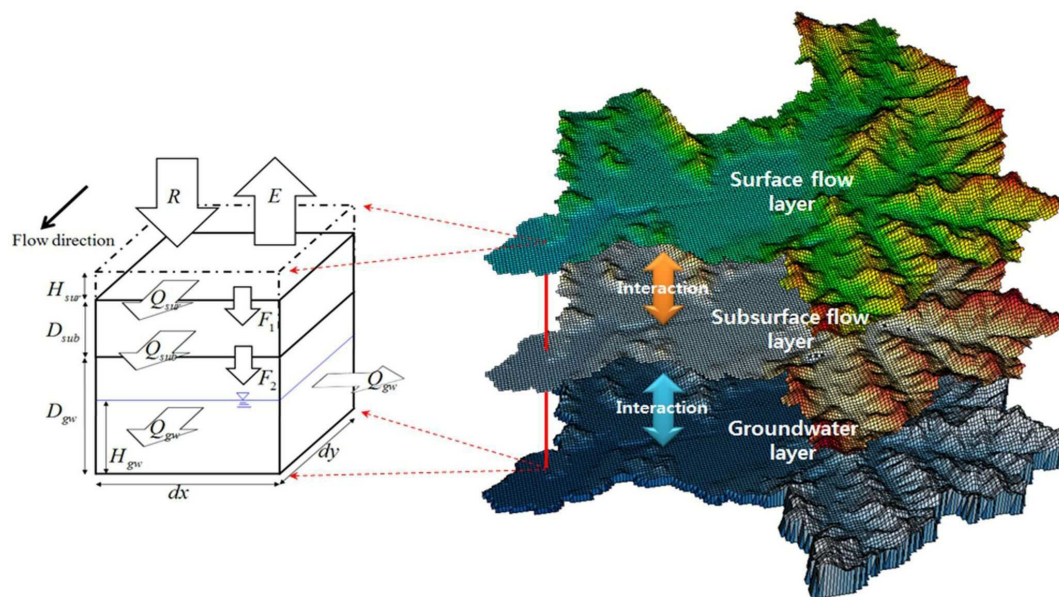
도면1



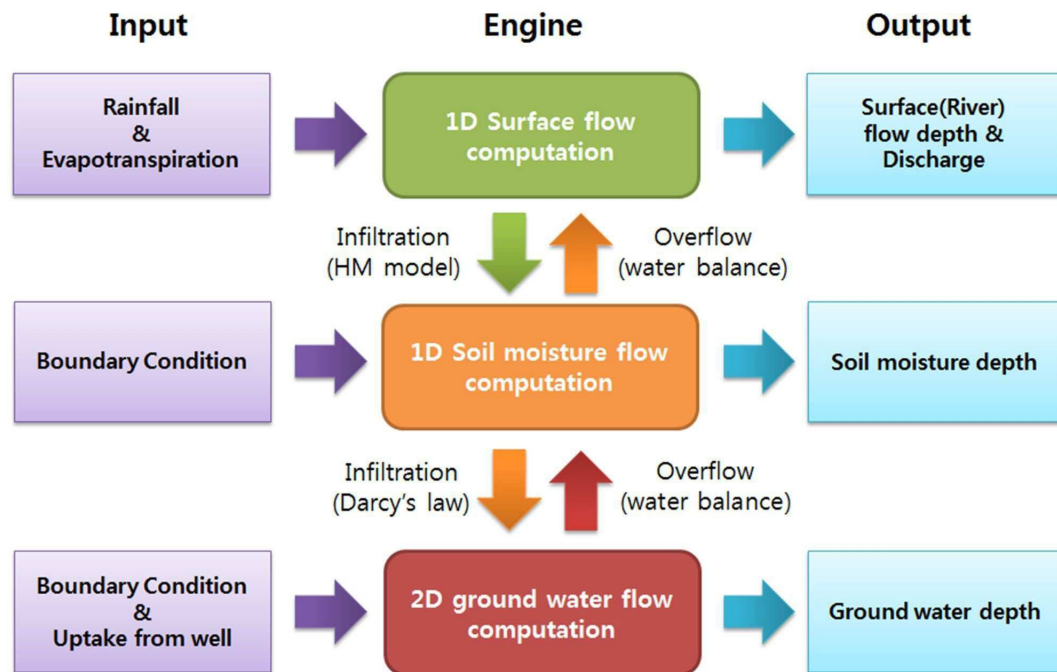
도면2



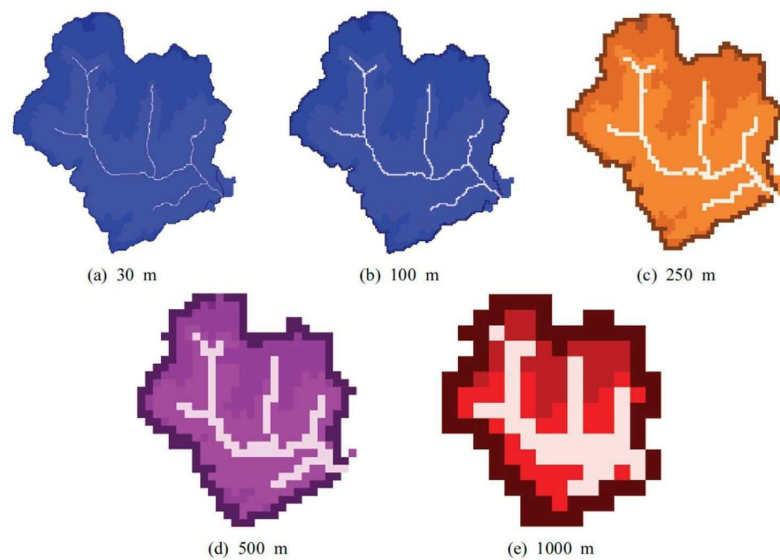
도면3



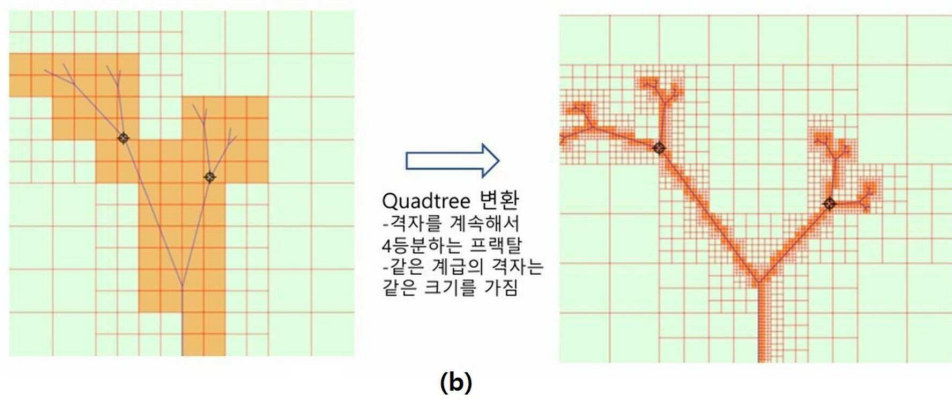
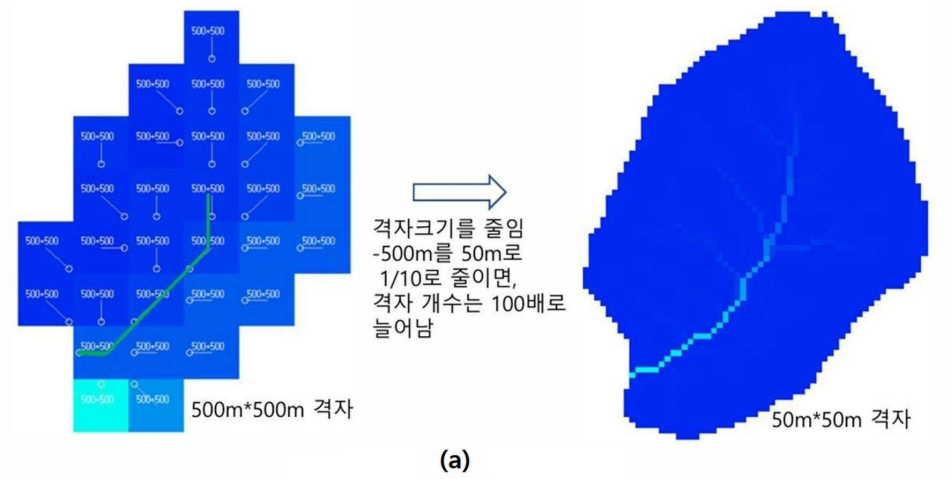
도면4



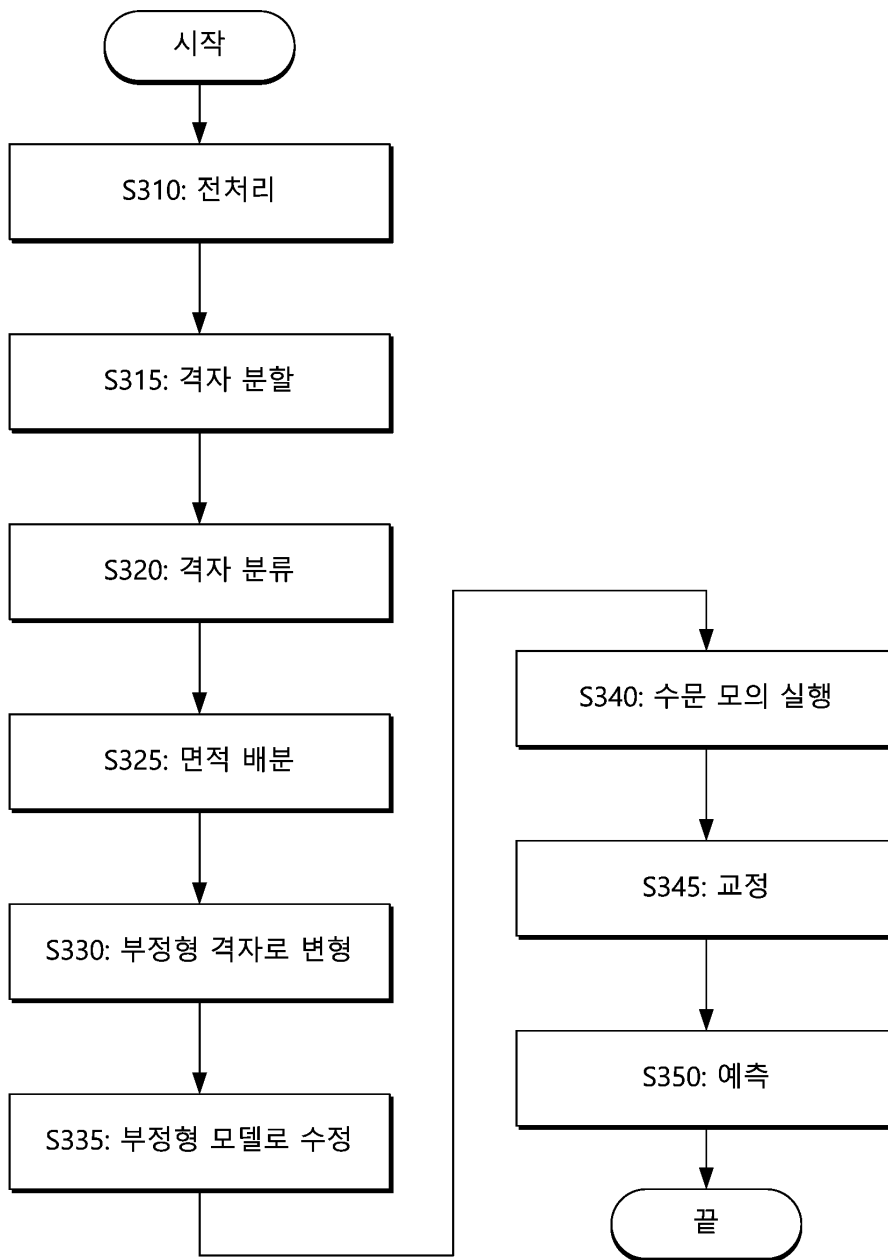
도면5



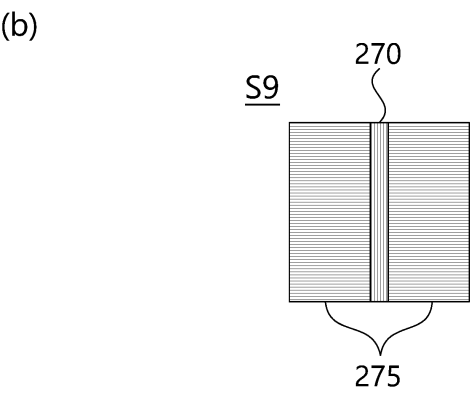
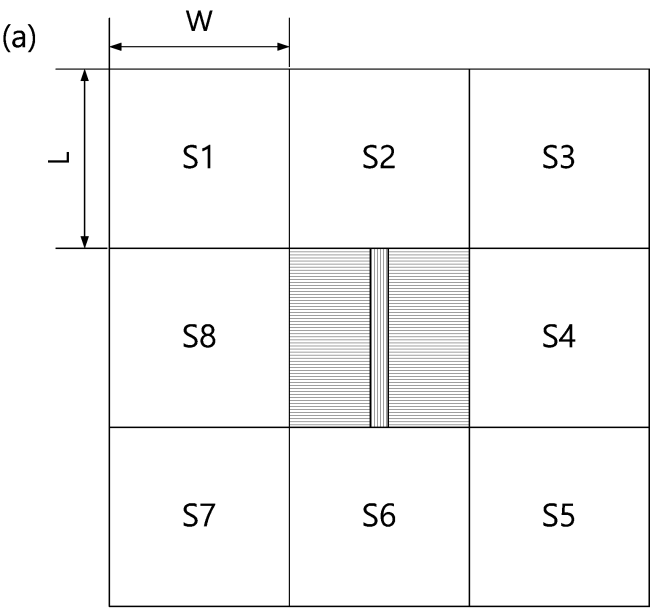
도면6



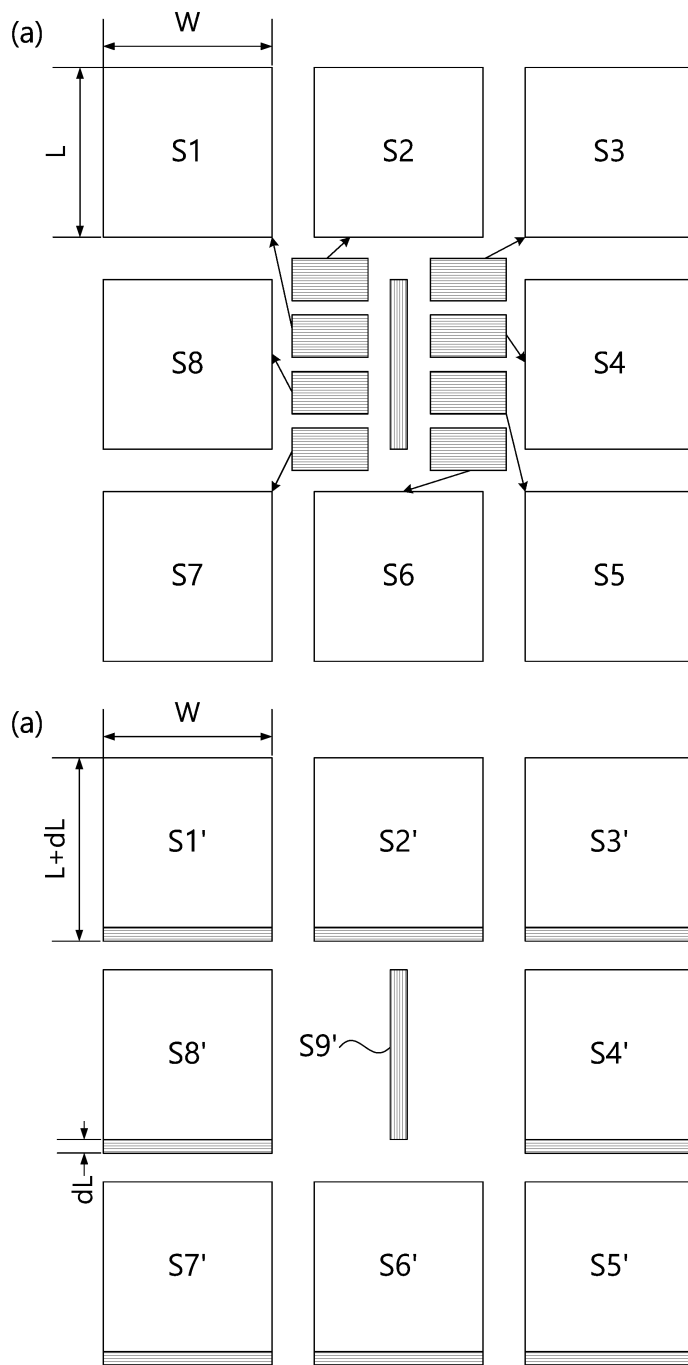
도면7



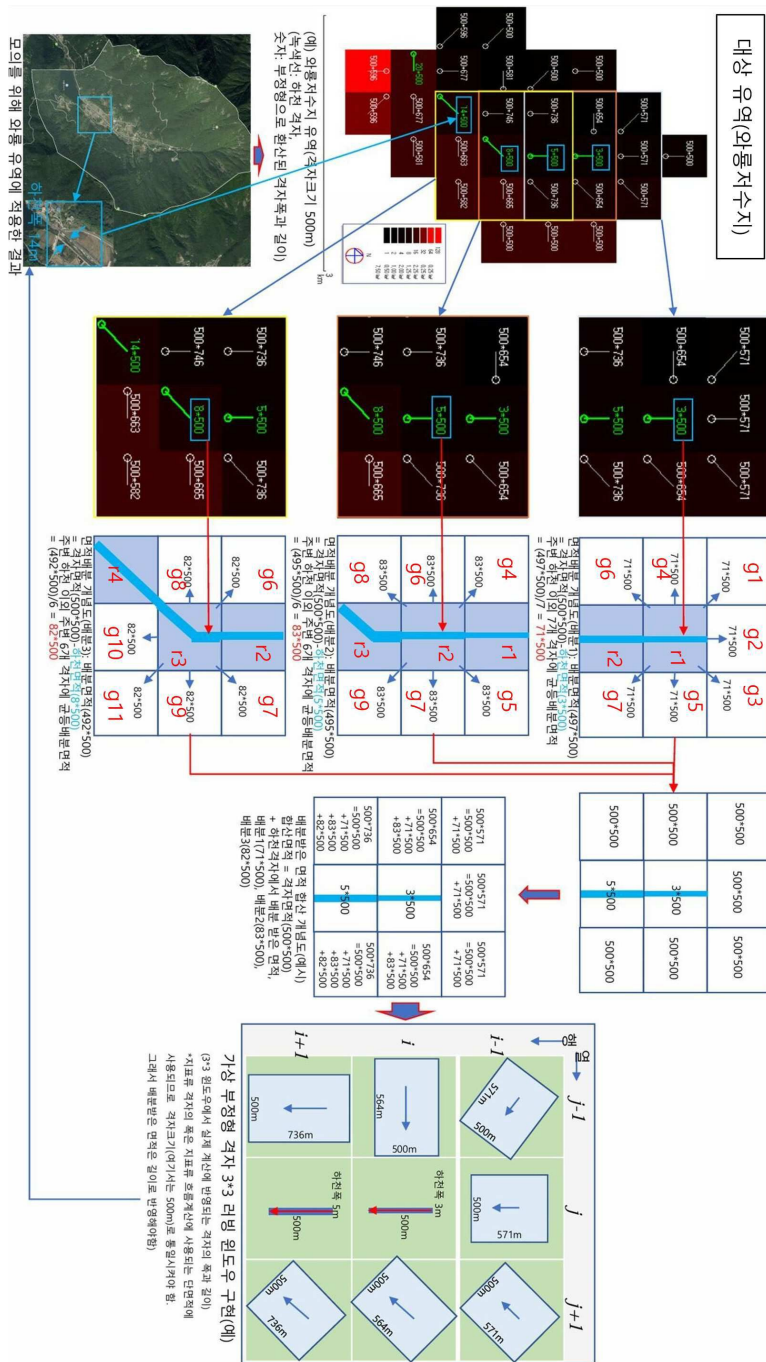
도면8



도면9



도면 10



모형의 물리적 속성 설정

- 토양수분 관련 매개변수들의 속성은 유효토심 토성 배수등급을 적용하여 다음과 같이 사용하였음 (참고: $\eta_{sub}, \eta_{gw} (= \theta_{res} - \theta_{sat}), K$ (Carey & Paoletti, 1993), α (NRCS 수문학적 토양그룹 분류 참조)

강우 유출모델에 적용한 유효토심 매개변수 속성 값						
유효토심		D _{sub} (m)				
0	20<	0.2				
1	20-50	0.35				
2	50-100	0.75				
3	>100	1.5				
강우 유출모델에 적용한 배수등급 매개변수 속성 값						
배수등급		f _c (mm/h)	f _c (m/s)			
0	양호	9.525	2.646e-06			
1	약간양호	5.715	1.588e-06			
2	약간불량	2.54	7.056e-07			
3	불량	0.635	1.764e-07			
강우 유출모델에 적용한 토성 매개변수 속성 값						
분류		η _{sub} , η _{gw}	theta _s (m ³ /m ³)	theta _r (m ³ /m ³)	K (m/s)	
0	사질	Sand	0.395	0.43	0.045	8.256e-05
1	사양질	Sandy loam	0.345	0.41	0.065	1.228e-05
2	식질	Clay	0.312	0.38	0.068	5.556e-07
3	식양질	Clay loam	0.315	0.41	0.095	7.222e-07
4	미사식양질	Silly clay loam	0.341	0.43	0.089	2.889e-06
5	화산회	Volcanic ash				

토지피복 항목별 조도계수(Manning's coefficient, n (McGuen, 1981))			
대분류	n	중분류	n
시가지지역	0.011	주거지역	0.011
		공업지역	0.013
		상업지역	0.011
		유통·시상지역	0.014
		교통지역	0.012
농촌·시상지역	0.013	공원·시상지역	0.013
		논	0.190
		밭	0.090
농업지역(논)	0.100 ^a 0.190	하루스·제배지	0.009
농업지역(밭)	0.090	과수원	0.200
		기타·제배지	0.090
		활용수원	0.090
		임업수원	0.400
		조호림	0.600
산림지역	0.600		
초지	0.270	자연초지	0.4100
		광복장	0.150
		기타·초지	0.240
습지	0.009	내륙습지	0.010
		연안습지	0.009
		채광지역	0.012
나지	0.0100	기타·나지	0.010
		내륙수	0.0001
		해양수	0.0001

도면12

