

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2021 년 9 월 30 일 (30.09.2021) **WIPO | PCT**

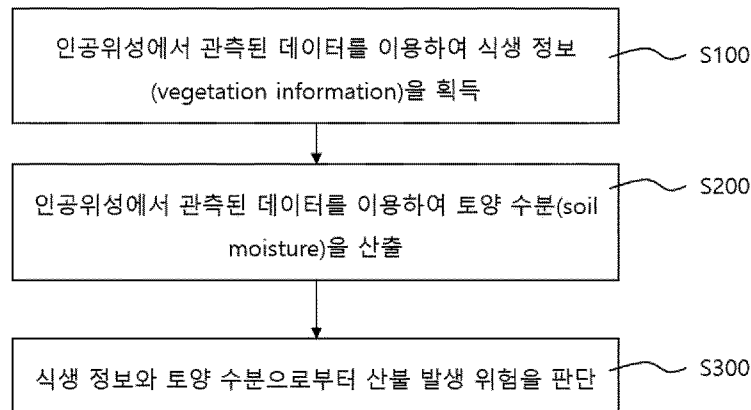


(10) 국제공개번호  
**WO 2021/194165 A1**

- (51) 국제특허분류: *G08B 17/00* (2006.01) *B64G 1/10* (2006.01)  
*G01C 11/04* (2006.01) *B64G 1/66* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/003374
- (22) 국제출원일: 2021 년 3 월 18 일 (18.03.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2020-0035272 2020 년 3 월 23 일 (23.03.2020) KR
- (71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 이주형 (LEE, Ju Hyoung); 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 제나 (ZENA PATENT LAW FIRM); 06258 서울시 강남구 도곡로4길 12, 지엠빌딩 5층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,

(54) Title: FOREST FIRE RISK FORECAST METHOD USING ARTIFICIAL SATELLITE DATA

(54) 발명의 명칭: 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법



S100 ... Obtain vegetation information by using data observed by artificial satellite

S200 ... Calculate soil moisture by using data observed by artificial satellite

S300 ... Determine forest fire outbreak risk from vegetation information and soil moisture

(57) Abstract: Disclosed is a forest fire risk forecast method using artificial satellite data. According to one aspect of the present invention, provided is a forest fire risk forecast method using artificial satellite data, which is implemented on a processor, the forest fire risk forecast method using artificial satellite data comprising the steps of: obtaining vegetation information by using data observed by a artificial satellite; calculating soil moisture by using the data observed by the artificial satellite; and determining a forest fire outbreak risk from the vegetation information and the soil moisture.

[다음 쪽 계속]

MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))
- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

---

**(57) 요약서:** 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법이 개시된다. 본 발명의 일 측면에 따르면, 프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법으로서, 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보(vegetation information)을 획득하는 단계와; 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 토양 수분(soil moisture)을 산출하는 단계와; 상기 식생 정보와 상기 토양 수분으로부터 산불 발생 위험을 판단하는 단계를 포함하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법이 제공된다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 인공위성에서 관측하여 획득된 식생 정보와 토양 수분을 이용하여 인간의 접근이 용이하지 않은 지역 산불 위험에 대한 예보를 할 수 있는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 식생 및 낙엽이 건조한 상태에서 바람에 의해 순식간에 확산되는 대형 산불은 그 규모가 1000 ha 가 넘는데, 기후 변화와 관련하여, 미국, 캐나다, 호주, 아마존 등 국내외 안팎으로 산불의 규모가 대형화되는 추세이다. 이러한 대규모 산림 재난의 특징은 인간의 눈으로는 파악하기도 접근하기도 용이하지 않아 이에 대한 대책 또는 예보 관리가 꼭 필요하다.
- [3] 우리 나라 산림청에서도 Daily Weather Index (DWI) 모델을 사용하여, 습도와 풍속 등 기상 정보와 산림 분포 정보 등의 임상정보를 이용하여 산불 위험에 대한 예보를 하고 있다.
- [4] 산불 위험을 예보하는데 있어 연료가 될 수 있는 나무와 수 년 간 산속에 쌓인 낙엽 같은 물질들의 연소성을 파악하는 것이 중요한데, 현재 이 산불 위험을 예보하는 방법에는 식생 연료의 연소성(fuel combustibility) 정보가 빠져 있다.
- [5] 또한, 인간의 접근이 용이하지 않은 대규모 산불에 대해 위험을 예측하는데 한계가 있다.
- [6]

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술적 과제

- [7] 본 발명은 인공위성에서 관측하여 획득된 식생 정보와 토양 수분을 이용하여 인간의 접근이 용이하지 않은 지역까지 산불 위험에 대한 예보를 할 수 있는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법을 제공하는 것이다.

##### 기술적 해결방법

- [8] 본 발명의 일 측면에 따르면, 프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법으로서, 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보(vegetation information)을 획득하는 단계와; 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 토양 수분(soil moisture)을 산출하는 단계와; 상기 식생 정보와 상기 토양 수분으로부터 산불 발생 위험을 판단하는 단계를 포함하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법이 제공된다.
- [9] 상기 식생 정보는, 다음 [식]에 따른 식생 온도(Tc)를 포함할 수 있다.
- [10]

[11] [식]

$$[12] \quad T_c = [T_R(\theta)^n - (1-f) T_S^n] / f^{1/n}$$

[13]

[14] 여기서,

[15]  $T_c$ : 식생 온도(K)

[16]  $T_R$ : 화각(view angle,  $\theta$ )에 따른 지향성 표면 온도

$$[17] \quad T_R = \{ [T_B(\theta)^n - (1-\epsilon(\theta)) T_{SKY}^n] / \epsilon(\theta) \}^{1/n}$$

[18] 여기서,

[19]  $T_B(\theta)$ : 특정 화각( $\theta$ )에서 인공위성으로 측정하는 지향성 밝기 온도

[20]  $\epsilon(\theta)$ : 화각 $\theta$ 에서 측정한 지향성 방사율

[21]  $T_{SKY}$ : 하늘 반구형 용융 점(= 2.7K)

[22]

[23]  $T_S$ : 토양 표면 온도

[24]

$$n = \frac{C_2}{\lambda T_O} \left( 1 + \frac{1}{\exp(C_2/\lambda T_O) - 1} \right)$$

[25] 여기서,

[26]  $\lambda$ : 인공위성 탑재 센서의 파장

$$[27] \quad C_2 = 1.4388 \times 10^4 \mu m K$$

[28]  $T_O$ : Plank 함수에 입력되는 밝기 온도

[29]

$$[30] \quad f = 1 - \exp\left(\frac{-0.5LAI}{\cos\phi}\right)$$

[31] 여기서,

[32]  $LAI$ : Leaf Area Index

[33]  $\phi$ :  $LAI$ 를 측정한 보기 천정 각도(view zenith angle)

[34]

[35] 상기 인공위성에는 수동 마이크로웨이브(passive microwave) 센서가 탑재될 수 있으며, 이 경우, 상기 토양 수분은, 상기 수동 마이크로웨이브 센서를 통해 획득된 밝기 온도(brightness temperature)를 이용하여 산출될 수 있다.

[36] 상기 인공위성에는 적외선 센서가 탑재될 수 있으며, 이 경우, 상기 토양 수분은, 상기 적외선 센서를 통해 산출된 밝기 온도(brightness temperature)를

이용하여 산출될 수 있다.

[37] 상기 인공위성에는 능동 마이크로웨이브(active microwave) 센서가 탑재될 수 있으며, 이 경우, 상기 토양 수분은, 상기 능동 마이크로웨이브 센서를 통해 획득된 후방 산란지수(backscattering coefficients)를 이용하여 산출될 수 있다.

[38] 상기 산불 발생 위험을 판단하는 단계는, 아래의 [식]에 따라 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI)를 산출하는 단계와;

[39]

[40] [식]

$$[41] \quad CSI[K/\%] = \frac{T_c[K]}{\text{인공위성 관측 토양수분}[\%]}$$

[42]

[43] 상기 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI) 값에 따라 산불 발생 위험을 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[44] 상기 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI) 값에 따라 산불 발생 위험을 판단하는 단계는, 상기 CSI 값이 120K/% 이상인 경우는 산불 발생 위험이 높다고 판단할 수 있다.

### 발명의 효과

[45] 본 발명의 실시예에 따르면, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보와 토양 수분을 산출하여 인간의 접근이 용이하지 않은 지역까지 산불 위험에 대한 예보를 할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[46] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법의 순서도.

[47] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법을 수행하는 산불 위험 예보 장치의 블록도.

[48] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법으로 산불 스트레스 지수를 나타낸 도면.

[49]

### 발명의 실시를 위한 형태

[50] 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.

- [51] 이하, 본 발명에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 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.
- [52] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법의 순서도이다. 그리고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법을 수행하는 산불 위험 예보 장치의 블록도이다.
- [53] 본 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법은, 프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법으로서, 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보(vegetation information)을 획득하는 단계와; 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 토양 수분(soil moisture)을 산출하는 단계와; 상기 식생 정보와 상기 토양 수분으로부터 산불 발생 위험을 판단하는 단계를 포함한다.
- [54] 일반적으로 산불 위험 예보 방법은 일정 지역의 임상 정보와 기상 정보 등을 이용하여 산불 발생 가능성을 판단하게 된다. 예를 들면, 국립산림과학원에서 발행하는 1/25,000 축척의 수치임상도 등의 임상 정보와, 전국에 설치된 기상관측소로부터 상대습도, 풍속, 온도 등의 기상 정보를 획득하여 이를 기초로 산불 위험을 예보하게 된다.
- [55] 그런데, 이러한 산불 위험 예보는 산불에서 연소되는 나무나 낙엽 등의 식생 연료의 연소성(fuel combustibility)에 대한 정보가 빠져 있어 실질적인 산불 위험 예보가 이루어지지 않고 있다.
- [56] 본 실시예에서는 인공위성에서 관측되는 데이터를 통해 산출할 수 있는 식생 정보와 토양수분에 대한 정보를 이용함으로써 식생의 연소성이 고려된 산불 위험 예보를 제공할 수 있다. 즉, 수분을 함유하고 있는 식생의 식생 정보와 토양수분을 이용하여 간접적으로 지표면에서 식생의 연소성에 대한 정보를 획득함으로써 인간의 접근할 수 없는 보다 넓은 지역까지 산불 위험에 대한 예보를 수행할 수 있다.
- [57] 이하에서는 도 1의 순서도에 따라, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법을 자세히 설명하기로 한다.
- [58] 먼저, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보(vegetation information)을 획득한다(S100). 식생 정보는 지표면에 생육하고 있는 식물 집단에 대한 정보로서, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 일정 지역의 식생 정보를 간접적으로 파악하고 있다.
- [59] 지표면을 덮고 있는 식생(vegetation)에는 생육을 위한 수분을 함유하고 있기 때문에 식생의 건조 정도를 파악하면 후술할 토양수분에 대한 정보와 함께 산불 위험을 예측할 수 있다.
- [60] 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 산출할 수 있는 식생 정보로는 식생

지수(vegetation index), 식생 온도(canopy temperature) 등이 있으며 이러한 식생 정보로부터 수분이 함유된 식생에 대한 정보를 간접적으로 산출할 수 있다.

[61] 식생 지수는 인공위성에서 관측되는 식생에 민감한 파장대에서의 신호와 민감하지 않은 파장대에서의 신호를 이용하여 식생의 특성정보를 강조하기 위한 지수로서, 정규 식생지수(normalized differential vegetation index; NDVI), 강조 식생지수(enhanced vegetation index; EVI) 등을 의미한다. 예를 들면, 정규 식생지수(normalized differential vegetation index; NDVI)에서 식생이 왕성하게 성장하는 수풀과 같은 경우에는 근적외 영역에서의 반사도가 높기 때문에 정규식생지수는 높은 값을 가지는 반면, 토양의 경우에는 두 반사도 값의 차이가 거의 없어 0에 가까운 값을 가지게 된다.

[62] 식생 온도(canopy temperature)는, 간접적으로 식생의 수분 정도를 나타내는 인자로서, 대기와 식생 간의 상호작용을 나타내는 온도를 의미한다.

[63] 본 실시예에서는 식생 정보로서 식생 온도( $T_c$ )를 사용하여 산불 위험을 예보하는 방법에 대해서 설명하기로 한다.

[64]

[65] 식생 온도( $T_c$ )는 다음 [식 1]로 산출될 수 있다.

[66]

[67] [식 1]

$$[68] \quad T_c = [T_R(\theta)^n - (1-f) T_S^n] / f^{1/n}$$

[69]

[70] 여기서,

[71]  $T_c$ : 식생 온도(K)

[72]  $T_R$ : 화각(view angle,  $\theta$ )에 따른 지향성 표면 온도

$$[73] \quad T_R = \{ [T_B(\theta)^n - (1-\epsilon(\theta)) T_{SKY}^n] / \epsilon(\theta) \}^{1/n}$$

[74] 여기서,

[75]  $T_B(\theta)$ : 특정 화각( $\theta$ )에서 인공위성으로 측정하는 지향성 밝기 온도

[76]  $\epsilon(\theta)$ : 화각 $\theta$ 에서 측정한 지향성 방사율

[77]  $T_{SKY}$ : 하늘 반구형 용융 점(= 2.7K)

[78]

[79]  $T_S$ : 토양 표면 온도

[80]

$$n = \frac{C_2}{\lambda T_0} \left( 1 + \frac{1}{\exp(C_2/\lambda T_0) - 1} \right)$$

- [81] 여기서,
- [82]  $\lambda$ : 인공위성 탑재 센서의 파장
- [83]  $C_2 = 1.4388 \times 10^4 \mu m K$
- [84]  $T_o$ : Plank 함수에 입력되는 밝기 온도
- [85]
- [86] 
$$f = 1 - \exp\left(\frac{-0.5LAI}{\cos\phi}\right)$$
- [87] 여기서,
- [88]  $LAI$ : Leaf Area Index
- [89]  $\phi$ : LAI를 측정한 보기 천정 각도 (view zenith angle)
- [90]
- [91] 식생 온도( $T_o$ )를 계산하기 위해서는, 화각(view angle)에 따른 지향성 표면 온도( $T_R$ ), 토양 표면 온도( $T_s$ ) 등이 필요하다.
- [92] 화각(view angle)에 따른 지향성 표면 온도( $T_R$ )은 상기 식으로 산출되는데, 이 때,  $T_B(\theta)$ 는 특정 화각  $\theta$ 에서 인공위성으로 측정하는 지향성 밝기 온도이고,
- [93]  $\epsilon(\theta)$ 는 화각  $\theta$ 에서 측정한 지향성 방사율로서, 열 복사 시 한 물체의 표면에서 에너지 방출의 효율성을 나타낸다.  $T_{SKY}$  하늘 반구형 용융점이며, 우주를 채우고 있는 흑체 방사선량인 2.7K가 적용된다.
- [94] 상기 [식 1]의  $n$ 은 밝기 온도를 관측한 인공위성에 탑재된 센서의 파장( $\lambda$ )과 Plank 함수를 통해 상기 식에 따라 산출될 수 있다.  $T_o$ 는 Plank 함수에 입력되는 밝기 온도로서 Soil Moisture Active Passive(SMAP) 위성의 경우 21cm 파장 조건 즉,  $\lambda=210000\mu m$ 에서 측정한 밝기 온도  $T_o = 190 \sim 315K$  영역에서는  $n = 1$ 을 적용할 수 있다.
- [95] 그리고, 상기 [식 1]의  $f$ 는, 인공위성의 화소 자료 중 식생이 차지하는 부분으로서, LAI 함수이다. LAI는 인공위성으로 측정한 엽면적 지수(Leaf Area Index)이고,  $\phi$ 는 그 LAI를 측정한 보기 천정 각도(view zenith angle)이다. 식생 지역에 대해서는, 위의 LAI에 군집인수(clumping factor)를 고려할 수 있다.
- [96] 상기 [식 1]에 따라 산출된 식생 온도(canopy temperature)는 식생의 수분 정도를 나타내는 인자로서, 식생의 수분 함량이 간접적으로 산출되어 토양수분과 함께 산불 위험을 예보하는데 사용할 수 있다.
- [97] 다음에, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 토양 수분(soil moisture)을 산출한다(S200). 토양 수분이란, 토양 속에 포함되어있는 물의 양을 의미하는 것으로서, 토양, 물, 공기 전체 부피 중 물의 부피로 표현되어 %로 나타낼 수 있다. 이러한 토양 수분은 인공위성을 통하여 전 지구적 스케일로 산출할 수 있다.
- [98] 인공위성에는 마이크로웨이브 센서가 탑재되어 수동 마이크로웨이브(passive

microwave) 또는 능동 마이크로웨이브(active microwave)를 관측할 수 있는데, 수동 마이크로웨이브를 관측하는 경우는 밝기 온도(brightness temperature)를 통해 토양수분을 산출할 수 있고, 능동 마이크로웨이브를 관측하는 경우는 후방 산란지수(backscattering coefficients)를 이용하여 토양수분을 산출할 수 있다.

[99] 한편, 인공위성에는 적외선 센서가 탑재될 수 있으며, 적외선 센서를 통해 관측된 값으로 밝기 온도(brightness temperature)를 산출하고, 이로부터 토양 수분을 산출하는 것도 가능하다.

[100] 이러한 토양수분은 토양에 함유된 수분을 간접적으로 확인할 수 있는 것으로서 상술한 식생 정보와 함께 지표면 인근에서의 식생의 연소성에 대한 정보를 획득할 수 있다.

[101] 다음에, 식생 정보와 토양 수분으로부터 산불 발생 위험을 판단한다(S300). 상술한 방식에 따라 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보를 획득하고, 해당 지역의 토양수분 산출값으로 표준화하여 지표면에서의 식생의 연소성에 대한 정보를 얻어 이를 통해 산불 발생 위험을 판단할 수 있다.

[102] 본 실시예에서는 이러한 산불 발생 위험의 판단의 근거를 정량적으로 제시하기 위해 아래의 [식 2]에 따른 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI)를 산출하고, 이에 따라 산불 발생 위험을 판단하는 방법을 제시한다.

[103]

[104] [식 2]

$$[105] \quad CSI[K/\%] = \frac{T_c[K]}{\text{인공위성 관측 토양수분}[\%]}$$

[106]

[107] [식 2]에서  $T_c$ 는 식생 온도로서 인공위성에서 관측된 데이터를 활용하여 상기 [식 1]에 따라 산출할 수 있고, 인공위성 관측 토양수분[%]는 상술한 밝기 온도나 후방 산란지수를 이용하여 산출된다.

[108] 출원인의 연구에 따르면, 산출된 식생 스트레스 지수(CSI)의 값이 120K/% 이상인 경우는 산불 발생 위험이 높다고 판단할 수 있고, 80~120K/%는 주의, 20~80K/%는 중간, 20K/%이하에서는 산불 발생 위험도가 낮다고 판단할 수 있다.

[109] 도 3은 상기의 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법을 적용한 사례로, 실제 발생했던 산불 피해 면적(Fire Area)에 따른 식생 스트레스 지수를 나타낸 것이다.

[110] 빨간 색 라인으로 표시된 식생 스트레스 지수와 같이 산불 발생 일주일 전 위험 예보가 크게 나타난 지역에 대해 실제로 산불 피해 면적이 크게 나타났다. 산불 발생 4일 후에는 파란 색 라인과 같이 식생 스트레스 지수가 현저하게 감소되어 산불 발생 일주일 전 식생 스트레스와 현저하게 구별됨으로써 식생 스트레스 지수가 낙엽과 나무 등 지표의 가연성을 신뢰성 있게 예측함을 알 수 있다.

[111] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보

방법을 수행하는 산불 위험 예보 장치의 블록도로서, 컴퓨터를 포함한 프로세스상에서 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법이 구현될 수 있을 것이다.

- [112] 도 2에는 데이터베이스부(12), 연산부(14), 판단부(16)가 도시되어 있다.
- [113] 데이터베이스부(12)는, 인공위성에서 관측된 데이터, 식생 온도를 포함한 식생 정보, 토양 수분 등 저장할 수 있다. 인공위성에는 마이크로웨이브 센서가 탑재될 수 있으며 이로부터 관측된 데이터가 데이터베이스부(12)에 저장될 수 있다. 물론, 데이터베이스부(12)는 마이크로웨이브 센서에서 관측된 데이터 이외에 각종 지리, 기상, 식생 정보, 토양 수분 등의 데이터가 저장될 수 있다.
- [114] 연산부(14)는, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보(vegetation information)을 연산하여 획득하고, 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 토양 수분(%)을 산출한다.
- [115] 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 산출할 수 있는 식생 정보로는 식생 지수(vegetation index), 식생 온도(canopy temperature) 등이 있으며 이러한 식생 정보로부터 수분이 함유된 식생에 대한 정보를 간접적으로 산출할 수 있다.
- [116] 식생 온도(canopy temperature)는, 식생의 수분 정도를 나타내는 인자로서, 상기 [식 1]에 따라 연산부(14)에서 산출될 수 있다.
- [117] 또한, 연산부(14)는, 인공위성이 수동 마이크로웨이브를 관측하는 경우는 밝기 온도(brightness temperature)를 통해 토양수분을 산출할 수 있고, 능동 마이크로웨이브를 관측하는 경우는 후방 산란지수(backscattering coefficients)를 이용하여 토양수분을 산출할 수 있다.
- [118] 판단부(16)는 연산부(14)에서 산출된 식생 정보와 식생 정보와 토양 수분으로부터 산불 발생 위험을 판단한다. 본 실시예에서는 산불 발생 위험의 판단의 근거를 정량적으로 제시하기 위해 판단부(16)에서 상기의 [식 2]에 따른 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI)를 산출하고, 이에 따라 산불 발생 위험을 판단하는 방법을 제시한다.
- [119]
- [120] 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.

## 청구범위

- [청구항 1] 프로세서상에서 구현되는 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법으로서,  
 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 식생 정보(vegetation information)을 획득하는 단계와;  
 상기 인공위성에서 관측된 데이터를 이용하여 토양 수분(soil moisture)을 산출하는 단계와;  
 상기 식생 정보와 상기 토양 수분으로부터 산불 발생 위험을 판단하는 단계를 포함하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,  
 상기 식생 정보는,  
 다음 [식]에 따른 식생 온도( $T_c$ )를 포함하는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법.

[식]

$$T_c = [T_R(\theta)^n - (1-f)T_S^n]/f^{1/n}$$

여기서,

$T_c$ : 식생 온도( $K$ )

$T_R$ : 화각(view angle,  $\theta$ )에 따른 지향성 표면 온도

$$T_R = \{[T_B(\theta)^n - (1-\epsilon(\theta))T_{SKY}^n]/\epsilon(\theta)\}^{1/n}$$

여기서,

$T_B(\theta)$ : 특정 화각( $\theta$ )에서 인공위성으로 측정하는 지향성 밝기 온도

$\epsilon(\theta)$ : 화각 $\theta$ 에서 측정한 지향성 방사율

$T_{SKY}$ : 하늘 반구형 용융 점( $= 2.7K$ )

$T_S$ : 토양 표면 온도

$$n = \frac{C_2}{\lambda T_O} \left(1 + \frac{1}{\exp(C_2/\lambda T_O) - 1}\right)$$

여기서,

$\lambda$ : 인공위성 탑재 센서의 파장

$$C_2 = 1.4388 \times 10^4 \mu m K$$

$T_O$ : Planck 함수에 입력되는 밝기 온도

$$f = 1 - \exp\left(\frac{-0.5LAI}{\cos\phi}\right)$$

여기서,

*LAI*: Leaf Area Index

$\phi$ : LAI를 측정할 보기 천정 각도(view zenith angle)

- [청구항 3] 제1항에 있어서,  
상기 인공위성에는 수동 마이크로웨이브(passive microwave) 센서가 탑재되며,  
상기 토양 수분은,  
상기 수동 마이크로웨이브 센서를 통해 획득된 밝기 온도(brightness temperature)를 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,  
상기 인공위성에는 적외선 센서가 탑재되며,  
상기 토양 수분은,  
상기 적외선 센서를 통해 획득된 밝기 온도(brightness temperature)를 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,  
상기 인공위성에는 능동 마이크로웨이브(active microwave) 센서가 탑재되며,  
상기 토양 수분은,  
상기 능동 마이크로웨이브 센서를 통해 획득된 후방 산란지수(backscattering coefficients)를 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법.
- [청구항 6] 제2항에 있어서,  
상기 산불 발생 위험을 판단하는 단계는,  
아래의 [식]에 따라 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI)를 산출하는 단계와;  
[식]

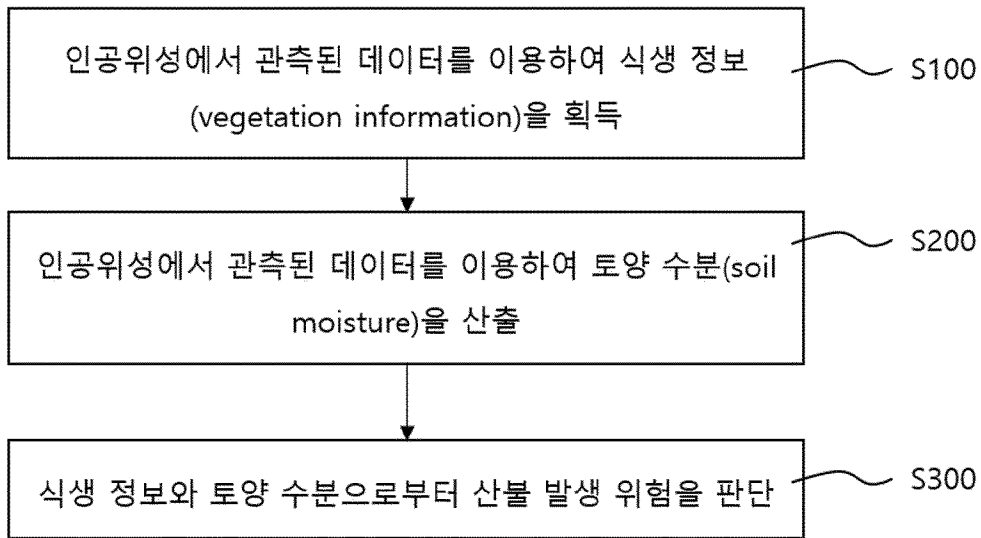
$$CSI[K/\%] = \frac{T_c[K]}{\text{인공위성 관측 토양수분} [\%]}$$

상기 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI) 값에 따라 산불 발생 위험을 판단하는 단계를 포함하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법.

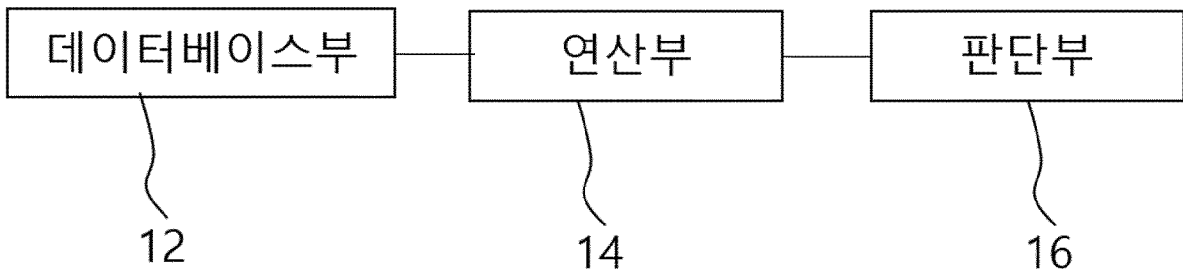
- [청구항 7] 제6항에 있어서,

상기 식생 스트레스 지수(Canopy Stress Index, CSI) 값에 따라 산불 발생 위험을 판단하는 단계는,  
상기 CSI 값이 120K/% 이상인 경우는 산불 발생 위험이 높다고 판단하는 것을 특징으로 하는, 인공위성 데이터를 이용한 산불 위험 예보 방법.

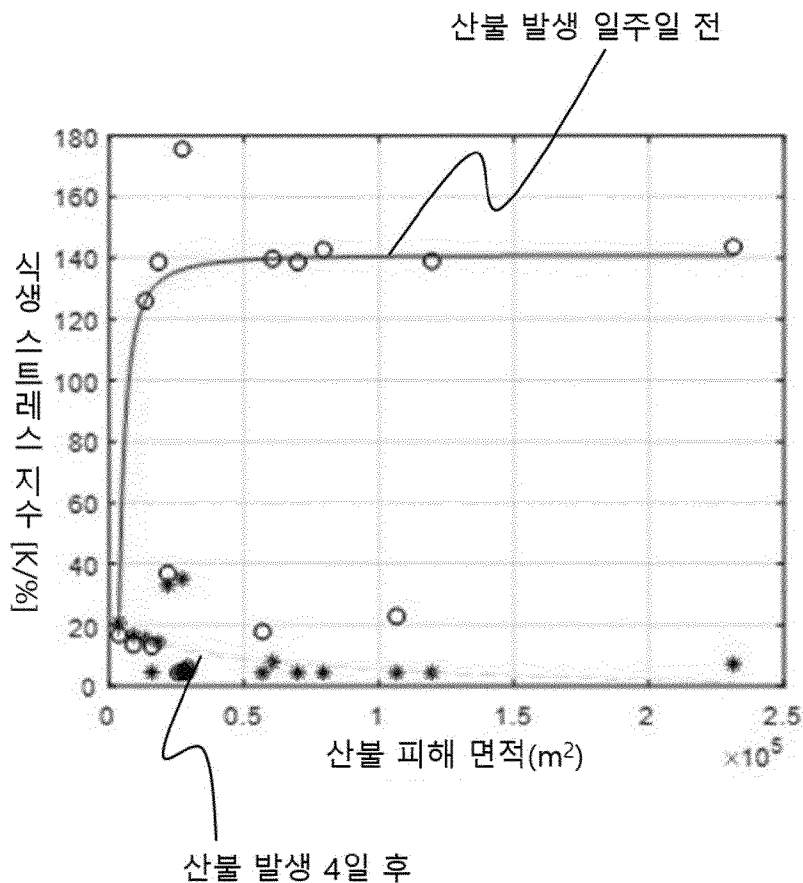
[도1]



[도2]



[도3]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/003374

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br><b>G08B 17/00(2006.01)i; G01C 11/04(2006.01)i; B64G 1/10(2006.01)i; B64G 1/66(2006.01)i</b><br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                           |                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G08B 17/00(2006.01); G01N 33/24(2006.01); G01W 1/00(2006.01); G06F 19/00(2011.01); G08B 31/00(2006.01)<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Korean utility models and applications for utility models: IPC as above<br>Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 인공위성(satellite), 식생 정보(vegetation information), 토양 수분(soil moisture), 산불(wildfire, forest fire), 식생 스트레스 지수(canopy stress index)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                           |                                                                           |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                           |                                                                           |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                        | Relevant to claim No.                                                     |
| Y<br>A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2014-093063 A (PASCO CORP.) 19 May 2014 (2014-05-19)<br>See paragraphs [0019], [0025] and [0028]; and figures 1 and 3.                 | 1,3-5<br>2,6-7                                                            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | KR 10-2011-0100970 A (KOREA METEOROLOGICAL ADMINISTRATION) 15 September 2011 (2011-09-15)<br>See paragraph [0066]; claim 1; and figure 1. | 1,3-5                                                                     |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | CN 102034027 A (NANJING UNIVERSITY) 27 April 2011 (2011-04-27)<br>See paragraph [0057]; and figure 1.                                     | 5                                                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | KR 10-1484667 B1 (KOREA METEOROLOGICAL ADMINISTRATION) 27 January 2015 (2015-01-27)<br>See paragraphs [0017]-[0023]; and figures 1-2.     | 1-7                                                                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                           |                                                                           |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"D" document cited by the applicant in the international application<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |                                                                                                                                           |                                                                           |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>19 July 2021</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                           | Date of mailing of the international search report<br><b>19 July 2021</b> |
| Name and mailing address of the ISA/KR<br><b>Korean Intellectual Property Office<br/>         Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208</b><br>Facsimile No. +82-42-481-8578                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                           | Authorized officer<br><br><br>Telephone No.                               |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2021/003374****C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                    | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | 성노훈 등. NDWI를 활용한 한반도 지역의 산림 캐노피에 대한 water stress 평가. Korean Journal of Remote Sensing, vol. 31, no. 2, April 2015, pp. 77-83 (SEONG, Nohun et al. A water stress evaluation over forest canopy using NDWI in Korean peninsula.).<br>See pages 77-82; and figures 1-5. | 1-7                   |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/KR2021/003374**

| Patent document<br>cited in search report |                 |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |                 | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-----------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2014-093063     | A  | 19 May 2014                          | JP                      | 5801277 B2      | 28 October 2015                      |
| KR                                        | 10-2011-0100970 | A  | 15 September 2011                    | KR                      | 10-1293741 B1   | 16 August 2013                       |
|                                           |                 |    |                                      | US                      | 2011-0307177 A1 | 15 December 2011                     |
|                                           |                 |    |                                      | US                      | 8606520 B2      | 10 December 2013                     |
| CN                                        | 102034027       | A  | 27 April 2011                        | CN                      | 102354348 A     | 15 February 2012                     |
| KR                                        | 10-1484667      | B1 | 27 January 2015                      | None                    |                 |                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                              |                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b><br><b>G08B 17/00(2006.01)i; G01C 11/04(2006.01)i; B64G 1/10(2006.01)i; B64G 1/66(2006.01)i</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                              |                                               |
| <b>B. 조사된 분야</b><br>조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)<br>G08B 17/00(2006.01); G01N 33/24(2006.01); G01W 1/00(2006.01); G06F 19/00(2011.01); G08B 31/00(2006.01)<br>조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌<br>한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC<br>일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC<br>국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))<br>eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드:인공위성(satellite), 식생 정보(vegetation information), 토양 수분(soil moisture), 산불(wildfire, forest fire), 식생 스트레스 지수(canopy stress index)                                                                                                   |                                                                                                                                              |                                               |
| <b>C. 관련 문헌</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                              |                                               |
| 카테고리*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재                                                                                                                   | 관련 청구항                                        |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | JP 2014-093063 A (PASCO CORP.) 2014.05.19<br>단락 19, 25, 28; 및 도면 1, 3                                                                        | 1,3-5                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                              | 2,6-7                                         |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | KR 10-2011-0100970 A (대한민국(기상청장)) 2011.09.15<br>단락 66; 청구항 1; 및 도면 1                                                                         | 1,3-5                                         |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | CN 102034027 A (NANJING UNIVERSITY) 2011.04.27<br>단락 57; 및 도면 1                                                                              | 5                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | KR 10-1484667 B1 (대한민국) 2015.01.27<br>단락 17-23; 및 도면 1-2                                                                                     | 1-7                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 성노훈 등. NDWI를 활용한 한반도 지역의 산림 캐노피에 대한 water stress 평가. Korean Journal of Remote Sensing, 제31권, 제2호, 2015.04, 페이지 77-83.<br>페이지 77-82; 및 도면 1-5 | 1-7                                           |
| <input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                              |                                               |
| * 인용된 문헌의 특별 카테고리:<br>“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌<br>“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌<br>“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌<br>“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌<br>“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌<br>“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌<br>“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌<br>“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.<br>“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.<br>“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌 |                                                                                                                                              |                                               |
| 국제조사의 실제 완료일<br><b>2021년07월19일(19.07.2021)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                              | 국제조사보고서 발송일<br><b>2021년07월19일(19.07.2021)</b> |
| ISA/KR의 명칭 및 우편주소<br>대한민국 특허청<br>(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)<br>팩스 번호 +82-42-481-8578                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                              | 심사관<br>박혜련<br>전화번호 +82-42-481-3463            |

국 제 조 사 보 고 서  
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

**PCT/KR2021/003374**

| 국제조사보고서에서<br>인용된 특허문헌 | 공개일        | 대응특허문헌             | 공개일        |
|-----------------------|------------|--------------------|------------|
| JP 2014-093063 A      | 2014/05/19 | JP 5801277 B2      | 2015/10/28 |
| KR 10-2011-0100970 A  | 2011/09/15 | KR 10-1293741 B1   | 2013/08/16 |
|                       |            | US 2011-0307177 A1 | 2011/12/15 |
|                       |            | US 8606520 B2      | 2013/12/10 |
| CN 102034027 A        | 2011/04/27 | CN 102354348 A     | 2012/02/15 |
| KR 10-1484667 B1      | 2015/01/27 | 없음                 |            |