



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월08일

(11) 등록번호 10-2223991

(24) 등록일자 2021년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/08 (2006.01) G06T 7/90 (2017.01)(52) CPC특허분류
G01W 1/08 (2013.01)
G06T 7/90 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2020-0079187

(22) 출원일자 2020년06월29일

심사청구일자 2020년06월29일

(56) 선행기술조사문헌

CN110489505 A

KR1020190055373 A

KR1020160019788 A

KR101880616 B1

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

홍성욱

서울특별시 양천구 목동로 212, 723동 1404호(목동, 목동신시가지아파트7단지)

유한솔

경기도 광명시 광명역로 28, 203동 3104호(일직동, 광명역센트럴자이)

(74) 대리인

송인호, 최관락

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 신동혁

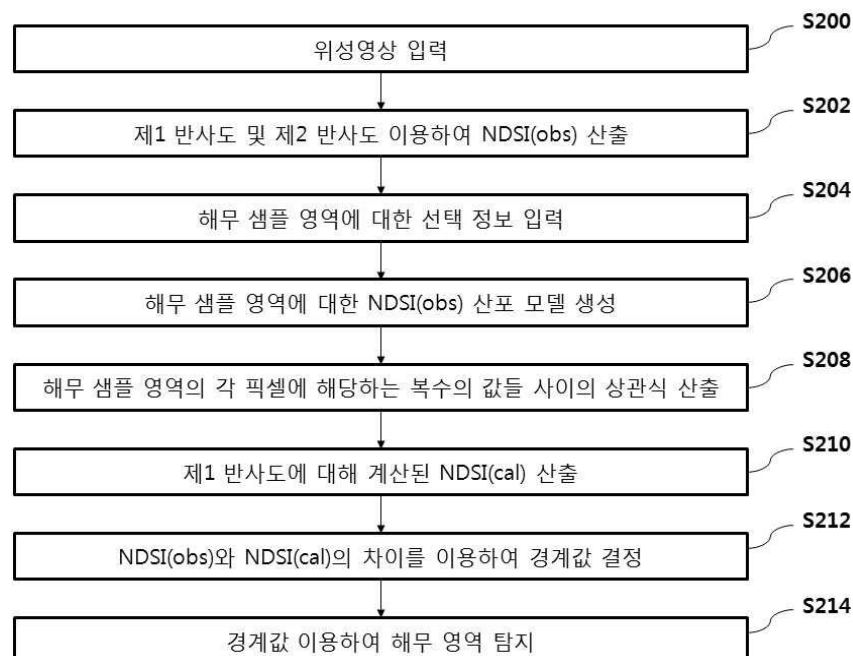
(54) 발명의 명칭 인공위성 관측센서의 가시 및 근적외 파장대 관측 기반의 해무 탐지 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 인공위성 관측센서의 가시 및 근적외 파장대 관측 기반의 해무 탐지 방법 및 장치를 개시한다. 본 발명에 따르면, 프로세서 및 상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되, 상기 메모리는, 관측 대상 지역에 대해 상기 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정된 제1 반사도 및 근적외 파장대에서 측정된 제2 반사도를

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



포함하는 위성영상을 입력받고, 상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하고, 상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받고, 상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하고, 해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하고, 상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하도록, 상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 해무 탐지 장치가 제공된다.

(52) CPC특허분류

G06T 2207/10032 (2013.01)

G06T 2207/30192 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1365003281
과제번호	KMI2020-00510
부처명	기상청
과제관리(전문)기관명	한국기상산업기술원
연구사업명	기상·지진See-At 기술개발연구(R&D)
연구과제명	딥러닝 기법과 인공위성 관측자료를 이용한 해무 초단기 예측 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2020.05.01 ~ 2021.04.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

해무 탐지 장치로서,

프로세서; 및

상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되,

상기 메모리는,

관측 대상 지역에 대해 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외선 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력받고,

상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하고,

상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받고,

상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하고,

해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하고,

상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하도록,

상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 해무 탐지 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 상관식은 상기 제1 반사도를 독립변수로 하고 상기 NDSI(obs)를 종속변수로 하는 다항식 형태의 회귀식인 해무 탐지 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들은,

상기 경계값은 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 상관 관계 분석을 통해 상기 경계값을 결정하는 해무 탐지 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들은, 구름과 해무를 구별할 수 있는 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이를 경계값으로 결정하는 해무 탐지 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들은,

상기 해무 샘플 영역에 대한 산포 모델을 생성하고, 상기 산포 모델에서 상기 해무 샘플 영역의 각 픽셀에 해당 하는 복수의 값들 사이의 상관 관계를 분석하여 상기 상관식을 산출하고,

상기 상기 상관식을 이용하여 상기 NDSI(cal)를 산출하는 해무 탐지 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들은,

상기 경계값을 이용하여 상기 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역에 상응하는 픽셀을 탐지하는 해무 탐지 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 프로그램 명령어들은,

상기 위성영상에서 해무에 상응하는 픽셀을 탐지한 결과값과 미리 설정된 기준값을 이용하여 복수의 검증값을 산출하고, 상기 복수의 검증값을 기반으로 해무 탐지 정확도를 판단하는 해무 탐지 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 복수의 검증값은 탐지 확률(POD), 추후일치도(PAG), 임계성공지수(CSI), Heike 기술 점수(HSS) 중 적어도 하나를 포함하는 해무 탐지 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 가시광선 파장대는 녹색 파장에 해당하는 파장대이고, 상기 근적외 파장대는 1 내지 2 μ m의 파장 범위를 갖는 해무 탐지 장치.

청구항 10

프로세서 및 메모리를 포함하는 장치에서 해무를 탐지하는 방법으로서,

관측 대상 지역에 대해 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외선 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력 받는 단계;

상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하는 단계;

상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받는 단계;

상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하는 단계;

해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하는 단계를 포함하는 해무 탐지 방법.

청구항 11

제10항에 따른 방법을 수행하는 기록매체에 저장되는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인공위성 관측센서의 가시 및 근적외 파장대 관측 기반의 해무 탐지 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 인공위성을 통해 관측된 가시광선과 근적외 파장대 신호를 기반으로 해무를 탐지하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 우리나라에서는 2016년 서해대교와 2015년 영종대교에서 짙은 해무(Sea fog)로 인한 대규모 교통사고가 발생한 사례들이 있다.
- [0003] 2006년 10월 3일 7시 50분경 서해대교에서는 해무로 인해 29중 교통 추돌사고가 발생했으며, 이 사고로 인해 사망 12명 부상 50여명의 인명피해가 발생했으며, 피해액은 40억여원으로 추정되었다. 또한 2015년 2월 11일 9시 45분경 영종대교에서는 해무로 인해 총 106대의 추돌 사고가 발생했으며, 공식 집계된 사망자는 3명, 부상자는 129명이었으며, 차량 피해액만 13억 2천여 만원이었다.
- [0004] 바다에는 육지와는 달리 직접 해무 여부를 관측하는 관측 지점이나 기기가 매우 한정되어 있어서 직접 해무 여부를 결정할 수 있는 수단과 방법이 거의 없다고 할 수 있다. 육지에 가까운 해안가나 일부 섬에 시정을 관측하는 관측소가 전국에 분포하여 있으나 주로 육상 안개를 관측하기 위한 목적이며, 광범위한 바다에서 발생하는 해무를 직접 관측할 수 있는 방법은 거의 없으며, 인공위성이 광범위한 해무를 관측할 수 있는 거의 유일한 수단이다. 따라서 인공위성에서의 관측을 기반으로 하는 해무를 탐지하는 것은 매우 중요하다.
- [0005] 국내외에서 인공위성을 활용하여 해무를 탐지하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 첫째, 주로 온도에 민감한 단파적외선(Shortwave Infrared) 파장대의 인공위성 관측 밝기온도(Brightness Temperature)를 기반으로 하는 해무 탐지 방법이 국내외 기상청에서 주로 사용하고 있다.
- [0006] 단파적외선 파장대에서 관측한 밝기온도에 일정한 경계값(Threshold)을 적용하여 해무 여부를 판단하는 방법이 있으며, 유사한 방법으로는 장파적외선(Longwave Infrared) 파장대에서 관측한 밝기온도 자료와 단파적외선에서 관측한 밝기온도 차이에 일정한 경계값을 적용하여 해무 여부를 탐지하는 방법을 사용하고 있다. 이러한 적외선 및 적외선 밝기온도 차를 이용하여 해무를 탐지하는 방법은 국외에서 수 십년 전에 개발되었으며, 국내외 기상 관련 기관에서 주로 안개 탐지를 위해 사용하고 있다.
- [0007] 그러나, 해무가 주로 새벽 등 여명기에 주로 발생하는데, 이러한 상기한 바와 같은 적외선 파장대 기반의 해무 탐지 방법으로는 해무와 바다를 거의 구별하지 못하는 단점이 있다.
- [0008] 두번째로는 인공위성의 가시광선 파장대에서 관측하는 해무 반사도 관측자료를 기반으로 해무를 탐지하는 방법이 있다. 가시광선 파장대에서 해무는 구름에 비해 균일한 반사도를 보이며, 상대적으로 이동속도가 느리다는 특징이 있다.
- [0009] 이에, 인간의 눈으로 해무와 구름을 구별하기는 어렵지 않으나, 알고리즘 기법이나 모델 등으로 구별하기는 쉽지 않고, 기존의 방법에 의하면 과탐지나 오탐지 등이 자주 발생한다. 특히 해무나 구름에 있는 수증기에서 반사되는 광학적 성질이 같아서, 많은 경우에 해무와 구름 특히 하층운과의 구별이 매우 어려운 문제점이 있다.
- [0010] 세번째로는 인공위성에 있는 단일 채널 혹은 여러 개의 채널들에서 관측된 값들을 다양한 방법으로 조합하여 경계값을 적용하여 해무를 탐지하는 방법들을 시도하고 있으나, 각각 장단점들이 있으며, 여전히 해무와 하층운을 구별하는데 한계를 보이고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) KR 등록특허 10-2000630

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 탐지 정확도를 한층 높일 수 있는 인공위성 관측센서의

가시 및 근적외 파장대 관측 기반의 해무 탐지 방법 및 장치를 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 해무 탐지 장치로서, 프로세서; 및 상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되, 상기 메모리는, 관측 대상 지역에 대해 상기 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력받고, 상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하고, 상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받고, 상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하고, 해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하고, 상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하도록, 상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 해무 탐지 장치가 제공된다.
- [0014] 상기 상관식은 상기 제1 반사도를 독립변수로 하고 상기 NDSI(obs)를 종속변수로 하는 다항식 형태의 회귀식일 수 있다.
- [0015] 상기 프로그램 명령어들은, 상기 경계값은 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 상관 관계 분석을 통해 상기 경계값을 결정할 수 있다.
- [0016] 상기 프로그램 명령어들은, 구름과 해무를 구별할 수 있는 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이를 경계값으로 결정할 수 있다.
- [0017] 상기 프로그램 명령어들은, 상기 해무 샘플 영역에 대한 산포 모델을 생성하고, 상기 산포 모델에서 상기 해무 샘플 영역의 각 픽셀에 해당하는 복수의 값들 사이의 상관 관계를 분석하여 상기 상관식을 산출하고, 상기 상관식을 이용하여 상기 NDSI(cal)를 산출할 수 있다.
- [0018] 상기 프로그램 명령어들은, 상기 경계값을 이용하여 상기 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역에 상응하는 픽셀을 탐지할 수 있다.
- [0019] 상기 프로그램 명령어들은, 상기 위성영상에서 해무에 상응하는 픽셀을 탐지한 결과값과 미리 설정된 기준값을 이용하여 복수의 검증값을 산출하고, 상기 복수의 검증값을 기반으로 해무 탐지 정확도를 판단할 수 있다.
- [0020] 상기 복수의 검증값은 탐지 확률(POD), 추후일치도(PAG), 임계성공지수(CSI), Heike 기술 점수(HSS) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 가시광선 파장대는 녹색 파장에 해당하는 파장대이고, 상기 근적외선 파장대는 1 내지 2 μ m의 파장 범위를 가질 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 프로세서 및 메모리를 포함하는 장치에서 해무를 탐지하는 방법으로서, 관측 대상 지역에 대해 상기 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력 받는 단계; 상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하는 단계; 상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받는 단계; 상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하는 단계; 해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하는 단계; 및 상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하는 단계를 포함하는 해무 탐지 방법이 제공된다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기한 방법을 수행하는 기록매체에 저장되는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램이 제공된다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 따른 효과는 다음과 같다.
- [0025] 첫째, 인공위성 관측을 통해 태양으로 인한 반사되는 빛이 존재하는 여명기를 포함하는 주간 시간대에도 해무를 정확히 탐지할 수 있다. 즉, 기존의 단파적외선 파장대 기반의 해무 탐지에서 보이는 단점인 여명기의 해무를

탐지할 수 있다.

[0026] 둘째, 가시광선 파장대 기반의 해무 탐지에서 보이는 해무와 구름의 구별이 어려웠던 문제를 해결할 수 있다.

[0027] 셋째, 10분마다 동아시아 전역을 관측할 수 있는 인공위성 자료를 이용함으로써, 시간적으로 공간적으로도 매우 효과적인 해무탐지 정보를 제공할 수 있으며, 이에 따라 해무의 영향을 받는 해상 교통, 어업, 운송, 관광 등에 광범위하게 활용될 수 있다.

[0028] 넷째, 인공위성을 이용한 이전의 해무 탐지 기술들에 비해, 구름 탐지를 위한 어떠한 정보도 적용하지 않기 때문에, 해무와 구름을 효과적으로 구별할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 해무 탐지 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 실시예에 따른 해무 탐지 장치가 수행하는 과정을 도시한 도면이다.

도 3은 단계 200에서 입력되는 위성영상의 예를 도시한 도면이다.

도 4는 본 실시예에 따른 관측 NDSI(obs)를 도시한 도면이다.

도 5는 본 실시예에 따른 해무 샘플 영역의 선택 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 제1 반사도에 따른 NDSI(obs)의 관계를 나타낸 것이다.

도 7 내지 도 8은 본 실시예에 따른 경계값 결정 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 검증 시뮬레이션 결과를 나타내는 영상이다.

도 10은 시간 변화별 히마와리 위성 영상의 천연색 관측 영상, 단파적외 영상, 단파적외 기반 해무 탐지 결과, 본 발명의 실시예에 따른 해무 탐지 결과, 본 발명과 단파적외의 차이, 두 결과의 통계값을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0031] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0033] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 해무 탐지 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 해무 탐지 장치는 프로세서(100) 및 메모리(102)를 포함할 수 있다.

[0035] 프로세서(100)는 컴퓨터 프로그램을 실행할 수 있는 CPU(central processing unit)나 그밖에 가상 머신 등을 포함할 수 있다.

[0036] 메모리(102)는 고정식 하드 드라이브나 착탈식 저장 장치와 같은 비휘발성 저장 장치를 포함할 수 있다. 착탈식 저장 장치는 콤팩트 플래시 유닛, USB 메모리 스틱 등을 포함할 수 있다. 메모리(102)는 각종 랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리도 포함할 수 있다.

[0037] 이와 같은 메모리(102)에는 프로세서(100)에 의해 실행 가능한 프로그램 명령어들이 저장된다.

[0038] 본 실시예에 따른 프로그램 명령어들은 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대 및 근적외 파장대에서 측정한 반사도를 포함하는 위성영상을 입력 받아, 관측에 의한 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하고, 이를 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))와 비교하여 경계값을 결정하고, 결정된 경계값을 통해 해무를 탐지한다.

[0039] 도 2는 본 실시예에 따른 해무 탐지 장치가 수행하는 과정을 도시한 도면이다.

[0040] 도 2의 과정은 메모리(102)에 저장된 프로그램 명령어들을 이용하여 프로세서(100)가 수행하는 과정으로 정의할 수 있다.

[0041] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 해무 탐지 장치는 위성영상을 입력 받는다(단계 200).

- [0042] 도 3은 단계 200에서 입력되는 위성영상의 예를 도시한 도면이다.
- [0043] 위성영상은 관측 대상 지역에 대해 인공위성에 탑재된 관측센서에서 측정된 반사도일 수 있고, 보다 상세하게는 가시광선 파장대에서 측정된 제1 반사도 및 근적외 파장대에서 측정된 제2 반사도를 포함할 수 있다.
- [0044] 여기서, 제1 반사도는 녹색에 해당하는 $0.51\mu m$ 파장의 가시 채널에서 측정된 지표면 반사도일 수 있다.
- [0045] 제2 반사도는 1 내지 $2\mu m$ (예를 들어, $1.6\mu m$) 파장대의 근적외 채널에서 측정된 지표면 반사도일 수 있다.
- [0046] 본 실시예에 따른 해무 탐지 장치는 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도적설지수(NDSI(obs))를 산출한다(단계 202).
- [0047] 도 4는 본 실시예에 따른 관측 NDSI(obs)를 도시한 도면이다.
- [0048] 단계 202에서 위성영상의 각 픽셀마다 NDSI를 산출할 수 있으며, 예를 들어, $1024*768$ 의 해상도를 가진 위성영상의 경우 786,432개의 픽셀에 대한 NDSI를 산출할 수 있다.
- [0049] NDSI(obs)는 다음의 수학적 식 1을 통해 산출될 수 있다.

수학적 식 1

$$NDSI(obs) = \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2}$$

- [0051] 여기서, R_1 은 제1 반사도, R_2 는 제2 반사도를 의미한다.

- [0052] 예를 들어, 제1 반사도가 $0.51\mu m$ 의 파장에서 측정된 값이고, 제2 반사도가 $1.6\mu m$ 의 파장에서 측정된 값인 경우, 수학적 식 1은 아래의 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 2

$$NDSI(obs) = \frac{R_{0.51\mu m} - R_{1.6\mu m}}{R_{0.51\mu m} + R_{1.6\mu m}}$$

- [0054] 다음으로, 해무 탐지 장치는 위성영상 중 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받는다(단계 204).
- [0055] 여기서, 해무 샘플 영역은 위성영상 내에 해무로 판별되는 영역 중 일부 영역으로 정의되며, 이는 사용자에게 의해 선택될 수 있다.
- [0056] 도 5는 본 실시예에 따른 해무 샘플 영역의 선택 과정을 설명하기 위한 도면이며, 도 5에서 도면부호 500 영역이 해무 샘플 영역이다.
- [0057] 이후, 해무 탐지 장치는 해무 샘플 영역에서의 NDSI(obs) 산포 모델을 생성한다(단계 206).
- [0058] 여기서, NDSI(obs) 산포 모델은 해무 샘플 영역에서 각 픽셀에서의 제1 반사도에 대한 NDSI(obs)에 상관 관계를 나타내기 위한 모델로 정의된다.
- [0059] 해무 탐지 장치는 단계 206에서 생성된 NDSI(obs) 산포 모델에서 해무 샘플 영역의 각 픽셀에 해당하는 복수의 값들 사이의 상관식을 산출한다(단계 208).
- [0060] 단계 208에서 산출되는 상관식은 제1 반사도를 독립변수로 하고 NDSI(obs)를 종속변수로 하는 다항식 형태의 회귀식이고, 바람직하게, 상관식은 2차 함수의 형태를 가질 수 있다.
- [0061] 도 6은 제1 반사도에 따른 NDSI(obs)의 관계를 나타낸 것으로, 모든 픽셀에서의 NDSI(obs)와 해무 샘플 영역 내에 포함된 해무 픽셀들을 동시에 나타낸 것이다.
- [0062] 도 6을 참조하면, 제1 반사도를 독립변수로 하고 NDSI(obs)를 종속변수로 표현하는 경우, 해무 픽셀이 아래와

같이, 2차 함수의 형태로 분포하는 것을 확인할 수 있다.

수학식 3

$$\text{NDSI (cal)} = a_0 + a_1 \times R_1 + a_2 \times R_1^2$$

여기서, a_0 , a_1 , a_2 는 해무 샘플에서 구해지는 계수이다.

보다 구체적으로, a_0 는 1.100, a_1 는 10.161, a_2 는 23.544 근처의 값일 수 있다.

a_0 , a_1 , a_2 는 소수점 셋째 자리까지 표현되었으며, 소수점 넷째 자리의 수는 다르게 설정될 수 있다.

수학식 4

$$\text{NDSI (cal)} = 1.100 - 10.161R_1 + 23.544R_1^2$$

상기와 같이 계수가 결정된 상관식을 통해 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출한다(단계 210).

해무 탐지 장치는 NDSI(obs)와 NDSI(cal)의 차이를 이용하여 경계값(σ)을 결정한다(단계 212).

수학식 5

$$\text{NDSI (obs)} - \text{NDSI (cal)} < \sigma$$

본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 경계값(σ)은 0.076일 수 있고, 이는 수학식 4와 같이 계수가 설정될 경우 해무 탐지가 최적화될 수 있다.

바람직하게, 구름과 해무를 구별할 수 있는 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이를 경계값으로 결정할 수 있다.

도 7 내지 도 8은 본 실시예에 따른 경계값 결정 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 7에서, 붉은 색 박스는 해무, 하늘색 박스는 맑은 바다, 녹색 박스는 구름을 의미한다.

도 8은 해무, 맑은 바다 및 구름에 대응하는 픽셀들을 전체 위성영상 위에 표시한 도면이다.

도 8을 참조하면, x축은 NDSI(obs)이고, y축은 NDSI(obs)와 NDSI(cal)의 차이이다.

x축을 기준으로 살펴보면, 붉은색(해무)과 녹색(구름)은 서로 겹쳐지는 부분이 다양하게 존재하기 때문에 NDSI(obs)만으로는 해무와 구름을 구별할 수 없다.

그러나 NDSI(obs)와 NDSI(cal)의 차이의 관점에서 보면 해무와 구름이 명확하게 구별될 수 있음을 확인할 수 있다. 따라서, NDSI(obs)와 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하면 해무를 구름과 맑은 바다에 대응하는 픽셀로부터 구별할 수 있다.

해무 탐지 장치는 상기와 같이 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지한다(단계 214).

본 실시예에 따른 해무 탐지 장치는 위성영상에서 해무에 해당하는 픽셀을 탐지한 결과값과 기 설정된 기준값을 이용하여 복수의 검증값을 산출하고, 산출된 복수의 검증값에 기초하여 해무 탐지 정확도를 판단한다.

해무 탐지 정확도 판단을 위해 열에 민감하고, 기존에 해무 탐지를 위해 기상청에서 사용하는 단파적외(3.9 micron)와 장파적외(11.2 micron) 위성관측 자료를 이용한다.

[0082] 복수의 검증값은 탐지 확률(POD), 추후일치도(PAG), 임계성공지수(CSI), Heidke 기술 점수(HSS) 중 적어도 하나를 포함한다. POD, PAG, CSI, HSS등은 아래의 표 1을 이용하여 산출될 수 있다.

표 1

[0083]

구분	해무탐지(단파적외) = 1 (Yes)	해무탐지(단파적외) = 0 (No)
해무탐지(본 발명) = 1 (Yes)	A	B
해무탐지(본 발명) = 0 (No)	C	D

[0084]

표 1은 본 발명을 적용한 해무 탐지 결과값과 단파적외기반 해무탐지 결과인 기준값의 비교표를 나타낸다. 표에서 1은 해무가 있음을 의미하고 0은 해무가 없음을 의미한다. A, B, C, D는 해당하는 픽셀의 개수를 의미한다.

[0085]

탐지확률(POD)은 기준값의 해무 픽셀 수와 결과값의 해무 픽셀 수의 비율로 나타낼 수 있으며, 1에 가까울수록 정확도가 높음을 의미한다. 탐지 확률(POD)은 아래의 수학적식 6을 통해 산출될 수 있다.

수학적식 6

[0086]

$$POD = \frac{A}{A + C}$$

[0087]

추후일치도(PAG)는 1-오보율을 나타내며, 오보율은 결과값에서 해무으로 판단된 픽셀이 기준값에서 해무가 아닌 픽셀인 비율을 나타내며, 0에 가까울수록 정확도가 높음을 의미한다. 따라서 추후일치도(PAG)는 1에 가까울수록 정확도가 높음을 나타낸다. PAG는 아래의 수학적식을 이용하여 산출될 수 있다.

수학적식 7

[0088]

$$PAG = \frac{A}{A + B}$$

[0089]

임계성공지수(CSI)는 기준값과 결과값 모두 탐지한 개수로 기준값과 결과값이 동시에 해무를 탐지한 비율을 나타내며, 1에 가까울수록 정확도가 높음을 나타낸다. CSI는 아래의 수학적식을 이용하여 산출될 수 있다

수학적식 8

[0090]

$$PAG = \frac{A}{A + B + C}$$

[0091]

Heidke 기술 점수는 결과값과 기준값의 정확성을 평가하는 지수로서, 1에 가까운 값일수록 정확도가 높음을 의미한다. HSS는 아래의 수학적식을 통해 산출될 수 있다.

수학적식 9

[0092]

$$HSS = \frac{2(AD - BC)}{(A + C)(C + D) + (A + B)(B + D)}$$

[0093]

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 검증 시뮬레이션 결과를 나타내는 영상이다.

[0094]

기 설정된 기준값은 기상청 등 공인 기관에서 사용하는 열에 민감한 단파적외 관측에 기반한 안개 관측법을 적

용하였다. 'NDSI only'는 본 발명의 결과를 나타내며, 'SWIR only'는 단파적외 기반의 기준값을 나타내며, 'NDSI & SWIR'은 결과값과 기준값이 모두 해무로 탐지한 것을 나타낸다. 각각 하늘색, 연두색, 보라색으로 표현하였다. 따라서 결과값과 기준값의 일치율이 매우 높음을 알 수 있다.

[0095] 이 사례에서, 검증 결과는 $POD = 0.954$, $PAG = 0.887$, $CSI = 0.851$, $HSS = 0.911$ 으로써, 기준값 대비 결과값의 정확도가 매우 높음을 알 수 있다.

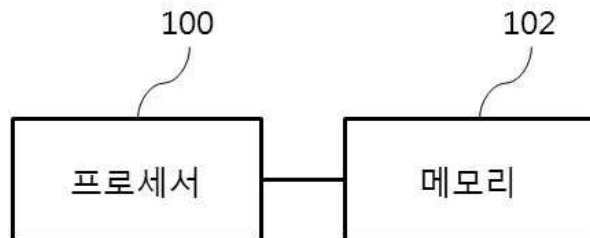
[0096] 도 10은 시간 변화별 히마와리 위성 영상의 천연색 관측 영상, 단파적외 영상, 단파적외 기반 해무 탐지 결과, 본 발명의 실시예에 따른 해무 탐지 결과, 본 발명과 단파적외의 차이, 두 결과의 통계값을 나타낸다.

[0097] 본 발명은 여명기에도 정확히 해무를 탐지하는 반면에, 기존의 단파적외 기반 해무 탐지는 여명기에 단파적외 신호가 바다와 구별이 잘 되지 않아서 해무 탐지가 어려운 점을 보여준다.

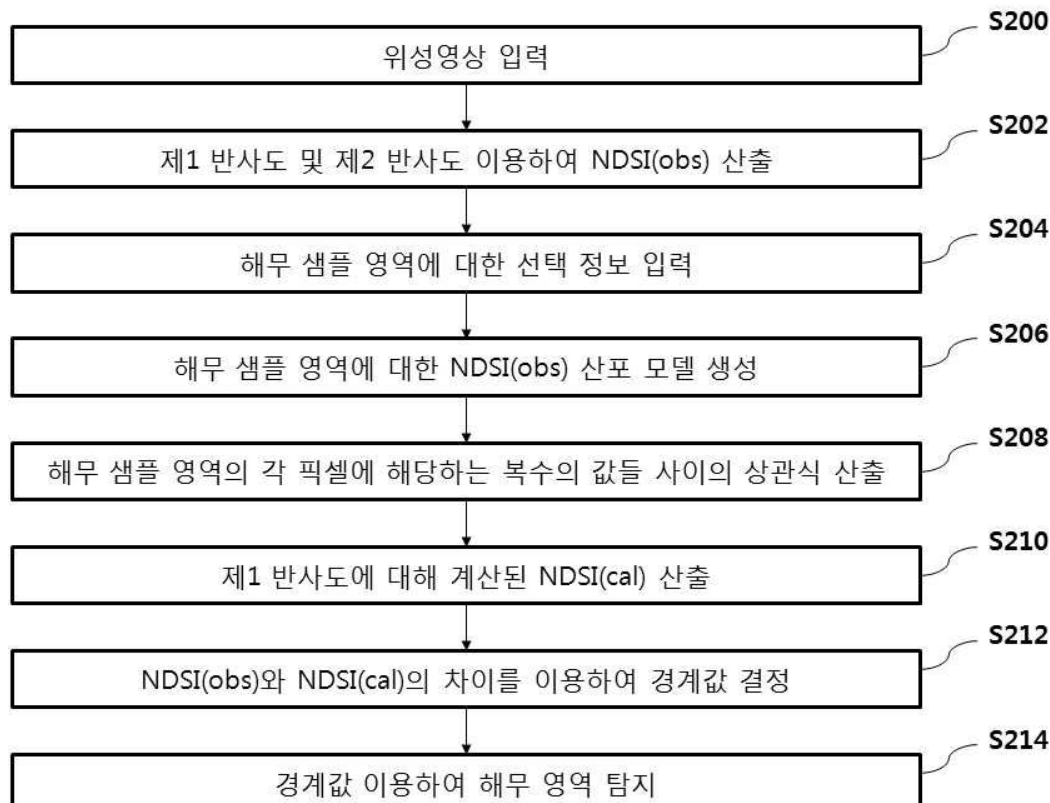
[0098] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

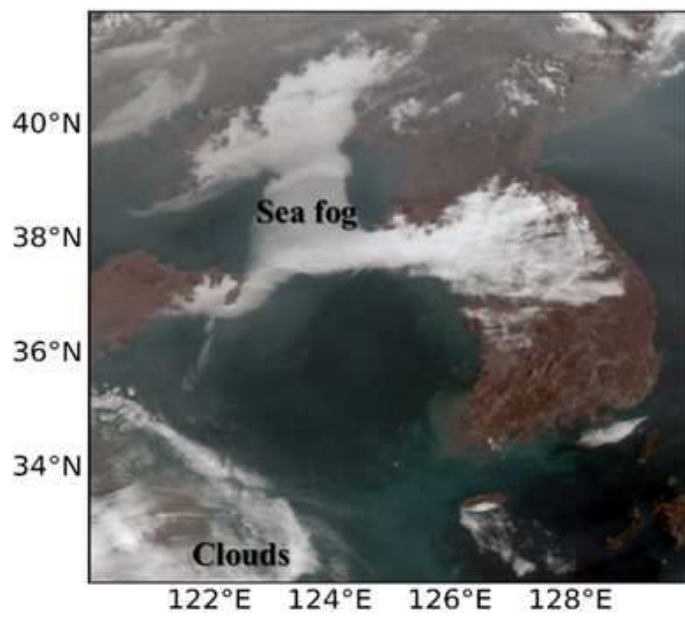
도면1



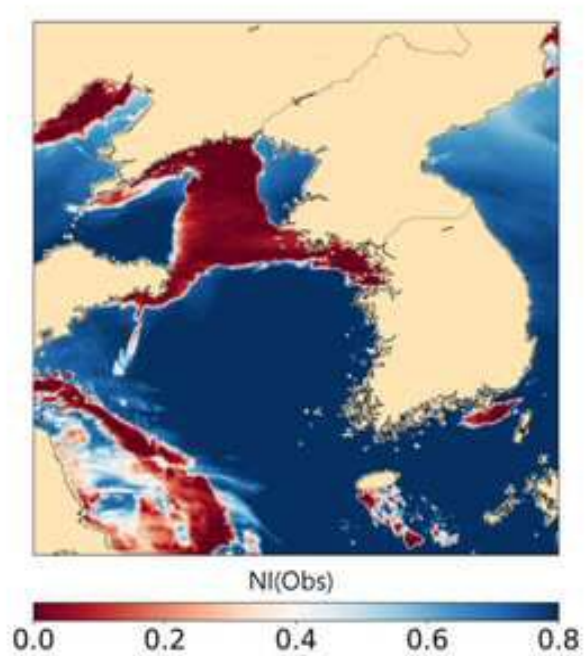
도면2



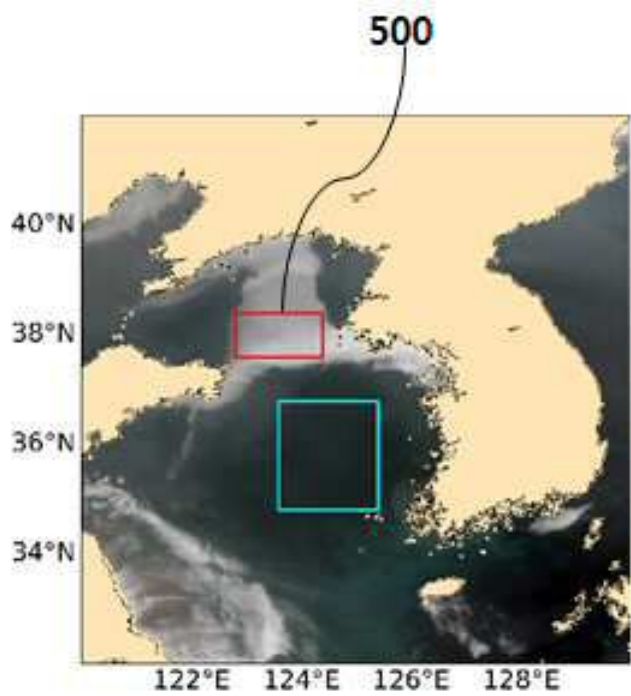
도면3



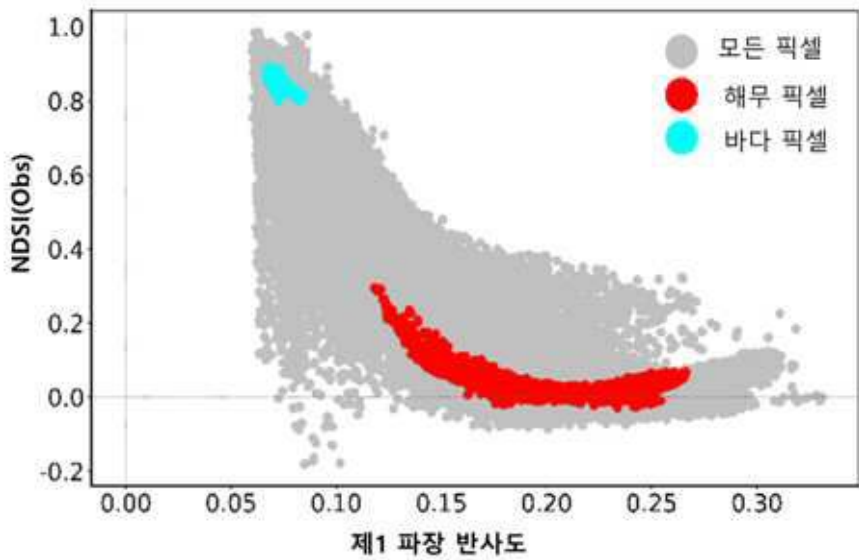
도면4



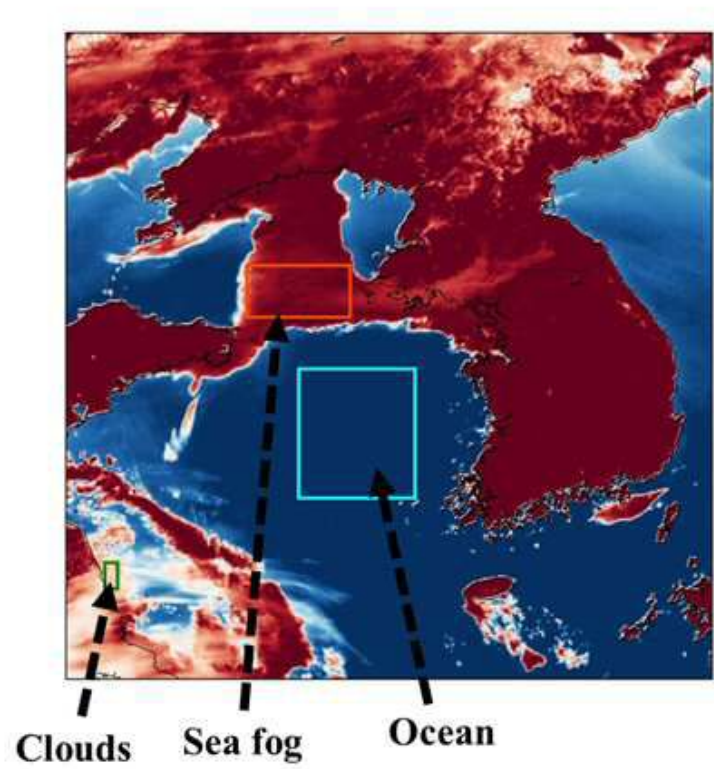
도면5



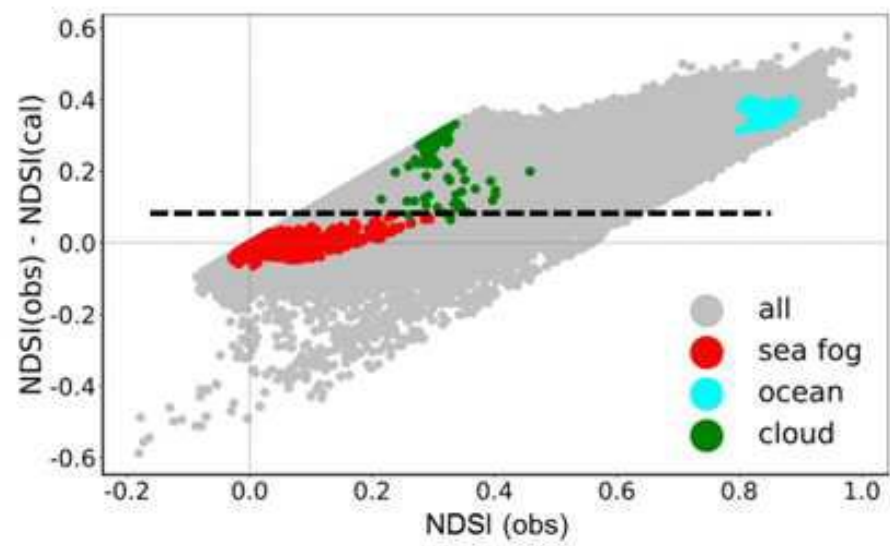
도면6



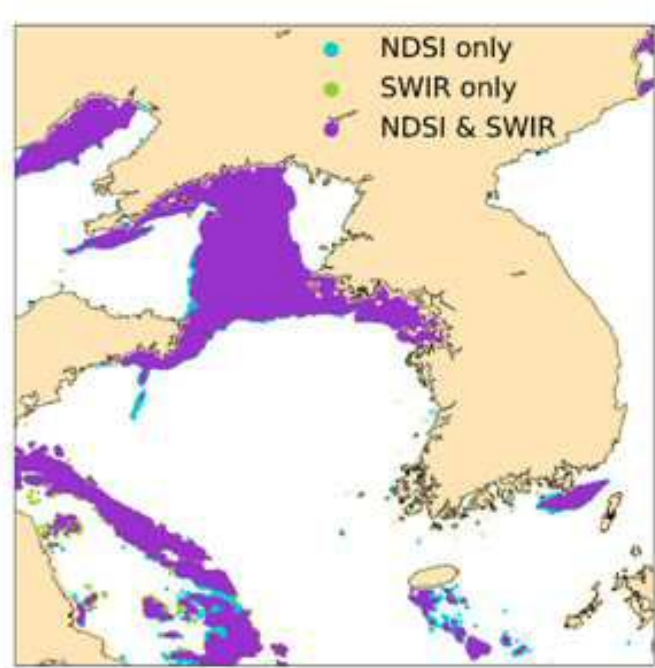
도면7



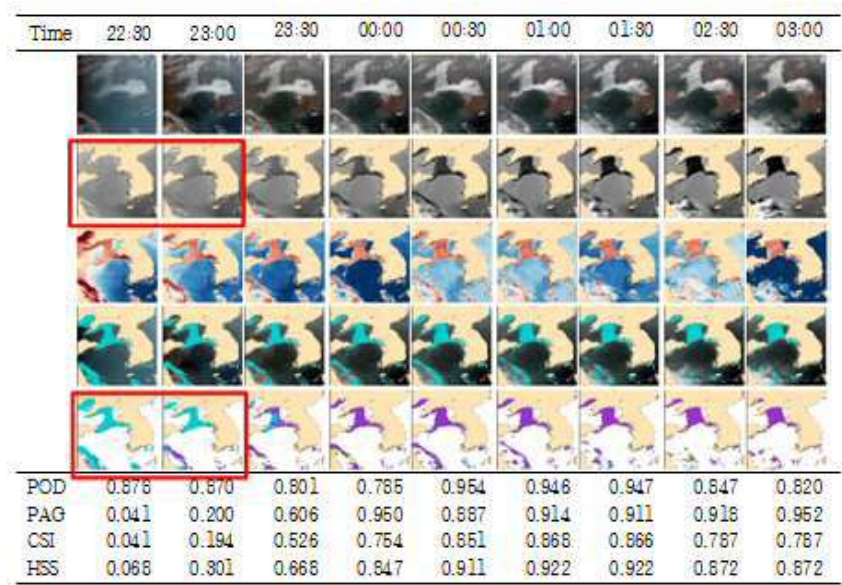
도면8



도면9



도면10



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

해무 탐지 장치로서,

프로세서; 및

상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되,

상기 메모리는,

관측 대상 지역에 대해 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력받고,

상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하고,

상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받고,

상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하고,

해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하고,

상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하도록,

상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 해무 탐지 장치.

【변경후】

해무 탐지 장치로서,

프로세서; 및

상기 프로세서에 연결되는 메모리를 포함하되,

상기 메모리는,

관측 대상 지역에 대해 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외선 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력받고,

상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하고,

상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받고,

상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하고,

해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하고,

상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하도록,

상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 명령어들을 저장하는 해무 탐지 장치.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

프로세서 및 메모리를 포함하는 장치에서 해무를 탐지하는 방법으로서,

관측 대상 지역에 대해 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력 받는 단계;

상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하는 단계;

상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받는 단계;

상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하는 단계;

해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하는 단계를 포함하는 해무 탐지 방법.

【변경후】

프로세서 및 메모리를 포함하는 장치에서 해무를 탐지하는 방법으로서,

관측 대상 지역에 대해 인공위성 관측센서가 가시광선 파장대에서 측정한 제1 반사도 및 근적외선 파장대에서 측정한 제2 반사도를 포함하는 위성영상을 입력 받는 단계;

상기 제1 반사도 및 제2 반사도를 이용하여 관측 정규화반사도차적설지수(Normalized Difference Snow Index, NDSI(obs))를 산출하는 단계;

상기 위성영상에서 해무 샘플 영역에 대한 선택 정보를 입력 받는 단계;

상기 선택된 해무 샘플 영역에서의 상기 제1 반사도와 상기 NDSI(obs)의 상관 관계를 회귀 분석하여 산출된 상관식을 통해 상기 제1 반사도에 대해 이론적으로 계산된 NDSI(NDSI(cal))를 산출하는 단계;

해무 탐지를 위한 상기 NDSI(obs) 및 NDSI(cal)의 차이에 대한 경계값을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 경계값을 이용하여 새로 입력되는 위성영상에서 해무 영역을 탐지하는 단계를 포함하는 해무 탐지 방법.