

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0092963 (43) 공개일자 2012년08월22일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01W 1/10 (2006.01) G01W 1/14 (2006.01) (21) 출원번호 10-2011-0012922 (22) 출원일자 2011년02월14일 심사청구일자 2012년06월20일		(71) 출원인 이화여자대학교 산학협력단 서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교) (72) 발명자 박선기 서울특별시 강남구 삼성1동 풍림아파트 106호 Xing Yu 서울특별시 서대문구 신촌로7안길 76 (창천동) (74) 대리인 김인철

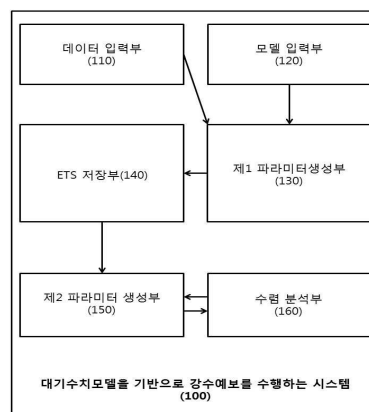
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 수치모델에 접합 가능한 유전알고리즘 인터페이스 시스템

(57) 요약

본 발명에 따른 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템은 관측된 강수 데이터가 입력되는 데이터 입력부, 강수량을 예측하기 위해 대류모수화방법을 이용한 예보 모델을 입력받는 모델 입력부, 데이터 입력부에서 입력된 강수 데이터를 기반으로, 모델 입력부에 입력하기 위한 무작위 파라미터 (T_c , c)를 생성하는 제1 파라미터 생성부, 파라미터 생성부에서 생성된 파라미터를 이용하여 모델 입력부에 입력된 예보 모델을 실행하여 산출되는 강수 예보 스코어(ETS)를 저장하는 ETS 저장부, ETS 저장부에 저장된 ETS를 유전자 알고리즘으로 평가하고, 교차와 돌연변이 과정을 통해 진화된 제2 파라미터를 생성하는 제2 파라미터 생성부 및 제2 파라미터 생성부에서 생성한 제2 파라미터를 이용하여 예보 모델을 실행한 후 파라미터 값이 수렴하는지 분석하는 수렴 분석부를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345102610

부처명 교육과학기술부

연구사업명 선도연구센터 지원

연구과제명 상호작용을 고려한 지역기후-육지표면과정 결합 모델 개발

주관기관 이화여자대학교

연구기간 2009.09.01 ~ 2010.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

대기수치모델을 이용하여 강수예보를 수행하는 시스템에 있어서,

관측된 강수 데이터가 입력되는 데이터 입력부;

강수량을 예측하기 위해 대류모수화방법을 이용한 예보 모델을 입력받는 모델 입력부;

상기 데이터 입력부에서 입력된 강수 데이터를 기반으로, 상기 모델 입력부에 입력하기 위한 무작위 파라미터 (T_c , c)를 생성하는 제1 파라미터 생성부;

상기 파라미터 생성부에서 생성된 파라미터를 이용하여 상기 모델 입력부에 입력된 예보 모델을 실행하여 산출되는 강수 예보 스코어(ETS)를 저장하는 ETS 저장부;

상기 ETS 저장부에 저장된 ETS를 유전자 알고리즘으로 평가하고, 교차와 돌연변이 과정을 통해 진화된 제2 파라미터를 생성하는 제2 파라미터 생성부; 및

상기 제2 파라미터 생성부에서 생성한 제2 파라미터를 이용하여 상기 예보 모델을 실행한 후 파라미터 값이 수렴하는지 분석하는 수렴 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는 유전알고리즘을 이용한 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 파라미터 생성부는 상기 수렴 분석부에서 파라미터 값이 수렴하지않는 것으로 분석되는 경우, 재차 제2 파라미터를 생성하고, 상기 수렴 분석부는 재생성된 제2 파라미터를 이용하여 재차 파라미터 값의 수렴 여부를 분석하는 것을 특징으로 하는 유전알고리즘을 이용한 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템.

청구항 3

대기수치모델을 이용하여 강수예보를 수행하는 방법에 있어서,

관측된 강수 데이터가 입력되는 S1 단계;

대류모수화방법을 이용한 예보 모델이 입력되는 S2 단계;

상기 S1 단계의 강수 데이터를 기반으로 상기 예보 모델에 적용하기 위한 무작위 파라미터(T_c , c)가 생성되는 S3 단계;

상기 S3 단계의 파라미터를 이용하여 상기 S2 단계의 예보 모델을 실행한 후 강수 예보 스코어(ETS)가 산출되는 S4 단계;

상기 S4 단계의 ETS를 유전자 알고리즘을 이용하여 평가하고, 교차와 돌연변이 과정을 통해 진화된 제2 파라미터가 생성되는 S5 단계; 및

상기 S5 단계에서 생성된 제2 파라미터가 수렴되는지 여부를 분석하는 S6 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유전알고리즘을 이용한 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 S6 단계에서 파라미터 값이 수렴되지 않는다고 분석되는 경우, 상기 S4 단계 내지 S6 단계가 반복 수행되는 것을 특징으로 하는 유전알고리즘을 이용한 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템 및 강수 예보 방법에 관한 것이다. 특히 본 발명은 대기수치모델의 대류모수화방법에서 유전자 알고리즘을 이용하여 파라미터를 최적화시킨 후 강수예보를 수행하는 시스템 및 강수 예보 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 한반도는 70%가량이 산악지역이기 때문에 한국을 통과하는 날씨 시스템은 복잡한 지형의 영향을 많이 받는다. 예컨대, 열대사이클론이 한국 내륙으로 접근할 때 원래의 강수밴드보다는 지형이 강수에 큰 영향을 미친다.

[0003] 2002년 늦가을에 태풍 루사가 한국을 지나갔을 때 태백산맥의 동쪽에 위치한 강릉에서는 일일 강수량이 870.5 mm에 달하며 최고 강수량 기록을 세웠다. 태풍 루사는 지난 45년 동안 최악의 열대저기압 중 하나로 기록된다. 이로 인해 217명이 사망했고 24000개의 전기선이 끊기고 645척의 배가 부서지고 300000마리의 가축이 죽고 66억 달러의 경제적 손실을 초래했다.

[0004] 전세계와 같이 한국에서도 지난 30년 동안 날씨예보 기술이 점진적으로 향상되었음에도 불구하고 강력한 영향을 미치는 기상현상 (강수밴드, 태풍등)을 정확히 예보하고 이러한 예보를 사회에서 유용하게 이용할 수 있는 능력은 여전히 제한적이다.

[0005] 예보능력을 향상시킬 수 있는 하나의 방법은 복잡한 수치예보 모델을 개발하는 것인데 이런 모델에는 구름 미세 물리와 대류과정 등에 대한 수많은 모수화 (parameterizations)과정이 포함되어 있다. 이러한 파라미터들은 다른 팩터들과 선형적/비선형적 상호작용을 하는 등 모델 수행 성능에 직접적 또는 간접적 영향을 미치지만 그 값을 정확히 알 수 없어서 모델 오류를 일으키는 문제점이 있었다.

[0006] 수평적 격자 간격이 10 km 이상일 때 깊은(deep) 대류는 모수화 과정이 필요하지만 그보다 적은 격자간격에서는 필요하지 않다고 일반적으로 알려져 있다. 따라서 한국에서 강수 시스템을 모의하는데 있어서 대류 모수화 (convective parameterization)의 역할을 자세히 연구할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명에 따른 표면 유전알고리즘을 이용한 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템 및 강수 예보 방법은 다음과 같은 해결과제를 목적으로 한다.

[0008] 첫째, 대류모수화방법에 사용되는 파라미터를 최적화하고자 한다.

[0009] 둘째, 대기수치모델을 이용하여 정확한 강수 예보를 수행하고자 한다.

[0010] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 과제 해결 수단은 다음과 같다.

[0012] 본 발명에 따른 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템은 관측된 강수 데이터가 입력되는 데이터 입력부, 강수량을 예측하기 위해 대류모수화방법을 이용한 예보 모델을 입력받는 모델 입력부, 데이터 입력부에서 입력된 강수 데이터를 기반으로, 모델 입력부에 입력하기 위한 무작위 파라미터 (T_c , c)를 생성하는 제1 파라미터 생성부, 파라미터 생성부에서 생성된 파라미터를 이용하여 모델 입력부에 입력된 예보 모델을 실행하여 산출되는 강수 예보 스코어(ETS)를 저장하는 ETS 저장부, ETS 저장부에 저장된 ETS를 유전자 알고리즘으로 평가하고, 교차와 돌연변이 과정을 통해 진화된 제2 파라미터를 생성하는 제2 파라미터 생성부 및 제2 파라미터 생성부에서 생성한 제2 파라미터를 이용하여 예보 모델을 실행한 후 파라미터 값이 수렴하는지 분석하는 수렴 분석부를 포함한다.

[0013] 본 발명의 제2 파라미터 생성부는 수렴 분석부에서 파라미터 값이 수렴하지않는 것으로 분석되는 경우, 재차 제2 파라미터를 생성하고, 수렴 분석부는 재생성된 제2 파라미터를 이용하여 재차 파라미터 값의 수렴 여부를 분

석하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 따른 대기수치모델을 기반으로 강수예보 방법은 관측된 강수 데이터가 입력되는 S1 단계, 대류모수화 방법을 이용한 예보 모델이 입력되는 S2 단계, S1 단계의 강수 데이터를 기반으로 예보 모델에 적용하기 위한 무작위 파라미터(T_c , c)가 생성되는 S3 단계, S3 단계의 파라미터를 이용하여 S2 단계의 예보 모델을 실행한 후 강수 예보 스코어(ETS)가 산출되는 S4 단계, S4 단계의 ETS를 유전자 알고리즘을 이용하여 평가하고, 교차와 돌연변이 과정을 통해 진화된 제2 파라미터가 생성되는 S5 단계 및 S5 단계에서 생성된 제2 파라미터가 수렴되는지 여부를 분석하는 S6 단계를 포함한다.

[0015] 본 발명의 S4 단계 내지 S6 단계는 S6 단계에서 파라미터 값이 수렴되지 않는다고 분석되는 경우, 반복 수행되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 유전알고리즘을 이용한 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템 및 강수 예보 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

[0017] 첫째, 유전자 알고리즘을 기상 예보 모델에 적용하여 강수 예보에 대한 정확도가 향상된다.

[0018] 둘째, 본 발명의 파라미터 최적화는 HSPF(Hydrological Simulation Program-Fortran) 같은 수문 모델에도 적용이 가능하다.

[0019] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명인 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명인 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 방법의 순서를 도시한 순서도이다.

도 3은 본 발명에 따른 파라미터 최적화 방법에 대한 플로우차트이다.

도 4(a) 내지 도 4(d)는 본 발명에 다른 기상 예보 모델 및 종래 모델의 효과를 비교하는 그래프이다. 도 4(a) 내지 도 4(d)는 각각 격자 간격이 15km, 12km, 9km 및 6km 이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 실시된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계 동작 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 본 발명은 다양한 대기수치모델에 적용되는 대류 모수화(convective parameterization)에서 2개의 파라미터를 효과적으로 최적화하는 시스템 및 방법이 핵심적 구성이다. 따라서 이용되는 대기수치모델은 해당 분야의 통상의 지식을 가진자에게 알려진 다양한 모델이 사용가능하다.

[0023] 실제 본 발명은 기상 예보 분야에서 널리 사용되는 프로그램 또는 시스템인 WRF(Weather Research and Forecast model), RAMS(Regional Atmospheric Modeling System), MM5(Mesoscale Model version 5) 또는 COAMPS(Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System) 등에 적용될 수 있다.

[0024] 이하에서는 도면을 참조하면서 유전알고리즘을 이용한 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템 및 강수 예보 방법에 관하여 구체적으로 설명하겠다.

[0025] 도 1은 본 발명인 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 시스템(100)의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.

[0026] 본 발명에 따른 강수예보 시스템은 관측된 강수 데이터가 입력되는 데이터 입력부(110), 강수량을 예측하기 위해 대류모수화방법을 이용한 예보 모델을 입력받는 모델 입력부(120), 데이터 입력부에서 입력된 강수 데이터를 기반으로, 모델 입력부에 입력하기 위한 무작위 파라미터 (T_c , c)를 생성하는 제1 파라미터 생성부(130), 파라

미터 생성부에서 생성된 파라미터를 이용하여 모델 입력부에 입력된 예보 모델을 실행하여 산출되는 강수 예보 스코어(ETS)를 저장하는 ETS 저장부(140), ETS 저장부에 저장된 ETS를 유전자 알고리즘으로 평가하고, 교차와 돌연변이 과정을 통해 진화된 제2 파라미터를 생성하는 제2 파라미터 생성부(150) 및 제2 파라미터 생성부에서 생성한 제2 파라미터를 이용하여 예보 모델을 실행한 후 파라미터 값이 수렴하는지 분석하는 수렴 분석부(160)를 포함한다.

- [0027] 제2 파라미터 생성부(150)는 수렴 분석부에서 파라미터 값이 수렴하지않는 것으로 분석되는 경우, 재차 제2 파라미터를 생성하고, 수렴 분석부는 재생성된 제2 파라미터를 이용하여 재차 파라미터 값의 수렴 여부를 분석한다.
- [0028] 도 2는 본 발명인 대기수치모델을 기반으로 강수예보를 수행하는 방법의 순서를 도시한 순서도이다.
- [0029] 본 발명에 따른 강수예보 방법은 관측된 강수 데이터가 입력되는 S1 단계;
- [0030] 대류모수화방법을 이용한 예보 모델이 입력되는 S2 단계, S1 단계의 강수 데이터를 기반으로 예보 모델에 적용하기 위한 무작위 파라미터(T_c, c)가 생성되는 S3 단계, S3 단계의 파라미터를 이용하여 S2 단계의 예보 모델을 실행한 후 강수 예보 스코어(ETS)가 산출되는 S4 단계, S4 단계의 ETS를 유전자 알고리즘을 이용하여 평가하고, 교차와 돌연변이 과정을 통해 진화된 제2 파라미터가 생성되는 S5 단계 및 S5 단계에서 생성된 제2 파라미터가 수렴되는지 여부를 분석하는 S6 단계를 포함한다.
- [0031] S6 단계에서 파라미터 값이 수렴되지 않는다고 분석되는 경우, S4 단계 내지 S6 단계가 반복 수행되면서 최적의 파라미터를 추출한다.
- [0032] 도 3은 본 발명에 따른 파라미터 최적화 방법에 대한 플로우차트이다. 최적의 파라미터를 추출하는 과정은 ETS 기록에서 파라미터 수렴여부를 점검하는 단계가 반복수행되는 과정이다.
- [0033] 본 발명에서 최적화되는 파라미터는 대류 타임스케일(T_c)과 응결률(c)이다. Kain-Fritsch 대류 모수화(적운모수화) 방법에서는 주변 대기의 대류가능 잠재에너지(convective available potential energy-CAPE)중 90%가 T_c 의 시간동안 소비되는데 T_c 는 아래의 수학식 1과 같이 정의된다.

수학식 1

$$T_c = \frac{\Delta x}{0.5(V_{500} + V_{lcl})} \quad (1800s < T_c < 3600s)$$

- [0034]
- [0035] 여기서, V_{500} 와 V_{lcl} 는 500 hPa와 상승응결고도 (Lifting Condensation Level)에서의 각각의 바람속도 (m/s)이며, Δx 는 모델 격자 간격이다. 일반적으로 모델 격자간격이 18 km 이하 일 때 T_c 는 1800 s로 설정된다.
- [0036] 파라미터 c 는 주변대기에 대한 대류 모수화의 미세물리 피드백을 결정하는데 상승기류 중 응결과정에서 잃게 될 수증기의 양(δq_c)은 아래의 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$\delta q_c = q_c \left[1 - \exp\left(-\frac{c\delta z}{w}\right) \right]$$

- [0037]
- [0038] 여기서, q_c 는 대기층 하부에서의 응결량이고 c 는 응결률에 대한 상수, δz 는 모델 각 연직층의 두께, 그리고 w 는 승기류의 연직속도이다.
- [0039] 2004년 이전의 KF스킴(scheme)에서 c 는 0.01 s^{-1} 로 설정되어 있고, 새로운 KF 스킴에서는 0.03 s^{-1} 로 설정되어

있다. 파라미터의 범위는 $600 \text{ s} \leq T_c \leq 3600 \text{ s}$ 이고, $0.0001 \text{ s}^{-1} \leq c \leq 0.1 \text{ s}^{-1}$ 이다.

[0040] x_1 및 x_2 가 0과 1사이에 있는 랜덤 (random) 숫자라고 가정하면 T_c 및 c 는 아래의 수학식 3과 같이 표현된다.

수학식 3

$$\begin{cases} T_c = 3000x_1 + 600 \\ c = 10^{(3x_2 - 4)} \end{cases}$$

[0041]

[0042] 본 발명에서는 무작위로 20개의 (x_1 , x_2)의 세트가 생산되고 그에 해당하는 20개 세트의 (T_c , c)가 연산 된다.

[0043]

생성된 무작위 파라미터 (T_c , c)을 이용하여 기상예보모델을 수행한다. 실제 프로그램상에서는 기존 기상예보모델의 소스코드를 백업(filename1 에서 filename2로 백업)하고, 운영체제가 유닉스라면 아래와 같은 명령어를 사용하여 KF 스캔의 소스코드 (T_c , c)값을 바꾼다.

```
"sed -e '/DATA RATE/s/0.03/x1/' -e '/TIMEC=AMIN(3600.,TIMEC)/x2/'
filename2 > filename1"
```

[0044]

[0045] 소스코드를 바꾼 후에 모델을 다시 컴파일 하고 새로운 파라미터 값을 이용하여 WRF모델 3.2버전을 실행시킨다. 실험이 끝남과 동시에 ETS 값을 바탕으로 적합성이 아래의 수학식 4와 같은 방법으로 계산된다.

수학식 4

$$Fitness = \sum_i ETS_i$$

[0046]

[0047] 여기서 $i = 5, 10, 25, 50, 100, 150$ 은 각각의 강수 한계값이다. 여기서 ETS는 아래의 수학식 5와 같이 정의된다.

수학식 5

$$ETS = \frac{H - R}{F + O - H - R}$$

[0048]

[0049] 여기서, H 는 정확히 예보한 격자(hit)의 수이고, $F(O)$ 는 강수량 시물레이션 (관측)에서 어떤 한계값 (threshold)보다 큰 격자의 수이다. N 이 분석 대상 격자의 갯수일 때, R 은 무작위적 예보에서 예보가 정확한 격자의 수이다($R=F*O/N$). Netcdf 명령어 "ncdump"를 이용하여 모의된 강수량을 얻는다.

[0050]

제2 파라미터를 생성하기 위한 유전자 알고리즘은 PIKAIA (Charbonneau, P., 2002: An introduction to genetic algorithms for numerical optimization. NCAR Tech. Note TN-450+IA, 74 pp.)라 불리는 유전알고리즘 패키지가 이용된다. 각각의 세대는 20개의 염색체를 가진다. 교차가능성은 0.85로 설정되는데 이는 한 세대 에서 평균적으로 85%의 염색체가 교차한다는 의미이다. 최대 돌연변이 확률 및 최소 돌연변이 확률은 각각 0.05 및 0.005로 설정되어 있다.

본 발명의 효과를 증명하는 실험

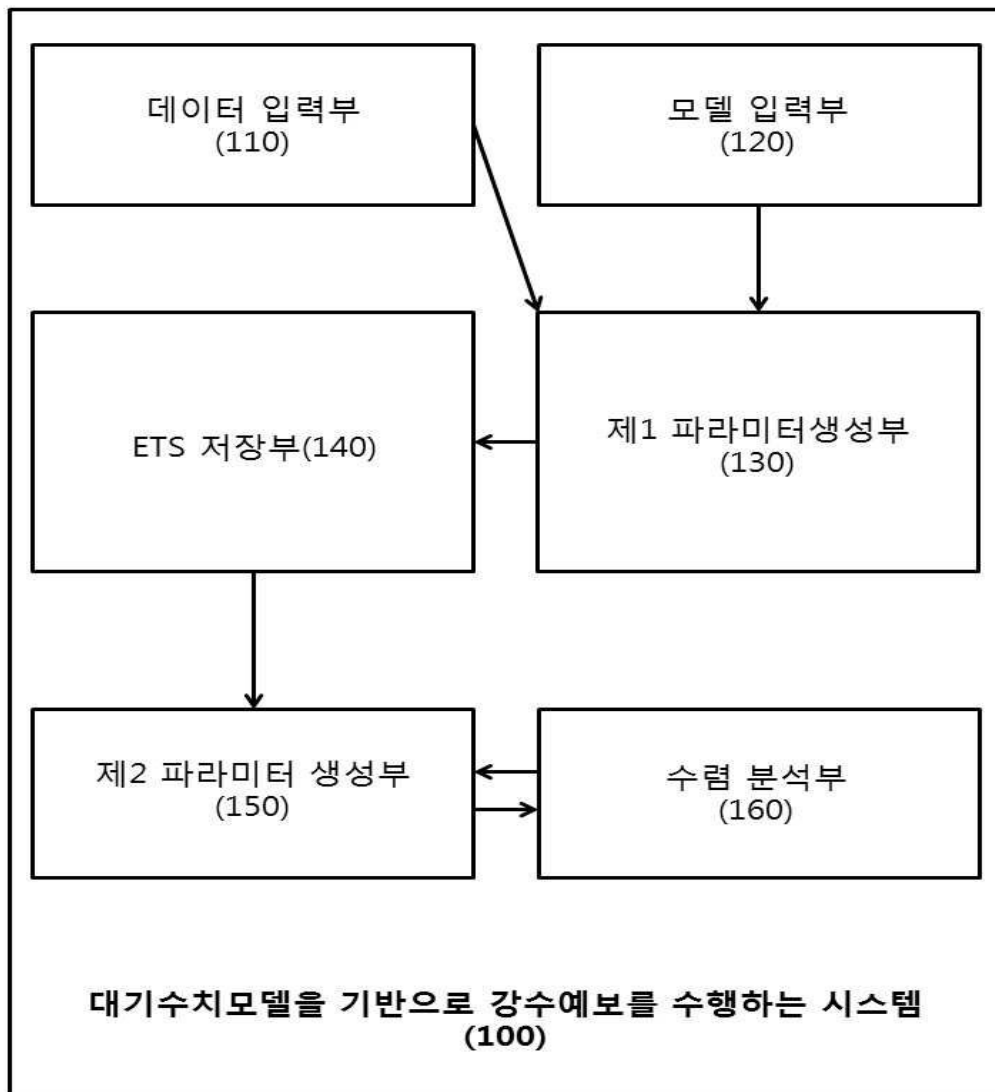
- [0052] 실험을 위한 관측 강수량 자료는 다음과 같은 자료를 사용하였다. 기상청으로부터 2002년 8월 30일 00UTC부터 9월 1일 00UTC까지 자동기상관측소에서 관측된 시간당 강수량을 얻었으나 너무 많은 강수량 때문에 몇몇의 관측 기기가 파손되어서 데이터에 결측값이 포함되었다. 이러한 누적강수량을 계산할 때 결측값을 제외하면 그 관측소에서 관측된 모든 데이터를 잃게 되므로 최대한 많은 데이터를 보유하기 위해 관측지점 시간당 자료를 모델 격자 간격(=6, 9, 12, or 15 km)에 맞추어서 내삽(interpolation)한 후 12시간 누적 강수량을 계산하였다. 한국의 경계지점 값들은 제외되었다. 이 내삽법은 NCAR 그래픽의 서브루틴 프로그램 중 하나를 이용한 것이다.
- [0053] 원래의 관측소 강수량 자료는 (경도, 위도, 강수량)의 형태인 반면 내삽된 격자 강수량 자료는 모델 도메인 안에서 (I, J, 강수량) (I: 동서 격자 번호, J: 남북 격자 번호)의 형태이다. 파일의 이름은 csh 프로그램의 첫번째 줄에 정의되어 있다.
- [0054] 도 4(a) 내지 도 4(d)는 본 발명에 다른 기상 예보 모델 및 종래 모델의 효과를 비교하는 그래프이다. 도 4(a) 내지 도 4(d)는 각각 격자 간격이 15km, 12km, 9km 및 6km 이다. 도 4에서 x 축은 한계값(threshold)이고, y 축은 ETS 값이다.
- [0055] 최적화된 대류 타임스케일은 모두 디폴트(default) 값 (1800 s) 보다 적게 나타났는데 고해상도 모델을 고려할 때 이치에 맞는 결과이다. 최적화된 응결률 c는 디폴트값보다 100배 정도 적었다. 이렇게 줄어든 파라미터의 값은 다른 기존의 연구 결과와 일치한다.
- [0056] WRF 모델의 경우 최적화된 파라미터를 적용한 결과 강수 예보 적중률이 현격하게 향상되었다. Kain-Fritsch 대류모수화 방법에서 정의된 원래의 파라미터를 이용한 경우(KFEX)뿐 아니라 대류모수화법을 사용하지 않은 경우(NOCP)에도 더 좋은 결과를 보였다.
- [0057] 또한 향상된 결과는 어떤 격자간격에서만이 아니라 다양한 격자간격에서도 나타났다. 일반적으로 6 km 이하의 격자에 대해서는 기존의 KF 대류 모수화 방법(KFEX)이 대류모수화(NOCP)를 사용하지 않을 경우보다 더 낮은 예보 능력을 보였으나, 본 발명의 유전알고리즘에 의해 최적화된 파라미터를 적용한 KF 대류 모수화법(OPTM)은 KFEX나 NOCP보다 더 향상된 모델 예보 능력을 보였다.
- [0058] 본 실시예 및 본 명세서에 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

부호의 설명

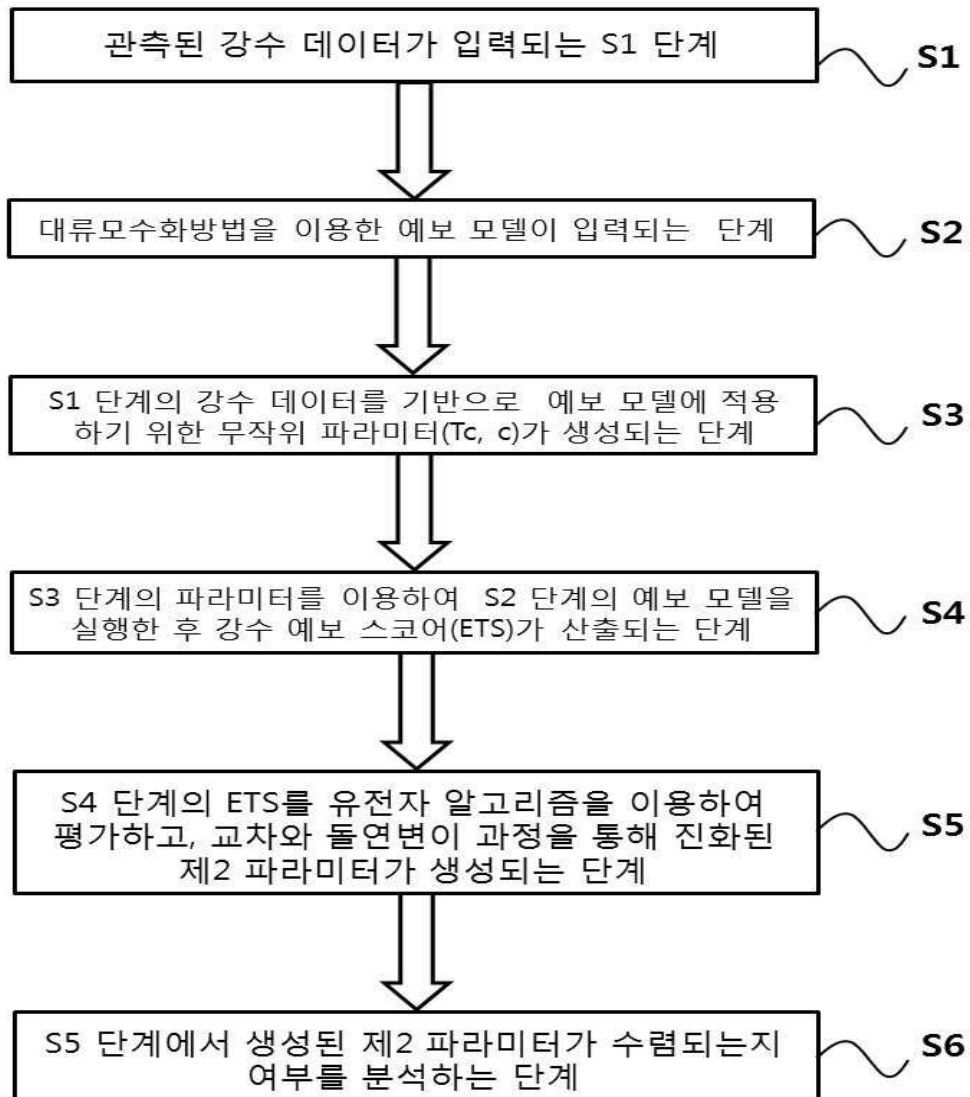
- | | | |
|--------|----------------|------------------|
| [0059] | 100 : 강수예보 시스템 | 110 : 데이터 입력부 |
| | 120 : 모델 입력부 | 130 : 제1파라미터 생성부 |
| | 140 : ETS 저장부 | 150 : 제2파라미터 생성부 |
| | 160 : 수렴 분석부 | |

도면

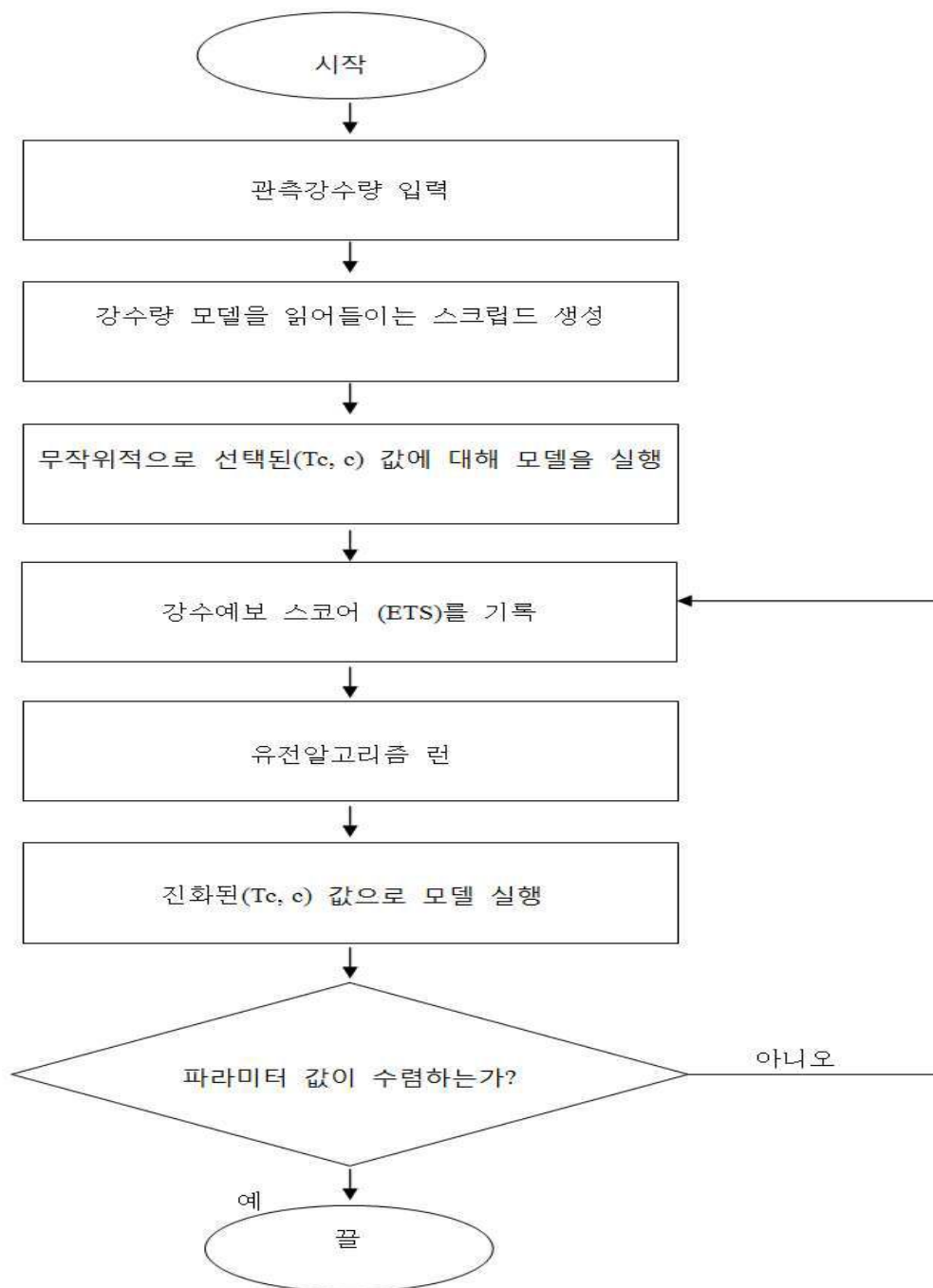
도면1



도면2



도면3



도면4

