(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월20일
(11) 등록번호 10-2291632
(24) 등록일자 2021년08월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 22/04 (2006.01) *G01C 11/04* (2006.01)
G06T 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01N 22/04 (2013.01)
G01C 11/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0033422
(22) 출원일자 2020년03월18일
심사청구일자 2020년03월18일
(56) 선행기술조사문헌
이주형 등, Stochastic relaxation of nonlinear soil moisture ocean salinity (SMOS) soil moisture retrieval errors with maximal Lyapunov exponent optimization, Nonlinear Dynamics 95, pp653-667, 2018.10.27.
KR1020110100970 A
KR1020180132351 A
JP2013084072 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이주형
서울특별시 성북구 안암로 145(안암동5가)
(74) 대리인
특허법인 제나

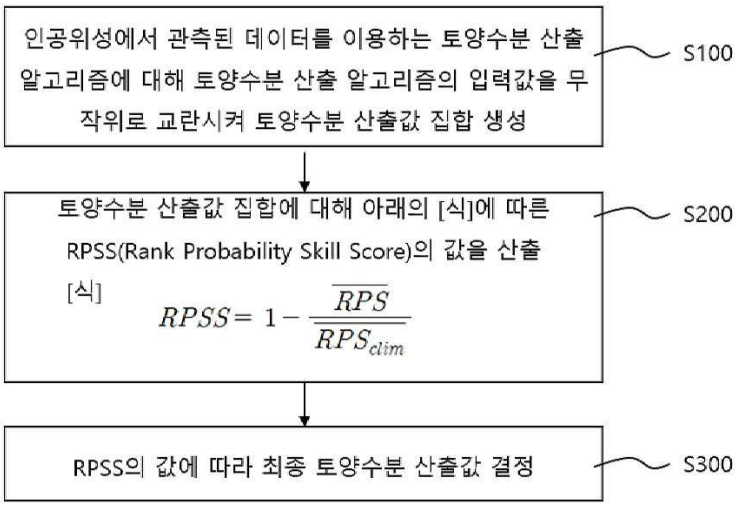
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 정치영

(54) 발명의 명칭 **인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법**

(57) 요 약

인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법이 개시된다. 본 발명의 일 측면에 따르면, 프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법으로서, 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하는 토양수분 산출 알고리즘에 대해 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계; 상기 토양수분 산출값 집합에 대해 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출하는 단계와; 상기 RPSS의 값에 따라 최종 토양수분 산출값을 결정하는 단계를 포함하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01N 33/246 (2013.01)
G06T 7/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711057052
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(미래부)
연구과제명 SMOS 인공위성 데이터를 기반으로한 동아시아지역 가뭄 모니터링
기 여 율 1/1
과제수행기관명 서울대학교
연구기간 2015.07.01 ~ 2018.06.30
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법으로서,

상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하는 토양수분 산출 알고리즘에 대해 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계;

상기 토양수분 산출값 집합에 대해 아래의 [식]에 따른 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출하는 단계와;

[식]

$$RPSS = 1 - \frac{\overline{RPS}}{\overline{RPS_{clim}}}$$

여기서,

$\overline{RPS}$ = 아래의 RPS의 결과값에 대한 평균.

$\overline{RPS_{clim}}$ = O에 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터 대신에 다년간 축적시킨 기후 재분석값($re-analysis$)을 사용한 경우의 아래의 RPS의 결과값에 대한 평균

$$RPS = (P - O)^2$$

여기서,

P = 특정 화소에 생성된 토양수분 산출값 집합의 누적 확률 벡터

O = 특정 화소에 생성된 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터

상기 RPSS의 값에 따라 최종 토양수분 산출값을 결정하는 단계를 포함하되,

상기 RPSS의 값이 0< RPSS ≤1가 되도록 상기 입력값을 무작위로 교란시키는 단계와 상기 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출하는 단계를 반복하며,

상기 최종 토양수분 산출값을 결정하는 단계는,

상기 RPSS의 값이 0< RPSS ≤1 인 경우,

상기 토양수분 산출값 집합의 평균값을 상기 최종 토양수분 산출값으로 결정하는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 인공위성에서는 수동 마이크로웨이브(passive microwave) 또는 능동 마이크로웨이브(active microwave)를 관측하며,

상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값은,

상기 수동 마이크로웨이브인 경우 밝기 온도(brightness temperature)이고,

상기 능동 마이크로웨이브인 경우 후방 산란지수(backscattering coefficients) 인 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값은,

토양 거칠기, 식생 지수, 유효식생온도(effective vegetation temperature), 식생 광학 깊이(vegetation optical depth), 유효토양온도(effective soil temperature), 알베도(albedo), 토양 반사도(soil reflectivity) 중 하나 이상인 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값은,

토양 물성 정보(soil map), 임상 정보, 토지 피복 분류 정보, 식생 피복 부분(vegetation fraction) 중 하나 이상인 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계는,

아래의 [식]에 따라 상기 토양수분 산출값 집합을 생성하는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법.

[식]

$$Z = R[N(\mu,\sigma^2)]$$

여기서,

Z: 특정 관측 시간(T0)의 토양수분 산출값 집합

R: 토양 수분 산출 알고리즘

N: 평균 μ와 분산 σ^2를 갖는 입력값의 확률 분포 함수

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계는,

특정 관측 시간의 전(前)과 후(後)의 토양수분 산출값 집합들을 누적하여, 상기 토양수분 산출값 집합의 수를 증가시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 인공위성 데이터를 이용한 확률론적 토양수분 산출 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 인공위성은 인간이 일일이 다 측정할 수 없는 미계측 공간 데이터를 전 지구적 스케일에서 생산하여, 전 지구적 스케일의 기후 변화, 대규모 순환 및 국가 지리 정보 등 일상 생활에 유용한 정보를 제공해 준다.

[0004] 그러나, 우주에서 관측된 데이터로부터 지상의 물리량을 산출(retrieval)하기 때문에 무인기나 비행기에 지상 센서를 달아 측정할 때와는 달리 기상 조건, 전파 방해, 알고리즘에 입력되는 외부 데이터의 오류, 물리 공식의 적용 한계 등으로 인해 그 결과값(end product)에 오류가 발생할 수 있다.

[0005] 종래에는 인공위성 데이터를 다른 참고 자료 비교하여 수렴시켜가는 방식으로 인공위성의 산출값과 다른 모델값과의 차이를 조정하여 자료 동화에 적용하였으나 이러한 방식도 여전히 결과값의 오류를 해소하는데 부족한 면이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2013-0084503호 (2013년07월25일 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 인공위성의 관측값을 지상의 관측값으로 검증하는 데서 오는 스케일상의 불일치성의 한계를 해결하기 위해 비결정론적인 확률 기법을 적용하여 인공위성의 관측값의 오류나 불확실성을 저감한 인공위성 데이터를 이용한 확률론적 토양수분 산출 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법으로서, 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하는 토양수분 산출 알고리즘에 대해 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계; 상기 토양수분 산출값 집합에 대해 아래의 [식]에 따른 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출하는 단계와; 상기 RPSS의 값에 따라 최종 토양수분 산출값을 결정하는 단계를 포함하는, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법이 제공된다.

[0012] [식]

[0013] $$RPSS = 1 - \frac{\overline{RPS}}{\overline{RPS_{clim}}}$$

[0014] 여기서,

[0015] $\overline{RPS}$ = 아래의 RPS의 결과값에 대한 평균.

[0016] $\overline{RPS}_{clim}$ = O에 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터 대신에 다년간 축적시킨 기후 재분석값($re-analysis$)을 사용한 경우의 아래의 RPS의 결과값에 대한 평균

[0017] $$RPS = (P - O)^2$$

[0018] 여기서,

[0019] P= 특정 화소에 생성된 토양수분 산출값 집합의 누적 확률 벡터

[0020] O= 특정 화소에 생성된 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터

[0022] 상기 인공위성에서는 수동 마이크로웨이브(passive microwave) 또는 능동 마이크로웨이브(active microwave)를 관측하며, 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값은, 상기 수동 마이크로웨이브인 경우 밝기 온도(brightness temperature)이고, 상기 능동 마이크로웨이브인 경우 후방 산란지수(backscattering coefficients)일 수 있다.

[0023] 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값은, 토양 거칠기, 식생 지수, 유효식생온도(effective vegetation temperature), 식생 광학 깊이(vegetation optical depth), 유효토양온도(effective soil temperature), 알베도(albedo), 토양 반사도(soil reflectivity) 중 하나 이상일 수 있다.

[0024] 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값은, 토양 물성 정보(soil map), 임상 정보, 토지 피복 분류 정보, 식생 피복 부분(vegetation fraction) 중 하나 이상일 수 있다.

[0025] 상기 RPSS의 값이 0< RPSS ≤1가 되도록 상기 입력값을 무작위로 교란시키는 단계와 상기 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출하는 단계를 반복할 수 있다.

[0026] 상기 최종 토양수분 산출값을 결정하는 단계는, 상기 RPSS의 값이 0< RPSS ≤1 인 경우, 상기 토양수분 산출값 집합의 평균값을 상기 최종 토양수분 산출값으로 결정할 수 있다.

[0027] 상기 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계는, 아래의 [식]에 따라 상기 토양수분 산출값 집합을 생성할 수 있다.

[0029] [식]

[0030] $$Z = R[N(\mu, \sigma^2)]$$

[0031] 여기서,

[0032] Z: 특정 관측 시간(T0)의 토양수분 산출값 집합

[0033] R: 토양 수분 산출 알고리즘

[0034] N: 평균 μ와 분산 σ^2를 갖는 입력값의 확률 분포 함수

[0036] 상기 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계는, 특정 관측 시간의 전(前)과 후(後)의 토양수분 산출값 집합들을 누적하여, 상기 토양수분 산출값 집합의 수를 증가시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 본 발명의 실시예에 따르면, 비결정론적인 확률 기법을 적용하여 인공위성의 관측값의 오류나 불확실성을 저감하여 보다 정확한 인공위성 데이터를 이용한 토양수분을 산출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법의 순서도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법을 수행하는 토양수분 산출장치의 블록도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법에 따른 토양수분 산출값을 시계열적으로 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0042] 이하, 본 발명에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법을 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부한 도면을 참조하여 설명함에 있어서, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0043] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법의 순서도이다. 그리고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법을 수행하는 토양수분 산출장치의 블록도이다.

[0044] 본 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법은, 프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법으로서, 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하는 토양수분 산출 알고리즘에 대해 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하는 단계; 상기 토양수분 산출값 집합에 대해 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출하는 단계와; 상기 RPSS의 값에 따라 최종 토양수분 산출값을 결정하는 단계를 포함한다.

[0045] 이하에서는 도 1의 순서도에 따라, 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법을 자세히 설명하기로 한다.

[0046] 먼저, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하는 토양수분 산출 알고리즘에 대해 토양수분 산출 알고리즘의 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성한다(S100).

[0047] '인공위성에서 관측된 데이터를 이용하는 토양수분 산출 알고리즘'은 기존에 존재하는 토양수분 산출 알고리즘을 이용할 수 있다. 예를 들면, Soil Moisture Ocean Salinity(SMOS) 위성은 토양수분을 관측하는 위성으로서, L-band 대역(1.4 GHz)의 밝기 온도를 관측하여 토양수분을 산정하는데, 본 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 토양수분을 산출하는 알고리즘을 이용할 수 있다. 예를 들면, Soil Moisture Ocean Salinity(SMOS) 위성 데이터를 활용하는 알고리즘으로서, L-band Microwave Emission of the Biosphere (L-MEB)model이 개발되어 있으며, SMOS L2SM Prototype 프로세서가 개발되어 있다.

[0048] 토양의 수분을 관측하는 인공위성은 상기 SMOS 이외에 SMAP, AMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS), AMSR2, Sentinel 등이 있는데, 마이크로파 센서가 탑재되어 전 지구 영역에서 토양수분 관측을 수행하고 있다.

[0049] 그런데, 이러한 토양수분 산출 알고리즘을 통해 토양수분을 산출할 때, 전파 방해(Radio Frequency Interferences, RFI), 기상 조건, 복잡한 토지 조건, 산출 알고리즘에 입력되는 외부 데이터의 오류 등으로 부정확한 토양수분 산출값이 제공될 수 있다.

[0050] 따라서, 본 발명에서는, 토양수분 산출 과정에서 오류를 만들어 내는 다양한 인자들을 무작위로 교란시켜 확률적 분포로 입력하고 토양수분 산출값 집합에 대해 비국부적인(non-local) 방식으로 평가함으로써 인공위성에서 관측한 순간 시야각(instantaneous field of view, IFOV)에 따른 화소(pixel) 자체를 개선하여 인공위성의 관측값과 지상의 점값(point measurement)을 비교하는 데서 오는 스케일상의 불일치성에서 오는 한계를 해결하고, 자료 동화에 고품질 관측값을 제공하며 또한 인공위성 값을 모델에 입력했을 때 오류가 확산되는 것을 방지할 수 있다.

[0051] 인공위성에는 마이크로웨이브 센서가 탑재되어 수동 마이크로웨이브(passive microwave) 또는 능동 마이크로웨이브(active microwave)를 관측할 수 있는데, 토양수분 산출 과정에서 인공위성 관측값에 대한 불확실성이 큰 경우에는 이러한 인공위성의 관측값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 산출한다.

[0052] 예를 들면, 수동 마이크로웨이브의 경우는 밝기 온도(brightness temperature)를 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하고, 능동 마이크로웨이브의 경우에는 후방 산란지수(backscattering coefficients)를 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성한다.

[0053] 본 실시예에서는 수동 마이크로웨이브에 따른 밝기 온도를 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합을 생성하는 것을 중심으로 설명한다.

[0054] 한편, 인공위성의 관측값 보다는 외부 입력 또는 산출 알고리즘이 계산한 다른 물리 변수의 불확실성이 큰 경우에는, 토양 거칠기, 식생 지수, 유효식생온도(effective vegetation temperature), 식생 광학 깊이(vegetation optical depth), 유효토양온도(effective soil temperature), 알베도(albedo), 토양 반사도(soil reflectivity) 중에서 불확실성이 큰 물리 변수에 대해 무작위 교란 후 토양수분 산출값 집합을 생성할 수 있다.

[0055] 식생 지수는 엽면적지수(Leaf Area Index), 정규 식생 지수(normalized difference vegetation index)를 의미하고, 유효식생온도는 식생의 생물량에 의해 파장이 경감되는 효과를 반영하는 인자이다. 식생 광학 깊이(vegetation optical depth)는 식생에 의해서 마이크로파 측정값이 경감되는 정도이다. 유효토양온도는 토성과 토양의 수분 함유량과 연관된 인자로 일정 깊이의 토양온도와 표면의 토양온도에 의한 함수로 계산된다. 토양 반사도(soil reflectivity)는 표면의 거칠기에 관련된 계수로 다른 인자들의 수식에 의해 결정되며 밝기온도를 결정하는 계수이다. 알베도(albedo)는 물체가 빛을 받았을 때 반사하는 정도를 나타낸다.

[0056] 한편, 지표 정보 즉, 피복 지도(land surface map)의 불확실성이 큰 경우에는 토양 물성 정보(soil map), 임상 정보, 토지 피복 분류 정보, 식생 피복 부분(vegetation fraction) 중에서 불확실성이 큰 정보에 대해 무작위 교란 후 토양수분 산출값 집합을 생성할 수 있다.

[0057] 상술한 각종 입력값은 토양수분의 산출에 직, 간접적으로 필요한 입력값으로서, 이를 무작위로 교란한 후 확률적 분포로 입력하여 이를 평가함으로써 산출된 토양수분의 값의 오류를 저감할 할 수 있다.

[0058] 상기 토양수분 산출 알고리즘의 입력값을 무작위로 교란시켜 토양수분 산출값 집합은 다음의 [식 1]에 따라 생성할 수 있다.

[0060] [식 1]

[0061] $$Z = R[N(\mu, \sigma^2)]$$

[0062] 여기서,

[0063] Z: 특정 관측 시간의 토양수분 산출값 집합

[0064] R: 토양 수분 산출 알고리즘

[0065] N: 평균 μ와 분산 σ^2를 갖는 입력값의 확률 분포 함수

[0067] 상기 [식 3]에서 N은 평균 μ와 분산 σ^2를 갖는 입력값의 확률 분포 함수로서, 이러한 N에 의해 입력값의 무작위 교란을 통해 토양수분 산출값 집합을 생성할 수 있다.

[0068] 본 실시예에서는 평균 μ와 분산 σ^2를 갖는 가우시안 분포(Gaussian distribution)를 갖는 확률 분포 함수에 따른 입력값을 토양수분 산출 알고리즘에 입력함으로써 무작위 교란된 토양수분 산출값 집합을 생성하는 형태를 제시한다.

[0069] 한편, 특정 관측 시간의 전(前)과 후(後)의 토양수분 산출값 집합들을 누적하여 토양수분 산출값 집합의 수를 증가시킴으로써 토양수분 산출의 확률 밀도를 높일 수 있다. 예를 들면, 특정 관측 시간(T_0)에 무작위 교란된 토양수분 산출값 집합과, 특정 관측 시간(T_0) 일주일 전(T_{0-1})에 무작위 교란된 토양수분 산출값 집합과, 특정 관측 시간(T0) 일주일 후(T_{0+1})에 무작위 교란된 토양수분 산출값 집합을 누적하여, 토양수분 산출값 집합의 수를 증

가시킬 수 있고 이에 대해 후술한 RPSS(Rank Probability Skill Score) 값을 평가하여 생성된 토양수분 산출값 집합에 대한 확률 밀도 품질을 평가할 수 있다.

[0070] 다음에, 토양수분 산출값 집합에 대해 아래의 [식 2]에 따른 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출한다(S200).

[0072] [식 2]

[0073] $$RPSS = 1 - \frac{\overline{RPS}}{\overline{RPS_{clim}}}$$

[0074] 여기서,

[0075] $\overline{RPS}$ = 아래의 RPS의 결과값에 대한 평균.

$\overline{RPS_{clim}}$ = O에 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터 대신에 다년간 축적시킨 기후 재분석값($re-analysis$)을 사용한 경우의 아래의 RPS의 결과값에 대한 평균

[0076]

[0078] [식 3]

[0079] $$RPS = (P - O)^2$$

[0080] 여기서,

[0081] P = 특정 화소에 생성된 토양수분 산출값 집합의 누적 확률 벡터

[0082] O = 특정 화소에 생성된 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터

[0084] RPSS는 위 단계에서 생성된 토양수분 산출값 집합의 확률 밀도 품질을 평가하기 위한 지수로서, 양(+) 값이면 과거 다년간 축적된 토양수분 기후 재분석값 보다 생성된 토양수분 산출값 집합에 따른 토양수분 산출값이 더 정확하다고 판단할 수 있고 음(-) 값이면 그 반대로 해석할 수 있다.

[0085] RPS는 상술한 [식 3]에 의해 산출되는데, [식 3]에서 P는 특정 화소에 생성된 토양수분 산출값 집합의 누적 확률 벡터를 나타내며, O는 특정 화소에 생성된 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터이다.

[0086] 재분석(re-analysis)이란 수치예보시스템을 이용하여 과거 일정 기간의 날씨를 재현하여 다시 분석하는 것을 말하는데, 일반적으로 최신의 수치예보모델과 자료동화기법을 이용하여 과거의 날씨를 재현하게 된다.

[0087] 본 실시예에서 토양수분 기후 재분석값이란, 날씨 예보 보다 더 길게 대략 과거 1년 정도 일정 기간의 토양수분을 재현하여 다시 분석한 값을 의미한다.

[0088] 그리고, RPS_{clim}은 상기 [식 3]에서 'O'에 인공위성의 토양수분 산출값에 대한 누적 확률 벡터 대신에 다년간 축적시킨 토양수분 기후 재분값을 사용한 경우의 RPS이다. 상기 RPS에서의 토양수분 기후 재분석값은 대략 과거 1년 정도 일정 기간의 토양수분을 재현한 값을 사용하는데 RPSclim에서는 1년 이상의 다년간 토양수분을 재현하여 다시 분석한 토양수분 기후 재분석값을 사용한다.

[0089] 상기 [식 3]에 따라 특정 시간에 산출된 RPS 결과값의 평균값은 $\overline{RPS}$ 로 정의되고, RPS_{clim} 결과값의 평균값은 $\overline{\mathrm{RPSclim}}$ 로 정의된다.

[0090] 위의 [식 3]에 따라 계산된 $\overline{RPS}$ 와 $\overline{\mathrm{RPSclim}}$ 값을 각각 상기 [식 2]에 대입하여 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출한다.

[0091] 다음에, RPSS의 값에 따라 최종 토양수분 산출값을 결정한다(S300). RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값

은 무작위로 교란되어 생성된 토양수분 산출값 집합의 품질을 살펴보기 위한 것으로서, RPSS 값이 0< RPSS ≤1의 범위에 있으면 본 확률론적 기법이 적절하다고 판단하여 토양수분 산출값 집합의 평균값을 최종 토양수분 산출값으로 결정할 수 있다.

[0092] 만일, RPSS의 값이 음수(-)인 경우에는, RPSS 값이 0< RPSS ≤1이 되도록 입력값을 무작위로 교란시키는 단계와 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출하는 단계를 반복적으로 수행할 수 있다.

[0093] 도 3은 상술한 방법에 따라 밝기 온도를 무작위로 교란시켜 RPSS가 양(+) 값인 토양수분 산출값 집합으로 부터 토양수분 산출값을 얻어 이를 시계열적으로 나타낸 도면이다. 종래의 SMOS 인공위성의 토양수분 산출값은 현장 관측값보다 토양수분을 훨씬 낮게 과소 평가하였으나 본 실시예에 따른 확률론적 기법은 기존의 SMOS 위성의 오류를 해결하여 현장 관측값과 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

[0094] 도 2는 본 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법을 수행하는 토양수분 산출장치의 블록도로서, 컴퓨터를 포함한 프로세스상에서 인공위성 데이터를 이용한 토양수분 산출 방법이 구현될 수 있을 것이다.

[0095] 도 2에는 데이터베이스부(12), 토양수분 산출값 집합 생성부(14), 연산부(16), 판단부(18)가 도시되어 있다.

[0096] 데이터베이스부(12)는, 인공위성에서 관측된 데이터과 토양수분 산출값을 저장할 수 있다. 인공위성에는 마이크로웨이브 센서가 탑재될 수 있으며 마이크로웨이브 센서에서 관측된 데이터가 데이터베이스부(12)에 저장될 수 있다. 물론, 데이터베이스부(12)는 마이크로웨이브 센서에서 관측된 데이터 이외에 각종 인공위성에서 획득된 데이터 또는 지리, 기상, 식생 정보 등 외부 데이터가 저장될 수 있다.

[0097] 토양수분 산출값 집합 생성부(14)는, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하는 토양수분 산출 알고리즘에 대해 무작위로 교란된 입력값을 입력하여 토양수분 산출값 집합을 생성한다. 상술한 각종 입력값은 토양수분의 산출에 직, 간접적으로 필요한 입력값으로서, 이를 무작위로 교란한 후 확률적 분포 형태로 생성한다.

[0098] 연산부(16)는, 토양수분 산출값 집합에 대해 RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값을 산출한다. 연산부(16)는 상기의 [식 2]에 따른 RPS 결과값의 평균값인 $\overline{RPS}$ 와, RPS_{clim} 결과값의 평균값인 $\overline{RPSclim}$ 값을 연산하고, [식 1]에 따라 RPSS 값을 연산한다.

[0099] 판단부(18)는, 상기의 연산부(16)에서 연산된 RPSS 값에 따라 최종 토양수분 산출값을 결정한다. RPSS(Rank Probability Skill Score)의 값은 무작위로 교란되어 생성된 토양수분 산출값 집합의 품질을 살펴보기 위한 것으로서, 판단부(18)에서는 RPSS 값이 0< RPSS ≤1에 범위에 있으면 확률론적 추정이 적절하다고 판단하여 토양수분 산출값 집합의 평균값을 최종 토양수분 산출값으로 결정할 수 있다.

[0101] 이상에서는 본 발명의 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

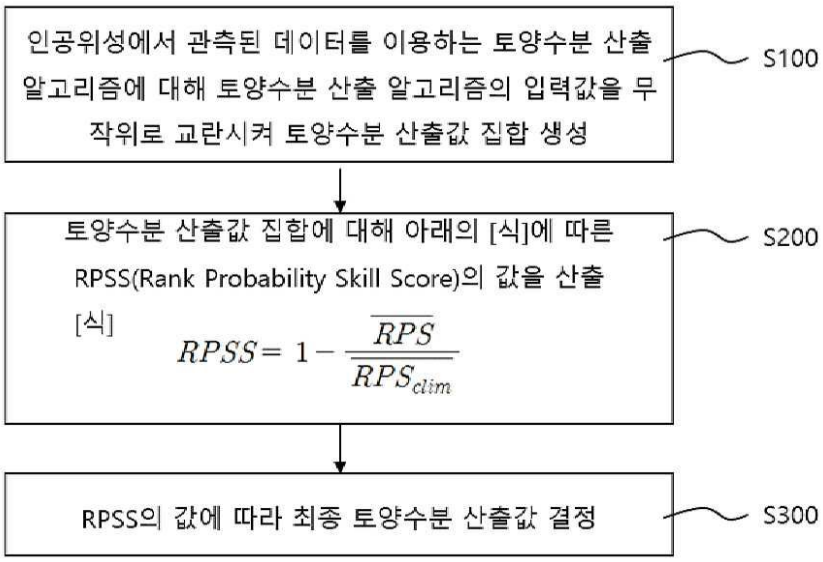
부호의 설명

[0103] 12: 데이터베이스부 14: 토양수분 산출값 집합 생성부

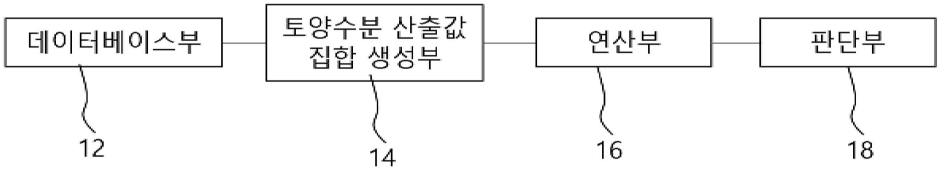
16: 연산부 18: 판단부

도면

도면1



도면2



도면3

