



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0150070
(43) 공개일자 2023년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 30/20 (2020.01) G06F 111/06 (2020.01)
G06N 3/12 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06F 30/20 (2020.01)
G06N 3/126 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0049585
(22) 출원일자 2022년04월21일
심사청구일자 2022년04월21일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
박선기
서울특별시 용산구 백범로90길 26, 101동 1103호 (문배동, 용산아크로타워)
임수정
경기도 안양시 만안구 창박로41번길 19-47, 102동 202호(안양동, 리체타운빌)
김현주
서울특별시 동작구 여의대방로22마길 52, 102호(신대방동, 성원그린빌)
(74) 대리인
특허법인 무한

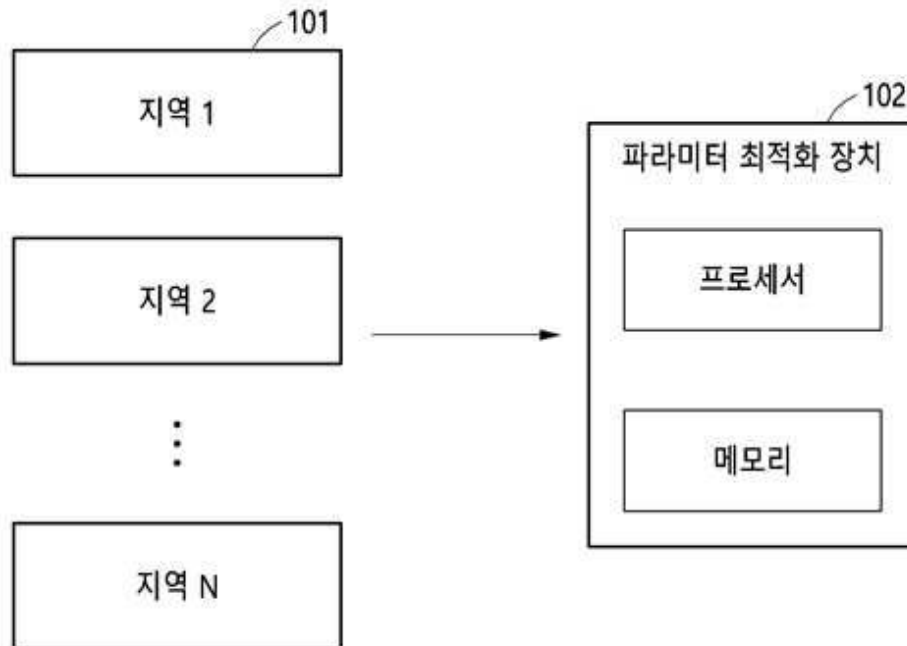
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 병렬화된 마이크로 유전 알고리즘과 지면모델을 결합하여 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법 및 장치

(57) 요약

병렬화된 마이크로 유전 알고리즘과 지면모델을 결합하여 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법 및 장치가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 지면모델의 파라미터를 최적화 하는 방법은, 무작위로 선택된 지면모델의 지표특성을 표현하는 파라미터의 조합인 하나 이상의 개체를 포함하는 초기 세대를 생성하는 (a)단계; 상기 초기 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



세대에 포함되는 개체가 지표면의 상태를 시뮬레이션 하는 지면모델(land surface model)을 서브루틴이 수행하는 (b)단계; 실제 관측값에 기초한 적합도 함수를 상기 지면모델을 수행한 결과에 적용하여 각 개체의 적합도를 평가하는 (c)단계; 상기 개체 중에서 2개의 개체를 임의로 선택하여 상위 적합도를 가지는 개체를 선택하는 (d)단계; 및 상기 선택된 개체 사이의 교배를 수행하여 다음 세대의 개체를 재생산하는 (e)단계를 포함하고, 상기 지면모델을 서브루틴이 수행하는 (b)단계는, 상기 지면모델을 수행하는 서브루틴이 상기 개체가 적용된 각각의 지면모델을 병렬로 수행할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06F 2111/06 (2020.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711139958
과제번호	2021R1A2C1095535
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	(유형1-1)중견연구
연구과제명	지능형 최적화 및 결합자료동화를 활용한 대기-지면-화학 결합모델의 대기질 예측
성능 향상	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	이화여자대학교 산학협력단
연구기간	2021.09.01 ~ 2026.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345331958
과제번호	2018R1A6A1A08025520
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	기후/환경변화예측연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

무작위로 선택된 지면모델의 지표특성을 표현하는 파라미터의 조합인 하나 이상의 개체를 포함하는 초기 세대를 생성하는 (a)단계;

상기 초기 세대에 포함되는 개체가 지표면의 상태를 시뮬레이션 하는 지면모델(land surface model)을 서브루틴이 수행하는 (b)단계;

실제 관측값에 기초한 적합도 함수를 상기 지면모델을 수행한 결과에 적용하여 각 개체의 적합도를 평가하는 (c)단계;

상기 개체 중에서 2개의 개체를 임의로 선택하여 상위 적합도를 가지는 개체를 선택하는 (d)단계; 및

상기 선택된 개체 사이의 교배를 수행하여 다음 세대의 개체를 재생산하는 (e)단계

를 포함하고,

상기 지면모델을 서브루틴이 수행하는 (b)단계는,

상기 지면모델을 수행하는 서브루틴이 상기 개체가 적용된 각각의 지면모델을 병렬로 수행하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 지면모델을 서브루틴이 수행하는 (b)단계는,

상기 개체가 적용된 지면모델을 파라미터를 최적화하기 위한 복수의 지역에 대하여 병렬로 수행할 수 있도록 셀 스크립트로 작성된 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적합도를 평가하는 (c)단계는,

상기 개체가 적용된 각각의 지면모델을 병렬로 수행하는 서브루틴의 종료를 대기하는 단계; 및

상기 적합도를 평가하는 서브루틴이 상기 지면모델의 수행 결과에 대하여 상기 개체가 적용된 각각의 지면모델마다 병렬로 상기 적합도 함수를 적용하여 적합도를 평가하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체가 적용된 지면모델의 적합도와 나머지 개체가 적용된 지면모델의 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 여부를 판단하는 (f)단계를 더 포함하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하지 않는 경우, 상기 재생산된 개체를 상기 지면모델에 적용하여 상기 지면모델을 서브루틴이 수행하는 (b)단계, 상기 적합도를 평가하는 (c)단계, 상기 개체를 선택하는 (d)단계 및 상기 다음 세대의 개체를 재생산하는 (e)단계를 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴할 때까지 반복하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는 경우, 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하였는지 여부를 판단하는 (g)단계를 더 포함하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과한 경우, 현재 세대의 개체 중에서 최대 적합도를 갖는 개체를 최적의 파라미터의 조합으로 결정하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하지 않은 경우, 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체를 제외한 나머지 개체를 초기화하고, 이전 세대의 엘리트 개체와 상기 초기화된 나머지 개체를 상기 지면모델에 적용하여 상기 지면모델을 서브루틴이 수행하는 (b)단계, 상기 적합도를 평가하는 (c)단계, 상기 개체를 선택하는 (d)단계, 상기 다음 세대의 개체를 재생산하는 (e)단계, 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 판단하는 (f)단계를 현재 세대 수가 최대 반복 세대수를 초과할 때까지 반복하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체.

청구항 10

지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법을 수행하는 장치에 있어서,

상기 장치는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

무작위로 선택된 지면모델의 지표특성을 표현하는 파라미터의 조합인 하나 이상의 개체를 포함하는 초기 세대를 생성하고,

상기 초기 세대에 포함되는 개체가 지표면의 상태를 시뮬레이션 하는 지면모델(land surface model)을 서브루틴이 수행하고;

실제 관측값에 기초한 적합도 함수를 상기 지면모형을 수행한 결과에 적용하여 각 개체의 적합도를 평가하고;

상기 개체 중에서 2개의 개체를 임의로 선택하여 상위 적합도를 가지는 개체를 선택하고,

상기 선택된 개체 사이의 교배를 수행하여 다음 세대의 개체를 재생산하고,

상기 지면모형을 서브루틴이 수행하는 것은,

상기 지면모형을 수행하는 서브루틴이 상기 개체가 적용된 각각의 지면모형을 병렬로 수행하는 복수의 지역에서 지면모형의 성능을 만족시키기 위한 지면모형의 파라미터를 최적화하는 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 개체가 적용된 지면모형을 파라미터를 최적화하기 위한 복수의 지역에 대하여 병렬로 수행할 수 있도록 웹 스크립트로 작성된 지면모형의 파라미터를 최적화하는 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 개체가 적용된 각각의 지면모형을 병렬로 수행하는 서브루틴의 종료를 대기하고,

상기 적합도를 평가하는 서브루틴이 상기 지면모형의 수행 결과에 대하여 상기 개체가 적용된 각각의 지면모형마다 병렬로 상기 적합도 함수를 적용하여 적합도를 평가하는 지면모형의 파라미터를 최적화하는 장치.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 프로세서는,

적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체가 적용된 지면모형의 적합도와 나머지 개체가 적용된 지면모형의 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 여부를 판단하는 지면모형의 파라미터를 최적화하는 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하지 않는 경우, 상기 재생산된 개체를 상기 지면모형에 적용하여 상기 지면모형을 서브루틴이 수행하고, 상기 적합도를 평가하고, 상기 개체를 선택하고, 상기 다음 세대의 개체를 재생산하는 것을 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴할 때까지 반복하는 지면모형의 파라미터를 최적화하는 장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는 경우, 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하였는지 여부를 판단하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과한 경우, 현재 세대의 개체 중에서 최대 적합도를 갖는 개체를 최적의 파라미터의 조합으로 결정하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 장치.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하지 않은 경우, 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체를 제외한 나머지 개체를 초기화하고, 이전 세대의 엘리트 개체와 상기 초기화된 나머지 개체를 상기 지면모델에 적용하여 상기 지면모델을 서브루틴이 수행하고, 상기 적합도를 평가하고, 상기 개체를 선택하고, 상기 다음 세대의 개체를 재생산하고, 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 판단하는 것을 현재 세대 수가 최대 반복 세대수를 초과할 때까지 반복하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 병렬화된 마이크로 유전 알고리즘과 지면모델을 결합하여 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지면모델은 경험식에 기반한 파라미터를 포함하고 있다. 지면모델의 파라미터는 연구가 진행된 지역의 관측값에 기초하므로 해당 지역의 기상 및 기후 특성이 반영되어 있다. 따라서, 지면모델은 특정 지역의 기상 및 기후 특성이 반영된 파라미터를 다른 지역에 그대로 사용하면 성능이 저하될 수 있다. 그러므로, 여러 지역의 기상 및 기후 특성이 반영된 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 유전 알고리즘을 이용하여 관심 지역의 기상 및 기후에 대한 최적의 파라미터의 조합을 결정하는 지면모델을 병렬로 수행하는 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 일 실시예에 따른 지면모델의 파라미터를 최적화 하는 방법은, 무작위로 선택된 지면모델의 지표특성을 표현하는 파라미터의 조합인 하나 이상의 개체를 포함하는 초기 세대를 생성하는 (a)단계; 상기 초기 세대에 포함되는 개체가 지표면의 상태를 시뮬레이션 하는 지면모델(land surface model)을 서브루틴이 수행하는 (b)단계; 실제 관측값에 기초한 적합도 함수를 상기 지면모델을 수행한 결과에 적용하여 각 개체의 적합도를 평가하는 (c)단계; 상기 개체 중에서 2개의 개체를 임의로 선택하여 상위 적합도를 가지는 개체를 선택하는 (d)단계; 및 상기 선택된 개체 사이의 교배를 수행하여 다음 세대의 개체를 재생산하는 (e)단계를 포함하고, 상기 지면모델을 서브루틴이 수행하는 (b)단계는, 상기 지면모델을 수행하는 서브루틴이 상기 개체가 적용된 각각의 지면모

델을 병렬로 수행할 수 있다.

- [0005] 상기 지면모형을 서버루틴이 수행하는 (b)단계는, 상기 개체가 적용된 지면모형을 파라미터를 최적화하기 위한 복수의 지역에 대하여 병렬로 수행할 수 있도록 셀 스크립트로 작성될 수 있다.
- [0006] 상기 적합도를 평가하는 (c)단계는, 상기 개체가 적용된 각각의 지면모형을 병렬로 수행하는 서버루틴의 종료를 대기하는 단계; 및 상기 적합도를 평가하는 서버루틴이 상기 지면모형의 수행 결과에 대하여 상기 개체가 적용된 각각의 지면모형마다 병렬로 상기 적합도 함수를 적용하여 적합도를 평가할 수 있다.
- [0007] 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체가 적용된 지면모형의 적합도와 나머지 개체가 적용된 지면모형의 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 여부를 판단하는 (f)단계를 더 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하지 않는 경우, 상기 재생산된 개체를 상기 지면모형에 적용하여 상기 지면모형을 서버루틴이 수행하는 (b)단계, 상기 적합도를 평가하는 (c)단계, 상기 개체를 선택하는 (d)단계 및 상기 다음 세대의 개체를 재생산하는 (e)단계를 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴할 때까지 반복할 수 있다.
- [0009] 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는 경우, 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하였는지 여부를 판단하는 (g)단계를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과한 경우, 현재 세대의 개체 중에서 최대 적합도를 갖는 개체를 최적의 파라미터의 조합으로 결정할 수 있다.
- [0011] 상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하지 않은 경우, 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체를 제외한 나머지 개체를 초기화하고, 이전 세대의 엘리트 개체와 상기 초기화된 나머지 개체를 상기 지면모형에 적용하여 상기 지면모형을 서버루틴이 수행하는 (b)단계, 상기 적합도를 평가하는 (c)단계, 상기 개체를 선택하는 (d)단계, 상기 다음 세대의 개체를 재생산하는 (e)단계, 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 판단하는 (f)단계를 현재 세대 수가 최대 반복 세대수를 초과할 때까지 반복할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 지면모형의 파라미터를 최적화하는 방법을 실행하기 위한 프로그램이 컴퓨터에서 관독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 지면모형의 파라미터를 최적화하는 방법을 수행하는 장치에 있어서, 상기 장치는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 무작위로 선택된 지면모형의 지표특성을 표현하는 파라미터의 조합인 하나 이상의 개체를 포함하는 초기 세대를 생성하고, 상기 초기 세대에 포함되는 개체가 지표면의 상태를 시뮬레이션 하는 지면모형(land surface model)을 서버루틴이 수행하고; 실제 관측값에 기초한 적합도 함수를 상기 지면모형을 수행한 결과에 적용하여 각 개체의 적합도를 평가하고; 상기 개체 중에서 2개의 개체를 임의로 선택하여 상위 적합도를 가지는 개체를 선택하고, 상기 선택된 개체 사이의 교배를 수행하여 다음 세대의 개체를 재생산하고, 상기 지면모형을 서버루틴이 수행하는 것은, 상기 지면모형을 수행하는 서버루틴이 상기 개체가 적용된 각각의 지면모형을 병렬로 수행할 수 있다.
- [0014] 상기 프로세서는, 상기 개체가 적용된 지면모형을 파라미터를 최적화하기 위한 복수의 지역에 대하여 병렬로 수행할 수 있도록 셀 스크립트로 작성될 수 있다.
- [0015] 상기 프로세서는, 상기 개체가 적용된 각각의 지면모형을 병렬로 수행하는 서버루틴의 종료를 대기하고, 상기 적합도를 평가하는 서버루틴이 상기 지면모형의 수행 결과에 대하여 상기 개체가 적용된 각각의 지면모형마다 병렬로 상기 적합도 함수를 적용하여 적합도를 평가할 수 있다.
- [0016] 상기 프로세서는, 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체가 적용된 지면모형의 적합도와 나머지 개체가 적용된 지면모형의 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 여부를 판단하는 지면모형의 파라미터를 최적화하는 장치.
- [0017] 상기 프로세서는, 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하지 않는 경우, 상기 재생산된 개체를 상기 지면모형에 적용하여 상기 지면모형을 서버루틴이 수행하고, 상기 적합도를 평가하고, 상기 개체를 선택하고, 상기 다음 세대의 개체를 재생산하는 것을 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴할 때까지 반복할 수 있다.
- [0018] 상기 프로세서는, 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는 경우, 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하였는지 여부를 판단할 수 있다.

[0019] 상기 프로세서는, 상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과한 경우, 현재 세대의 개체 중에서 최대 적합도를 갖는 개체를 최적의 파라미터의 조합으로 결정할 수 있다.

[0020] 상기 프로세서는, 상기 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하지 않은 경우, 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체를 제외한 나머지 개체를 초기화하고, 이전 세대의 엘리트 개체와 상기 초기화된 나머지 개체를 상기 지면모델에 적용하여 상기 지면모델을 서브루틴이 수행하고, 상기 적합도를 평가하고, 상기 개체를 선택하고, 상기 다음 세대의 개체를 재생산하고, 상기 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 판단하는 것을 현재 세대 수가 최대 반복 세대수를 초과할 때까지 반복할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면 유전 알고리즘을 이용하여 관심 지역의 기상 및 기후에 대한 최적의 파라미터의 조합을 결정하는 지면모델을 병렬로 수행하는 지면모델의 파라미터를 최적화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 병렬로 지면모델을 수행하는 서브루틴을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 복수의 지역에 대하여 병렬로 지면모델을 수행하는 것을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 복수의 지역에 대하여 병렬로 지면모델을 수행하기 위한 셀 스크립트의 예시이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0024] 아래 설명하는 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있다. 아래 설명하는 실시예들은 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0025] 실시예에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 실시예를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수 개의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0026] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0027] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0028] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0031] 도 1을 참고하면, 복수의 지역(101)인 지역 1 내지 지역 N 및 파라미터 최적화 장치(102)가 도시되어 있다.

[0032] 지면모델, 특히 노아 지면모델(Noah Land Surface Model, Noah LSM)은 에너지 방정식과 물수지 방정식을 기초로

한 지면모델로 수문기상인자들에 대한 시뮬레이션이 가능하다. 지면모델(land surface model)의 파라미터(parameter)는 경험식에 기반한 상수일 수 있다. 즉, 특정 지역의 기상 및 기후 특성이 반영된 파라미터를 다른 지역에 그대로 사용하면, 지면모델의 성능은 저하될 수 있다.

[0033] 따라서, 파라미터 최적화 장치(102)는 복수의 지역(101)에 대한 지면모델의 파라미터를 최적화시킴으로써 복수의 지역(101)에 대한 지면모델의 성능을 유지할 수 있다. 최적화된 지면모델의 파라미터는 복수의 지역(101)에서 지면 모델을 수행할 때 이용됨으로써 지면모델의 성능을 유지할 수 있다. 최적화된 지면모델의 파라미터는 지면모델이 복수의 지역에 이용될 때 지면모델의 성능의 저하를 막을 수 있다.

[0034] 지면모델의 개선을 위한 목표 변수는 토양수분, 토양온도, 지표면온도, 적설 비율(fractional snow cover), 눈 알베도(snow albedo), 적설 깊이(snow depth), 에너지 플럭스(Energy Flux) 및 워터 플럭스(Water Flux) 등 수문기상인자(hydrometeorological factors)일 수 있다. 예를 들어, 파라미터 최적화 장치(102)가 강설(snowfall)에 대한 예측을 향상시키기 위해 성능 평가에 이용될 수 있는 목표 변수는 적설 비율(fractional snow cover), 눈 알베도(snow albedo), 적설 깊이(snow depth) 일 수 있다.

[0035] 개선을 위한 목표 변수는 파라미터에 기초한 함수로 결정될 수 있다. 예를 들어, 적설 비율(fractional snow cover)은 파라미터인 분포 형상 파라미터(distribution shape parameter) 및 적설상당수량(snow water equivalent, SWE)에 기초하여 결정될 수 있다. 따라서, 본 발명의 일실시예에 따르면 개선을 위한 목표 변수는 파라미터 최적화 장치(102)에 의해 결정된 최적화된 파라미터에 기초하여 결정될 수 있다.

[0036] 파라미터 최적화 장치(102)는 지면모델의 파라미터의 최적화를 제공할 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)는 유전자 알고리즘(genetic algorithm)과 지면모델을 결합하여 복수의 지역(101)에 최적화된 지면모델의 파라미터를 결정할 수 있다. 유전자 알고리즘은 자연세계의 진화과정에 기초한 계산 모델이다. 유전자 알고리즘의 연산으로 선택(selection), 교차(crossover), 돌연변이(mutation)가 있다. 본 발명의 일실시예에 따르면 유전자 알고리즘은 마이크로 유전자 알고리즘(micro-genetic algorithm)일 수 있다. 마이크로 유전자 알고리즘은 일반 유전자 알고리즘에 비해 개체의 수 및 계산 시간이 더 적을 수 있다. 마이크로 유전자 알고리즘의 개체의 수는 5일 수 있다.

[0037] 지역 1 내지 지역 N인 복수의 지역(101)은 사용자가 지면모델을 수행하려는 관심 지역일 수 있다. 지면모델은 노아 지면모델(Noah Land Surface Model)일 수 있다.

[0038] 파라미터 최적화 장치(102)는 예비 해의 범위 내에서 무작위로 선택된 지면모델의 지표특성을 표현하는 파라미터의 조합인 하나 이상의 개체를 포함하는 현재 세대를 생성할 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)는 현재 세대의 개체를 지면 모델에 적용하여 지면모델을 수행할 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)는 지면모델의 수행이 종료된 후 적합도 함수를 적용하여 적합도를 평가할 수 있다.

[0039] 평가된 적합도에 기초하여 적합도가 가장 높은 엘리트 개체와 나머지 개체 간의 적합도 차이가 일정 기준으로 수렴되지 않으면, 파라미터 최적화 장치(102)는 개체를 재생산할 수 있다.

[0040] 평가된 적합도에 기초하여 적합도가 가장 높은 엘리트 개체와 나머지 개체 간의 적합도 차이가 일정 기준으로 수렴되면, 파라미터 최적화 장치(102)는 현재 세대가 미리 설정된 최대 반복 세대 수를 초과했는지 판단할 수 있다. 현재 세대가 미리 설정된 최대 반복 세대 수를 초과하지 않은 경우, 파라미터 최적화 장치(102)는 무작위로 선택된 개체를 이용하여 다음 세대에 대응하는 개체군을 생성할 수 있다. 현재 세대가 미리 설정된 최대 반복 세대 수를 초과한 경우, 파라미터 최적화 장치(102)는 마지막 세대에서 최대 적합도를 갖는 개체를 최적의 파라미터로 결정할 수 있다.

[0041] 파라미터 최적화 장치(102)는 최적의 파라미터를 통해 지면모델의 불확실성을 감소시킬 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)는 다양한 지점을 대표할 수 있는 최적의 파라미터의 조합을 유전자 알고리즘과 지면모델을 결합하여 결정할 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)는 우리나라의 기상 및 기후 특성을 반영한 최적의 파라미터의 조합을 이용하여 지면모델의 오차를 감소시킬 수 있다. 따라서, 파라미터 최적화 장치(102)는 지면모델의 정확성을 개선할 수 있다.

[0042] 이하에서, 유전자 알고리즘은 마이크로 유전자 알고리즘 일 수 있다. 지면모델은 노아 지면모델일 수 있다.

[0044] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 지면모델의 파라미터를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.

[0045] 도 2는 지면모델과 유전자 알고리즘을 결합하여 최적의 파라미터의 조합을 결정하기 위한 방법을 도시한다.

[0046] 단계(201)에서, 파라미터 최적화 장치(102)는 무작위로 선택된 지면모델의 지표특성을 표현하는 파라미터의 조합인 하나 이상의 개체를 포함하는 초기 세대를 생성할 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)는 예비 해의 범위 내에서 무작위로 파라미터의 조합을 결정할 수 있다. 각각의 개체는 서로 다른 파라미터를 포함할 수 있다.

[0047] 단계(202)에서, 파라미터 최적화 장치(102)는 초기 세대에 포함되는 개체가 지표면의 상태를 시뮬레이션 하는 지면모델(land surface model)을 서브루틴이 수행할 수 있다. 지면모델을 수행하는 서브루틴은 개체가 적용된 각각의 지면모델을 병렬로 수행할 수 있다. 지면모델을 수행하는 서브루틴이 지면모델을 병렬로 수행하는 방법에 대하여는 도3에서 자세히 설명하도록 하겠다.

[0048] 파라미터 최적화 장치(102)는 개체가 적용된 지면모델을 파라미터를 최적화하기 위한 복수의 지역(101)에 대하여 병렬로 수행할 수 있도록 쉘 스크립트로 작성될 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)가 복수의 지역(101)에 대하여 병렬로 수행하는 방법에 대하여는 도4 내지 도5에서 자세히 설명하도록 하겠다.

[0049] 단계(203)에서, 파라미터 최적화 장치(102)는 실제 관측값에 기초한 적합도 함수를 지면모델을 수행한 결과에 적용하여 각 개체의 적합도를 평가할 수 있다. 적합도 함수는 유전자 알고리즘에서 어떤 염색체의 조합을 가진 개체가 가장 우수한지를 평가할 수 있다. 여기서 염색체는 파라미터일 수 있다. 유전자 알고리즘에서 적합도 함수는 모든 세대와 개체에 사용되므로 신중하게 정의해야한다. 일반적으로 RMSE(Root-Mean-Square Error)가 모델의 성능을 평가하는데 사용될 수 있다.

[0050] 이하에서 적합도 함수를 정의하겠다. 각 파라미터에 대한 RMSE는 식 1과 같이 계산될 수 있다.

[0051] (식 1)

$$RMSE(\mathbf{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{\mathbf{x}}_i - \mathbf{x}_i)^2}{N}}$$

[0052]

[0053] 여기서 $\mathbf{x}$ 는 개선의 대상이 되는 목표 변수를 나타내는 벡터일 수 있다. 즉, $\mathbf{x}$ 는 토양수분, 토양온도, 지표면온도, 눈 알베도(snow albedo(SA)), 적설 비율(fractional snow cover(FSC)), 적설 깊이(snow depth(SD)), Energy Flux 및 Water Flux 등의 변수 중에서 선택된 복수의 변수 일 수 있다. 예를 들어, 강설(snowfall)에 대한 예측을 향상시키기 위한 파라미터 최적화 장치(102)에서 $\mathbf{x}$ 는 적설 비율(fractional snow cover(FSC)), 눈 알베도(snow albedo(SA)), 적설 깊이(snow depth(SD))인 3개의 변수를 표현하는 벡터 일 수 있다.

[0054] $\mathbf{x}$ 가 관측값이라면, $\hat{\mathbf{x}}$ 는 지면모델에서 예측값일 수 있다. N 은 총 관측 횟수일 수 있다. 총 관측 횟수는 관측 유형에 따라 다를 수 있다. 예를 들어, 종관기상관측소(Automated Synoptic Observing System, ASOS)는 적설 깊이(snow depth(SD))에 대한 시간별 데이터를 생성할 수 있다. 반면에 극궤도 위성 테라(Terra)에 탑재된 센서인 MODIS(MODERate Resolution Imaging Spectroradiometer)는 적설 비율(fractional snow cover(FSC))과 눈 알베도(snow albedo(SA))에 대한 일일 데이터(daily data)를 생성할 수 있다. 따라서, N 은 관측 유형에 따라 다를 수 있다.

[0055] 그 다음, 개선 비율(improvement ratio) $r(\mathbf{x})$ 는 식 2를 통해서 최적화되지 않은 파라미터(예: CNTL) 및 최적화된 파라미터(예: OPTM)를 각각 사용하여 실행한 모델의 RMSE를 비교함으로써 계산될 수 있다.

[0056] (식 2)

$$r(\mathbf{x}) = \frac{RMSE(\mathbf{x})_{CNTL} - RMSE(\mathbf{x})_{OPTM}}{RMSE(\mathbf{x})_{CNTL}}$$

[0057]

[0058] 적합도 함수를 정의하기 위해, 목표 변수에 대한 모든 개선 비율을 식 3과 같이 평균화할 수 있다.

[0059] (식 3)

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^M \frac{r(\mathbf{x})_j q_j}{M}$$

[0060]

[0061] 여기서 M 은 지역의 수일 수 있다. q 는 품질 제어 플래그(quality control flag(QCF))로 0 또는 1일 수 있다. QCF는 충분한 수의 관측을 확보하기 위해 사용될 수 있다. 다음과 같은 경우 QCF는 0으로 설정될 수 있다. 즉, QCF 가 0인 경우, 적합도 함수는 누적되지 않는다. 최적화 후에 이벤트가 시뮬레이션되지 않는 경우, QCF는 0으로 설정될 수 있다. 관측의 수가 2보다 작은 경우, QCF는 0으로 설정될 수 있다.

[0062] 예를 들어, 강설(snowfall)에 대한 예측을 향상시키기 위한 파라미터 최적화 장치(102)에서 최적화 후에 눈 이벤트가 시뮬레이션되지 않는 경우, QCF는 0으로 설정될 수 있다. 강설(snowfall)에 대한 예측을 향상시키기 위한 파라미터 최적화 장치(102)에서 눈 관측의 수가 2보다 작은 경우, QCF는 0으로 설정될 수 있다.

[0063] 또한, 최적화 후에 성능이 저하되는 경우, 파라미터 최적화 장치(102)는 식 2를 2배로 하여 패널티를 부여해 최적화의 저하를 방지할 수 있다.

[0064] 마지막으로 정규화된 최적화 함수 ($f_n(\mathbf{x})$)를 다음과 같이 정의할 수 있다.

[0065] (식 4)

$$f_n(\mathbf{x}) = \frac{f(a) + f(b) + f(c) + \dots + f(z)}{k}$$

[0066]

[0067] k는 목표 변수의 수 일 수 있다. a, b, c 내지 z는 목표 변수 일 수 있다. 예를 들어, 강설(snowfall)에 대한 예측을 향상시키기 위한 파라미터 최적화 장치(102)에서 파라미터가 적설 비율(fractional snow cover(FSC)), 눈 알베도(snow albedo(SA)), 적설깊이(snow depth(SD))인 경우, k 는 3이고 a는 파라미터가 적설 비율(fractional snow cover(FSC)), b는 눈 알베도(snow albedo(SA)), c는 적설깊이(snow depth(SD))일 수 있다.

$$\text{이 경우, } f_n(\mathbf{x}) \text{ 는 } f_n(\mathbf{x}) = \frac{f(FSC) + f(SA) + f(SD)}{3} \text{ 으로 정의될 수 있다.}$$

[0068] 여기서, $f_n(\mathbf{x})$ 의 범위는 [-1, 1]일 수 있다. 따라서, 마이크로 유전자 알고리즘은 식 4에 기초하여 최대 적합도를 평가할 수 있다.

[0069] 지면모델을 병렬로 수행하는 서브루틴의 종료를 대기한 후, 파라미터 최적화 장치(102)는 적합도를 평가하는 서브루틴을 지면모델의 수행결과에 대해 적용할 수 있다. 적합도를 평가하는 서브루틴을 지면모델의 수행결과에 대해 적용하는 방법에 대하여는 도3에서 자세히 설명하도록 하겠다.

[0070] 단계(204)에서, 파라미터 최적화 장치(102)는 개체 중에서 상위 적합도를 가지는 개체를 선택할 수 있다. 개체를 선택하는 방법은 유전자 알고리즘의 선택 연산 중에서 토너먼트 선택(tournament selection) 방법일 수 있다.

[0071] 단계(205)에서, 파라미터 최적화 장치(102)는 단계(204)에서 선택된 개체 사이의 교배를 수행하여 다음 세대의 개체를 재생산할 수 있다. 마이크로 유전 알고리즘은 교배율이 1일 수 있다. 마이크로 유전 알고리즘은 엘리트 개체만을 보존하여 돌연변이 연산은 필요하지 않다.

[0072] 단계(206)에서, 파라미터 최적화 장치(102)는 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체가 적용된 지면모델의 적합도와 나머지 개체가 적용된 지면모델의 적합도 사이의 차이가 일정 기준으로 수렴하는지 여부를 판단할 수 있다.

[0073] 일정 기준은 한 세대에서 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체와 엘리트 개체를 제외한 다른 개체 사이의 적합도 차이가 5% 미만인 경우로 결정될 수 있다.

[0074] 적합도의 차이가 일정 기준으로 수렴하지 않는 경우, 파라미터 최적화 장치(102)는 단계(202) 내지 단계(205)를

적합도의 차이가 일정 기준으로 수렴할 때까지 반복할 수 있다.

- [0075] 단계(207)에서 적합도의 차이가 일정 기준으로 수렴하는 경우, 파라미터 최적화 장치(102)는 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하였는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0076] 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과한 경우, 파라미터 최적화 장치(102)는 현재 세대의 개체에 중에서 최대 적합도를 갖는 개체를 최적의 파라미터로 결정할 수 있다.
- [0077] 단계(208)에서, 현재 세대 수가 최대 반복 세대 수를 초과하지 않은 경우, 파라미터 최적화 장치(102)는 적합도가 가장 높게 평가된 엘리트 개체를 제외한 나머지 개체를 초기화하고, 이전 세대의 엘리트 개체와 초기화된 나머지 개체를 지면모델에 적용하여 단계(202) 내지 단계(206)를 현재 세대 수가 최대 반복 세대수를 초과할 때까지 반복할 수 있다.
- [0079] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 병렬로 지면모델을 수행하는 서브루틴을 설명하기 위한 도면이다.
- [0080] 기존의 마이크로 유전자 알고리즘은 모든 연산을 단일 프로세서를 통해 직렬로 처리한다. 즉, 하나의 개체가 모델을 수행하고 적합도를 평가하는 과정이 종료 후에 다른 개체가 모델을 수행하고 적합도를 계산할 수 있다. 이하에서, 개체가 5개일때를 중심으로 설명하겠다.
- [0081] 기존의 서브루틴(301)은, 개체 1이 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가하는 과정이 종료된 후에 개체 2가 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가할 수 있다. 기존의 서브루틴(301)은, 개체 2가 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가하는 과정이 종료된 후에 개체 3이 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가할 수 있다. 기존의 서브루틴(301)은, 개체 3이 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가하는 과정이 종료 후에 개체 4가 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가할 수 있다. 기존의 서브루틴(301)은, 개체 4가 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가하는 과정이 종료 후에 개체 5가 적용된 지면모델을 수행하고 적합도를 평가할 수 있다.
- [0082] 따라서, 기존의 서브루틴(301)은 개체수가 하나인 경우 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나, 복수의 지면모델을 수행하는 양상불 실험의 경우, 기존의 서브루틴(301)은 순차적으로 지면모델을 수행하고 적합도를 평가하는 과정에서 많은 시간이 소요될 수 있다.
- [0083] 이를 개선하기 위해, 파라미터 최적화 장치(102)는 마이크로 유전 알고리즘과 지면모델을 결합하고 지면모델과 적합도 평가를 병렬화 하였다. 본 발명의 서브루틴(302)은 기존의 서브루틴(301)을 지면모델을 수행하는 서브루틴(303)과 지면모델의 종료를 대기한 후 적합도를 평가하는 서브루틴(304)으로 분리했다.
- [0084] 따라서 본 발명의 서브루틴(302)에서, 지면모델을 수행하는 서브루틴(303)은 개체 1이 적용된 지면모델, 개체 2가 적용된 지면모델, 개체3이 적용된 지면모델, 개체 4가 적용된 지면모델 및 개체 5가 적용된 지면모델이 동시에 수행될 수 있다.
- [0085] 적합도를 평가하는 서브루틴(304)은 각 개체가 적용된 지면 모델의 종료를 대기한 후 개체 1, 개체 2, 개체 3, 개체 4 및 개체 5의 적합도를 동시에 평가할 수 있다.
- [0086] 따라서, 본 발명의 서브루틴 기존의 서브루틴(301)에 비해서 5배의 속도가 개선될 수 있다.
- [0088] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 복수의 지역에 대하여 병렬로 지면모델을 수행하는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- [0089] 지면모델은 단일 코어를 사용하기 때문에 병렬수행을 할 수 없다. 노아 지면 모델은 1차원 모델로 한 지역에 대해서만 모델을 수행할 수 있다. 따라서, 복수의 지역의 성능을 모두 만족시킬 수 있는 파라미터의 조합의 결정은 병렬화를 구축하지 않으면 지역별로 지면모델을 순차적으로 진행하기 때문에 N개의 지역에서 수행하면 N배의 시간이 소요될 수 있다. 이하에서 5개의 지역, 즉 N은 5인 경우를 기초로 설명하겠다.
- [0090] 예를 들어서, 기존의 파라미터 최적화 장치(401)는 지역 1에 대한 지면모델의 수행을 종료한 후 지역 2에 대한 지면 모델의 수행을 시작할 수 있다. 기존의 파라미터 최적화 장치(401)는 지역 2에 대한 지면모델의 수행을 종료한 후 지역 3에 대한 지면 모델의 수행을 시작할 수 있다. 기존의 파라미터 최적화 장치(401)는 지역 3에 대한 지면모델의 수행을 종료한 후 지역 4에 대한 지면 모델의 수행을 시작할 수 있다. 기존의 모델은 지역 4에

대한 지면모델의 수행을 종료한 후 지역 5에 대한 지면 모델의 수행을 시작할 수 있다. 결국, 지역별로 지면 모델을 순차적으로 시작하여 많은 시간이 소요될 수 있다.

[0091] 파라미터 최적화 장치(102)는 개체가 적용된 지면모델을 파라미터를 최적화하기 위한 복수의 지역에 대하여 병렬로 수행할 수 있도록 셸 스크립트로 작성될 수 있다. 셸 스크립트는 복수의 지역에 대하여 다중 코어를 할당할 수 있다. 파라미터 최적화 장치(102)는 지역 1에 대한 지면모델, 지역 2에 대한 지면모델, 지역 3에 대한 지면모델, 지역 4에 대한 지면모델 및 지역 5에 대한 지면모델을 동시에 수행할 수 있다. 결국, 파라미터 최적화 장치(102)는 개체가 적용된 지면모델을 병렬로 수행하여 기존의 파라미터 최적화 장치(401)보다 5배 속도가 향상될 수 있다.

[0093] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 복수의 지역에 대하여 병렬로 지면모델을 수행하기 위한 셸 스크립트의 예시이다.

[0094] 파라미터 최적화 장치(102)는 개체가 적용된 지면모델을 파라미터를 최적화하기 위한 복수의 지역에 대하여 병렬로 수행할 수 있도록 셸 스크립트로 작성될 수 있다.

[0095] 파라미터 최적화 장치(102)에서 유전자 알고리즘은 포트란(Fortran)으로 작성될 수 있다. 지면모델을 수행하고 지면모델의 종료 여부를 판단하여 적합도를 평가하는 부분은 셸 스크립트(shell script)를 통해 수행될 수 있다. 적합도의 평가는 세부적으로 NCL(NCAR Command Language) 언어로 작성될 수 있다.

[0097] 한편, 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성되어 마그네틱 저장매체, 광학적 판독매체, 디지털 저장매체 등 다양한 기록 매체로도 구현될 수 있다.

[0098] 본 명세서에 설명된 각종 기술들의 구현들은 디지털 전자 회로조직으로, 또는 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어로, 또는 그들의 조합들로 구현될 수 있다. 구현들은 데이터 처리 장치, 예를 들어 프로그램가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 컴퓨터들의 동작에 의한 처리를 위해, 또는 이 동작을 제어하기 위해, 컴퓨터 프로그램 제품, 즉 정보 캐리어, 예를 들어 기계 판독가능 저장 장치(컴퓨터 판독가능 매체) 또는 전파 신호에서 유형적으로 구체화된 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수 있다. 상술한 컴퓨터 프로그램(들)과 같은 컴퓨터 프로그램은 컴파일된 또는 인터프리트된 언어들에 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기록될 수 있고, 독립형 프로그램으로서 또는 모듈, 구성요소, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서의 사용에 적절한 다른 유닛으로서 포함하는 임의의 형태로 전개될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 사이트에서 하나의 컴퓨터 또는 다수의 컴퓨터들 상에서 처리되도록 또는 다수의 사이트들에 걸쳐 분배되고 통신 네트워크에 의해 상호 연결되도록 전개될 수 있다.

[0099] 컴퓨터 프로그램의 처리에 적절한 프로세서들은 예로서, 범용 및 특수 목적 마이크로프로세서들 둘 다, 및 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 임의의 하나 이상의 프로세서들을 포함한다. 일반적으로, 프로세서는 판독 전용 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 다로부터 명령어들 및 데이터를 수신할 것이다. 컴퓨터의 요소들은 명령어들을 실행하는 적어도 하나의 프로세서 및 명령어들 및 데이터를 저장하는 하나 이상의 메모리 장치들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 컴퓨터는 데이터를 저장하는 하나 이상의 대량 저장 장치들, 예를 들어 자기, 자기-광 디스크들, 또는 광 디스크들을 포함할 수 있거나, 이것들로부터 데이터를 수신하거나 이것들에 데이터를 송신하거나 또는 양쪽으로 되도록 결합될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램 명령어들 및 데이터를 구체화하는데 적절한 정보 캐리어들은 예로서 반도체 메모리 장치들, 예를 들어, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory), DVD(Digital Video Disk)와 같은 광 기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-Optical Media), 롬(ROM, Read Only Memory), 램(RAM, Random Access Memory), 플래시 메모리, EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM) 등을 포함한다. 프로세서 및 메모리는 특수 목적 논리 회로조직에 의해 보충되거나, 이에 포함될 수 있다.

[0100] 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용매체일 수 있고, 컴퓨터 저장매체 및 전송매체를 모두 포함할 수 있다.

[0101] 본 명세서는 다수의 특정한 구현물의 세부사항들을 포함하지만, 이들은 어떠한 발명이나 청구 가능한 것의 범위에 대해서도 제한적인 것으로서 이해되어서는 안되며, 오히려 특정한 발명의 특정한 실시형태에 특유할 수 있는 특징들에 대한 설명으로서 이해되어야 한다. 개별적인 실시형태의 문맥에서 본 명세서에 기술된 특정한 특징들

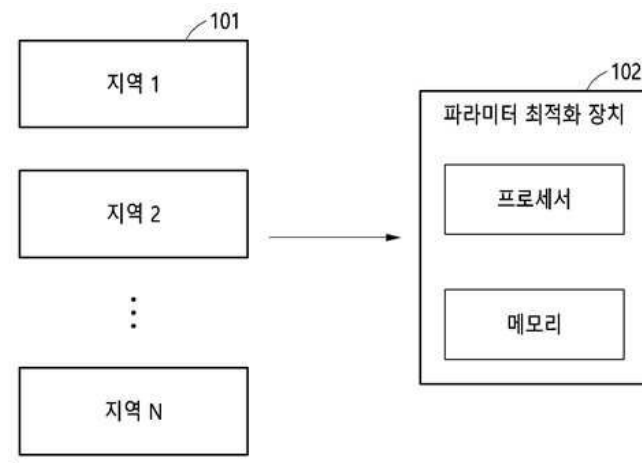
은 단일 실시형태에서 조합하여 구현될 수도 있다. 반대로, 단일 실시형태의 문맥에서 기술한 다양한 특징들 역시 개별적으로 혹은 어떠한 적절한 하위 조합으로도 복수의 실시형태에서 구현 가능하다. 나아가, 특징들이 특정한 조합으로 동작하고 초기에 그와 같이 청구된 바와 같이 묘사될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우에 그 조합으로부터 배제될 수 있으며, 그 청구된 조합은 하위 조합이나 하위 조합의 변형물로 변경될 수 있다.

[0102] 마찬가지로, 특정한 순서로 도면에서 동작들을 묘사하고 있지만, 이는 바람직한 결과를 얻기 위하여 도시된 그 특정한 순서나 순차적인 순서대로 그러한 동작들을 수행하여야 한다거나 모든 도시된 동작들이 수행되어야 하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 특정한 경우, 멀티태스킹과 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 또한, 상술한 실시형태의 다양한 장치 컴포넌트의 분리는 그러한 분리를 모든 실시형태에서 요구하는 것으로 이해되어서는 안되며, 설명한 프로그램 컴포넌트와 장치들은 일반적으로 단일의 소프트웨어 제품으로 함께 통합되거나 다중 소프트웨어 제품에 패키징 될 수 있다는 점을 이해하여야 한다.

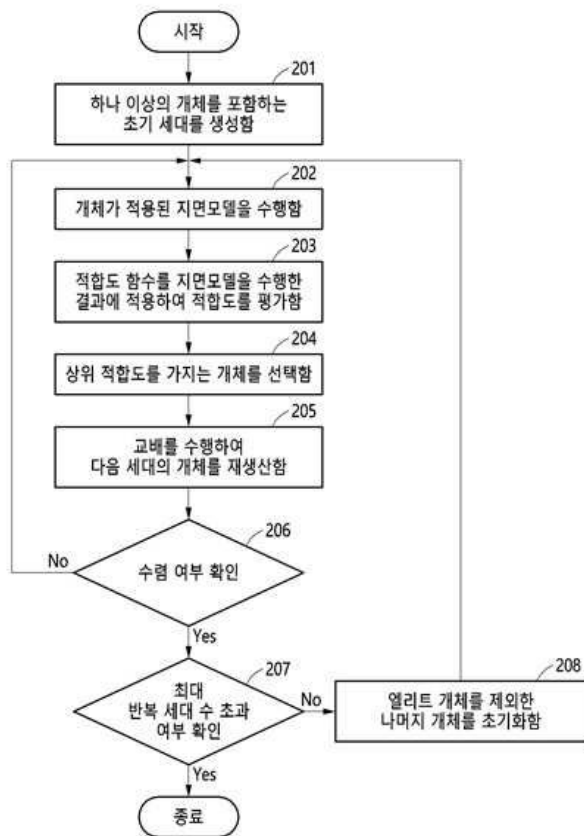
[0103] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

도면

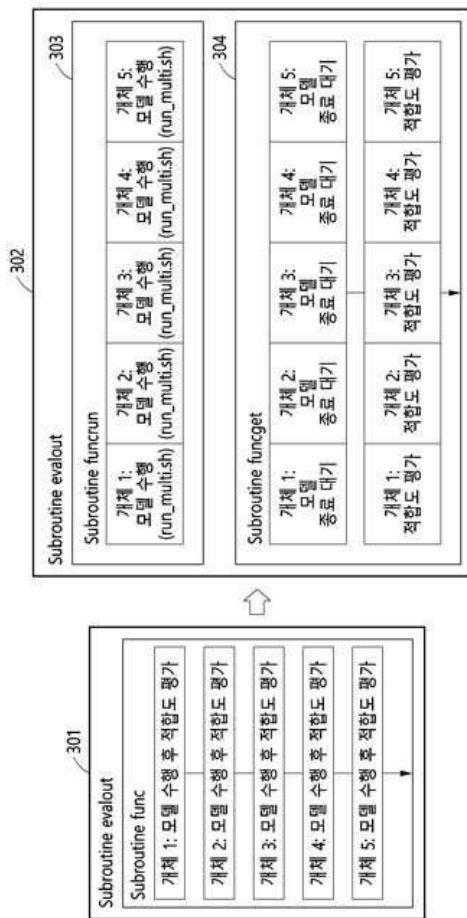
도면1



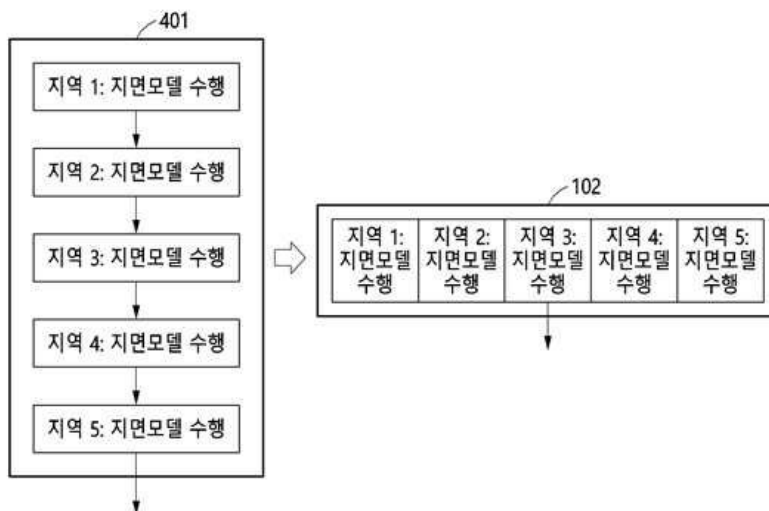
도면2



도면3



도면4



도면5

```
#!/bin/sh
stat1=${1}
stat2=${2}
stat3=${3}
stat4=${4}
stat5=${5}
stat6=${6}
stat7=${7}
stat8=${8}
stat9=${9}
stat10=${10}

odir1=${11}
odir2=${12}
odir3=${13}
odir4=${14}
odir5=${15}
odir6=${16}
odir7=${17}
odir8=${18}
odir9=${19}
odir10=${20}

echo Start NoahLSM w/10 stations
cd ./Noah_data/results/Sodir1
mpirun -machinefile ./../mpifile1 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat1 >&
./log.out &
cd ./Sodir2
mpirun -machinefile ./../mpifile1 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat2 >&
./log.out &
cd ./Sodir3
mpirun -machinefile ./../mpifile1 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat3 >&
./log.out &
cd ./Sodir4
mpirun -machinefile ./../mpifile1 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat4 >&
./log.out &
cd ./Sodir5
mpirun -machinefile ./../mpifile1 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat5 >&
./log.out &
cd ./Sodir6
mpirun -machinefile ./../mpifile2 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat6 >&
./log.out &
cd ./Sodir7
mpirun -machinefile ./../mpifile2 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat7 >&
./log.out &
cd ./Sodir8
mpirun -machinefile ./../mpifile2 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat8 >&
./log.out &
cd ./Sodir9
mpirun -machinefile ./../mpifile2 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat9 >&
./log.out &
cd ./Sodir10
mpirun -machinefile ./../mpifile2 -np 1 ./../Noah_code/driver.exe ./../Noah_data/forcings/$stat10 >&
./log.out &
```