



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0106639
(43) 공개일자 2022년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) G06Q 50/26 (2012.01)
G06T 5/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/0002 (2013.01)
G06Q 50/26 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0034704
(22) 출원일자 2021년03월17일
심사청구일자 2021년03월17일
(30) 우선권주장
1020210009646 2021년01월22일 대한민국(KR)

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)
(72) 발명자
송봉근
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20-1, 85
호관606호(퇴촌동, 창원대학교)
박경훈
경상남도 창원시 성산구 원이대로 774, 304동
1205호(상남동, 성원아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양성보

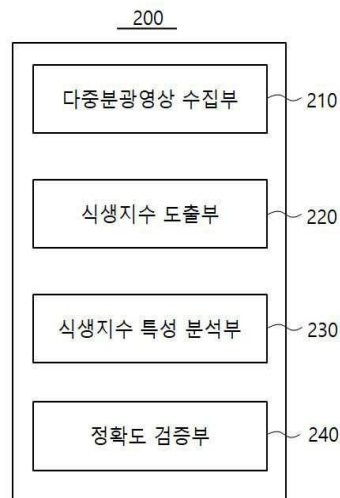
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템

(57) 요약

무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템이 제시된다. 일 실시예에 따른 컴퓨터 장치를 통해 구현되는 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법은, 저수지의 수생식물 서식지의 분석을 위해 식생지수를 도출하는 단계; 및 기설정된 시기별 상기 식생지수의 평균값의 분석을 통해 수생식물의 식생지수 특성을 분석하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06T 5/006 (2018.01)

G06T 2207/10036 (2013.01)

G06T 2207/30188 (2013.01)

(72) 발명자

김경아

경상남도 김해시 월산로 18(부곡동, 대동아파트)

김성현

경상남도 양산시 회현1길 4, 3층 302호 (교동, 창조아파트)

박건웅

경상남도 창원시 진해구 냉천로 257, 417동 1405호(자은동, 엘에이치자은프라임)

문한솔

부산광역시 해운대구 좌동순환로446번길 57, A동 801호(중동, 삼주아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345312739
과제번호	2019R1I1A1A01063568
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	학문균형(창의·도전연구)
연구과제명	드론 영상 기반 도시 옥외 공간의 열 쾌적성 분석 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	창원대학교
연구기간	2019.06.01 ~ 2022.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 장치를 통해 구현되는 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법에 있어서,

저수지의 수생식물 서식지의 분석을 위해 식생지수를 도출하는 단계; 및

기설정된 시기별 상기 식생지수의 평균값의 분석을 통해 수생식물의 식생지수 특성을 분석하는 단계를 포함하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교를 통한 추출 정확도를 검증하는 단계

를 더 포함하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

무인항공기의 자율 비행을 통해 저수지에 대한 다중분광영상을 수집하는 단계

를 더 포함하고,

상기 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 상기 식생지수를 기반으로 저수지의 수생식물 서식지를 분석하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 다중분광영상을 수집하는 단계는,

상기 무인항공기의 운용 전 다중분광영상의 반사도 보정을 위해 반사패널을 촬영하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 다중분광영상을 수집하는 단계는,

상기 무인항공기에 센서를 장착하여 각 분광 밴드별로 총 5개의 정사영상을 도출하고, 각 분광 밴드별 상기 정사영상을 활용하여 저수지의 수생식물 서식지를 분석하기 위해 식생지수를 분석하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 식생지수를 도출하는 단계는,

저수지의 수생식물 서식지 분석을 위해 NDVI, ENDVI, NGRDI, GNDVI, NDREI로 이루어진 5개의 상기 식생지수를

도출하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 추출 정확도를 검증하는 단계는,

무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 수생식물지역 분포 파악 시, 식생지수들을 비교 분석하여 최적의 식생 지수를 도출하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 추출 정확도를 검증하는 단계는,

상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 표준편차가 다른 식생 지수보다 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 추출 정확도를 검증하는 단계는,

상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 수생식물과 수면의 식생지수 값의 차이가 가장 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 방법.

청구항 10

무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템에 있어서,

저수지의 수생식물 서식지의 분석을 위해 식생지수를 도출하는 식생지수 도출부; 및

기설정된 시기별 상기 식생지수의 평균값의 분석을 통해 수생식물의 식생지수 특성을 분석하는 식생지수 특성 분석부

를 포함하는, 수생식물 탐지 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교를 통한 추출 정확도를 검증하는 정확도 검증부

를 더 포함하는, 수생식물 탐지 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서,

무인항공기의 자율 비행을 통해 저수지에 대한 다중분광영상을 수집하는 다중분광영상 수집부

를 더 포함하고,

상기 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 상기 식생지수를 기반으로 저수지의 수생식물 서식지를 분석하는, 수생식물 탐지 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 다중분광영상 수집부는,

상기 무인항공기의 운용 전 다중분광영상의 반사도 보정을 위해 반사패널을 촬영하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 시스템.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 다중분광영상 수집부는,

상기 무인항공기에 센서를 장착하여 각 분광 밴드별로 총 5개의 정사영상을 도출하고, 각 분광 밴드별 상기 정사영상을 활용하여 저수지의 수생식물 서식지를 분석하기 위해 식생지수를 분석하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 시스템.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 정확도 검증부는,

상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 수생식물과 수면의 식생지수 값의 차이가 가장 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증하는 것

을 특징으로 하는, 수생식물 탐지 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 실시예들은 무인항공기(UAV) 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]하천 및 저수지 등 수 공간에 서식하는 수생식물(aquatic plants)은 수질을 개선하는 효과가 있는 것으로 널리 알려져 있다. 특히, 수생식물은 토양이 아닌 수체에 뿌리를 내려 수면에 서식하는 식물로 잎과 줄기가 수면에 떠있기 때문에 수중으로의 빛을 차단하여 식물플랑크톤의 광합성을 저해하며, 이는 클로로필-a 농도를 감소시켜 녹조 등의 발생을 억제할 수 있다. 최근에 수생식물의 종별로 수질개선효과를 파악함으로써 생태적인 관점에서 오염물 정화를 위해 노력하고 있으며, 수 공간에서의 수생식물 종 및 서식지 분포를 조사 및 분석하는 연구가 많이 이루어지고 있다.

[0003]기존 식물 종 또는 서식지 조사방법은 조사자가 직접 현장에서 조사하는 식으로 이루어졌다. 그러나 현장조사에 의한 방법은 식물의 종을 면밀하게 파악할 수 있는 장점이 있는 반면에, 방대한 지역을 대상으로 조사할 경우 많은 인력과 경비, 시간 등이 소요되는 단점이 있다. 특히 수생식물의 조사는 사람이 접근하기 어려운 지역이 많기 때문에 현장에서의 직접적인 조사방법은 한계가 있다.

[0004]최근에는 사람이 직접 현장에 가지 않고 영상 촬영을 통해 조사지역의 생태계 조사 및 모니터링하는 원격탐사방법이 널리 활용되고 있다. 원격탐사방법은 주로 위성이나 무인항공기(UAV)를 활용하여 이루어진다. 위성영상은 일정한 궤도를 따라 주기적으로 영상정보를 취득할 수 있어 생태계 변화 패턴을 분석하는 것에 매우 유용하다. 또한, 수m에서 수km까지의 넓은 공간 범위에 대해 분석이 가능하다. 그러나 대부분의 위성영상은 중, 저

공간해상도이기 때문에 식물의 종이나 소규모의 생태계의 특성을 정밀하게 분석하는 것에는 한계가 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 최근에는 UAV를 활용한 조사 연구가 활발하게 이루어지고 있다. UAV는 위성정보보다 낮은 고도에서 촬영하여 고해상도의 영상자료를 취득할 수 있기 때문에 식물 종이나 서식지의 현황 등 생태계의 특성을 정밀하게 분석할 수 있다. 또한, 조사자가 원하는 지역, 시간, 대상 식물 종 등을 UAV 운용을 통해 자유롭게 정보를 수집할 수 있어 사람이 접근하기 어려운 지역이나 다양한 환경적인 요인에 의한 생태계 변화양상을 파악하는데 효과적으로 활용할 수 있다.

[0005] UAV를 활용한 식물조사는 주로 고해상도의 영상자료에서 식물이 지닌 고유의 분광정보를 활용하여 식물의 종을 분류하거나 모니터링하고 있다. 이러한 분석을 위해 주로 활용되는 자료는 다양한 분광정보의 특성에 의해 분석되는 식생지수이다. 식생지수(Vegetation index, VI)는 다양한 분광정보를 활용하여 산출되며, 식생의 유무나 지표의 녹색도(greenness) 또는 식생의 활력도를 정량화하기 위해 만들어진 지표이다. 현재는 식물의 서식지 모니터링뿐만 아니라, 가뭄과 환경변화 분석 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 그러나 대부분의 선행연구에서는 육상지역의 산림생태계를 대상으로 식생지수의 적용을 통해 분석이 이루어지고 있으며, 수생식물의 모니터링 연구는 부족한 실정이다. 수생식물은 수질을 개선할 수 있는 중요한 요인으로 작용하기 때문에 수생식물의 서식 특성에 대한 연구가 필요하며, 조사 및 분석의 효율성을 위해 UAV의 영상정보를 활용하여 수생식물 모니터링 연구가 이루어져야 한다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) Rodriguez, W.; Feller, I.C.; Cavanaugh, K.C. Spatio-temporal changes of a mangrove-saltmarsh ecotone in the northeastern coast of Florida, USA. Global Ecology and Conservation. 2016, 7, 245-261.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 실시예들은 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 수생식물 서식 분포 분석을 위한 수생식물에 대한 분광특성 분석 및 다양한 식생지수를 활용하여 수생식물 서식 분포 추출 기술을 제공한다.

[0008] 실시예들은 다중분광 카메라를 활용한 수생식물 분포 분석이 가능함으로써, 초분광(hyperspectral) 카메라와 비교 시 비용적인 문제를 개선할 수 있는 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

[0009] 또한, 실시예들은 중, 저해상도인 위성영상의 문제점을 개선하여 식물 종, 서식지 현황 등 생태계 특성의 정밀 분석이 가능한 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

[0010] 또한, 실시예들은 UAV 자율비행을 통해 사람의 접근이 어려운 지역에 대해서도 다양한 환경적 요인에 의한 생태계 변화양상을 파악할 수 있는 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 일 실시예에 따른 컴퓨터 장치를 통해 구현되는 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법은, 저수지의 수생식물 서식지의 분석을 위해 식생지수를 도출하는 단계; 및 기설정된 시기별 상기 식생지수의 평균값의 분석을 통해 수생식물의 식생지수 특성을 분석하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0012] 상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교를 통한 추출 정확도를 검증하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 무인항공기의 자율 비행을 통해 저수지에 대한 다중분광영상을 수집하는 단계를 더 포함하고, 상기 다중분광영

상을 식생지수로 변환한 후, 상기 식생지수를 기반으로 저수지의 수생식물 서식지를 분석할 수 있다.

- [0014] 상기 다중분광영상을 수집하는 단계는, 상기 무인항공기의 운용 전 다중분광영상의 반사도 보정을 위해 반사패널을 촬영할 수 있다.
- [0015] 상기 다중분광영상을 수집하는 단계는, 상기 무인항공기에 센서를 장착하여 각 분광 밴드별로 총 5개의 정사영상을 도출하고, 각 분광 밴드별 상기 정사영상을 활용하여 저수지의 수생식물 서식지를 분석하기 위해 식생지수를 분석할 수 있다.
- [0016] 상기 식생지수를 도출하는 단계는, 저수지의 수생식물 서식지 분석을 위해 NDVI, ENDVI, NGRDI, GNDVI, NDREI로 이루어진 5개의 상기 식생지수를 도출할 수 있다.
- [0017] 상기 추출 정확도를 검증하는 단계는, 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 수생식물지역 분포 파악 시, 식생지수들을 비교 분석하여 최적의 식생지수를 도출할 수 있다.
- [0018] 상기 추출 정확도를 검증하는 단계는, 상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 표준편차가 다른 식생지수보다 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증할 수 있다.
- [0019] 상기 추출 정확도를 검증하는 단계는, 상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 수생식물과 수면의 식생지수 값의 차이가 가장 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증할 수 있다.
- [0020] 다른 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템은, 저수지의 수생식물 서식지의 분석을 위해 식생지수를 도출하는 식생지수 도출부; 및 기설정된 시기별 상기 식생지수의 평균값의 분석을 통해 수생식물의 식생지수 특성을 분석하는 식생지수 특성 분석부를 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교를 통한 추출 정확도를 검증하는 정확도 검증부를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 무인항공기의 자율 비행을 통해 저수지에 대한 다중분광영상을 수집하는 다중분광영상 수집부를 더 포함하고, 상기 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 상기 식생지수를 기반으로 저수지의 수생식물 서식지를 분석할 수 있다.
- [0023] 상기 다중분광영상 수집부는, 상기 무인항공기의 운용 전 다중분광영상의 반사도 보정을 위해 반사패널을 촬영할 수 있다.
- [0024] 상기 다중분광영상 수집부는, 상기 무인항공기에 센서를 장착하여 각 분광 밴드별로 총 5개의 정사영상을 도출하고, 각 분광 밴드별 상기 정사영상을 활용하여 저수지의 수생식물 서식지를 분석하기 위해 식생지수를 분석할 수 있다.
- [0025] 상기 정확도 검증부는, 상기 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 수생식물과 수면의 식생지수 값의 차이가 가장 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증할 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 실시예들에 따르면 다중분광 카메라를 활용한 수생식물 분포 분석이 가능함으로써 초분광(hyperspectral) 카메라와 비교 시 비용적인 문제를 개선할 수 있다.
- [0027] 또한, 실시예들에 따르면 중, 저해상도인 위성영상의 문제점을 개선하여 식물 종, 서식지 현황 등 생태계 특성의 정밀분석이 가능하다.
- [0028] 또한, 실시예들에 따르면 UAV 자율비행을 통해 사람의 접근이 어려운 지역에 대해서도 다양한 환경적 요인에 의한 생태계 변화양상을 파악할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 일 실시예에 따른 컴퓨터 시스템의 내부 구성의 일례를 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템을 나

타내는 블록도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 4는 일 실시예에 따른 비행경로 설정과 운용 모습을 나타내는 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 Profile 분석을 위한 단면 설정을 나타내는 도면이다.

도 6은 일 실시예에 따른 분광 파장대별 Profile 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 7은 일 실시예에 따른 식생지수 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 8은 일 실시예에 따른 시기에 따른 식생지수별 평균값을 나타내는 도면이다.

도 9는 일 실시예에 따른 시기에 따른 식생지수별 Profile 분석결과를 나타내는 도면이다.

도 10은 일 실시예에 따른 NDVI와 각 식생지수(ENDVI, NDREI, NGRDI, GNDVI) 간의 산점도 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 11은 일 실시예에 따른 6월 25일을 대상으로 NDVI와 GNDVI를 활용한 수생식물지역을 추출한 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 설명한다. 그러나, 기술되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시예들에 의하여 한정되는 것은 아니다. 또한, 여러 실시예들은 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 도면에서 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.

[0032] 아래의 실시예들은 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템에 관한 것으로, 수생식물 서식 분포 분석을 위한 수생식물에 대한 분광특성을 분석하고, 다양한 식생지수를 활용하여 수생식물 서식 분포를 추출하는 기술을 제공한다.

[0034] 도 1은 일 실시예에 따른 컴퓨터 시스템의 내부 구성의 일례를 설명하기 위한 블록도이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들에 따른 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템이 도 1의 컴퓨터 시스템(장치)(100)을 통해 구현될 수 있다. 도 1에 도시한 바와 같이, 컴퓨터 시스템(100)은 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법을 실행하기 위한 구성요소로서 프로세서(110), 메모리(120), 영구 저장 장치(130), 버스(140), 입출력 인터페이스(150) 및 네트워크 인터페이스(160)를 포함할 수 있다.

[0035] 프로세서(110)는 명령어들의 임의의 시퀀스를 처리할 수 있는 임의의 장치를 포함하거나 그의 일부일 수 있다. 프로세서(110)는 예를 들어 컴퓨터 프로세서, 이동 장치 또는 다른 전자 장치 내의 프로세서 및/또는 디지털 프로세서를 포함할 수 있다. 프로세서(110)는 예를 들어, 서버 컴퓨팅 디바이스, 서버 컴퓨터, 일련의 서버 컴퓨터들, 서버 팜, 클라우드 컴퓨터, 콘텐츠 플랫폼, 이동 컴퓨팅 장치, 스마트폰, 태블릿, 셋톱 박스, 미디어 플레이어 등에 포함될 수 있다. 프로세서(110)는 버스(140)를 통해 메모리(120)에 접속될 수 있다.

[0036] 메모리(120)는 컴퓨터 시스템(100)에 의해 사용되거나 그에 의해 출력되는 정보를 저장하기 위한 휘발성 메모리, 영구, 가상 또는 기타 메모리를 포함할 수 있다. 메모리(120)는 예를 들어 랜덤 액세스 메모리(RAM: random access memory) 및/또는 동적 RAM(DRAM: dynamic RAM)을 포함할 수 있다. 메모리(120)는 컴퓨터 시스템(100)의 상태 정보와 같은 임의의 정보를 저장하는 데 사용될 수 있다. 메모리(120)는 예를 들어 야적되비 적재량의 산출 검증을 위한 명령어들을 포함하는 컴퓨터 시스템(100)의 명령어들을 저장하는 데에도 사용될 수 있다. 컴퓨터 시스템(100)은 필요에 따라 또는 적절한 경우에 하나 이상의 프로세서(110)를 포함할 수 있다.

[0037] 버스(140)는 컴퓨터 시스템(100)의 다양한 컴포넌트들 사이의 상호작용을 가능하게 하는 통신 기반 구조를 포함할 수 있다. 버스(140)는 예를 들어 컴퓨터 시스템(100)의 컴포넌트들 사이에, 예를 들어 프로세서(110)와 메모리(120) 사이에 데이터를 운반할 수 있다. 버스(140)는 컴퓨터 시스템(100)의 컴포넌트들 간의 무선 및/또는 유선 통신 매체를 포함할 수 있으며, 병렬, 직렬 또는 다른 토폴로지 배열들을 포함할 수 있다.

- [0038] 영구 저장 장치(130)는 (예를 들어, 메모리(120)에 비해) 소정의 연장된 기간 동안 데이터를 저장하기 위해 컴퓨터 시스템(100)에 의해 사용되는 바와 같은 메모리 또는 다른 영구 저장 장치와 같은 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 영구 저장 장치(130)는 컴퓨터 시스템(100) 내의 프로세서(110)에 의해 사용되는 바와 같은 비휘발성 메인 메모리를 포함할 수 있다. 영구 저장 장치(130)는 예를 들어 플래시 메모리, 하드 디스크, 광 디스크 또는 다른 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함할 수 있다.
- [0039] 입출력 인터페이스(150)는 키보드, 마우스, 음성 명령 입력, 디스플레이 또는 다른 입력 또는 출력 장치에 대한 인터페이스들을 포함할 수 있다. 구성 명령들 및/또는 야적되비 적재량의 산출 검증을 위한 정보가 입출력 인터페이스(150)를 통해 수신될 수 있다.
- [0040] 네트워크 인터페이스(160)는 근거리 네트워크 또는 인터넷과 같은 네트워크들에 대한 하나 이상의 인터페이스를 포함할 수 있다. 네트워크 인터페이스(160)는 유선 또는 무선 접속들에 대한 인터페이스들을 포함할 수 있다. 구성 명령들 및/또는 야적되비 적재량의 산출 검증을 위한 정보는 네트워크 인터페이스(160)를 통해 수신될 수 있다.
- [0041] 또한, 다른 실시예들에서 컴퓨터 시스템(100)은 도 1의 구성요소들보다 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(100)은 상술한 입출력 인터페이스(150)와 연결되는 입출력 장치들 중 적어도 일부를 포함하도록 구현되거나 또는 트랜시버(transceiver), GPS(Global Positioning System) 모듈, 카메라, 각종 센서, 데이터베이스 등과 같은 다른 구성요소들을 더 포함할 수도 있다.
- [0043] 도 2는 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템을 나타내는 블록도이다.
- [0044] 도 2는 도 1의 일 실시예에 따른 컴퓨터 시스템(100)의 프로세서(110)가 포함할 수 있는 구성요소의 예를 도시한 도면이다. 여기서, 컴퓨터 시스템(100)의 프로세서(110)는 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템(200)을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템(200)은 식생지수 도출부(220) 및 식생지수 특성 분석부(230)를 포함할 수 있고, 정확도 검증부(240)를 더 포함할 수 있다. 실시예에 따라 다중분광영상 수집부(210)를 더 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0045] 프로세서(110) 및 프로세서(110)의 구성요소들은 도 3의 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법이 포함하는 단계들(310 내지 340)을 수행할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(110) 및 프로세서(110)의 구성요소들은 메모리(120)가 포함하는 운영체제의 코드와 상술한 적어도 하나의 프로그램 코드에 따른 명령(instruction)을 실행하도록 구현될 수 있다. 여기서, 적어도 하나의 프로그램 코드는 수계오염원 모니터링 방법을 처리하기 위해 구현된 프로그램의 코드에 대응될 수 있다.
- [0046] 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법은 도시된 순서대로 발생하지 않을 수 있으며, 단계들 중 일부가 생략되거나 추가의 과정이 더 포함될 수 있다.
- [0048] 도 3은 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0049] 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 컴퓨터 장치를 통해 구현되는 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법은, 저수지의 수생식물 서식지의 분석을 위해 식생지수를 도출하는 단계(320), 및 기설정된 시기별 식생지수의 평균값의 분석을 통해 수생식물의 식생지수 특성을 분석하는 단계(330)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0050] 또한, 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교를 통한 추출 정확도를 검증하는 단계(340)를 더 포함할 수 있다.
- [0051] 또한, 무인항공기의 자율 비행을 통해 저수지에 대한 다중분광영상을 수집하는 단계(310)를 더 포함하고, 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 식생지수를 기반으로 저수지의 수생식물 서식지를 분석할 수 있다.

- [0053] 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법은 도 2에서 설명한 일 실시예에 따른 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 시스템을 예를 들어 보다 상세히 설명할 수 있다.
- [0054] 단계(310)에서, 다중분광영상 수집부(210)는 무인항공기의 자율 비행을 통해 저수지에 대한 다중분광영상을 수집할 수 있다. 이에 따라 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 식생지수를 기반으로 저수지의 수생식물 서식지를 분석할 수 있다.
- [0055] 다중분광영상 수집부(210)는 무인항공기의 운용 전 다중분광영상의 반사도 보정을 위해 반사패널을 촬영할 수 있다. 다중분광영상 수집부(210)는 무인항공기에 센서를 장착하여 각 분광 밴드별로 총 5개의 정사영상을 도출하고, 각 분광 밴드별 정사영상을 활용하여 저수지의 수생식물 서식지를 분석하기 위해 식생지수를 분석할 수 있다.
- [0056] 단계(320)에서, 식생지수 도출부(220)는 저수지의 수생식물 서식지의 분석을 위해 식생지수를 도출할 수 있다. 이 때, 식생지수 도출부(220)는 저수지의 수생식물 서식지 분석을 위해 NDVI, ENDVI, NGRDI, GNDVI, NDREI로 이루어진 5개의 식생지수를 도출할 수 있다.
- [0057] 단계(330)에서, 식생지수 특성 분석부(230)는 기설정된 시기별 식생지수의 평균값의 분석을 통해 수생식물의 식생지수 특성을 분석할 수 있다.
- [0058] 단계(340)에서, 정확도 검증부(240)는 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 수생식물지역 분포 파악 시, 식생지수들을 비교 분석하여 최적의 식생지수를 도출할 수 있다.
- [0059] 일례로, 정확도 검증부(240)는 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 표준편차가 다른 식생지수보다 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증할 수 있다. 다른 예로, 정확도 검증부(240)는 식생지수 기반의 수생식물 서식지의 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교 시, 수생식물과 수면의 식생지수 값의 차이가 가장 큰 NDVI 및 GNDVI 중 적어도 어느 하나 이상의 식생지수를 도출한 후 추출 정확도를 검증할 수 있다.
- [0060] 이에 따라 식생지수에 대한 수생식물지역의 특성 파악에 가장 효과적인 식생지수 도출 및 식생지수 기반의 수생식물지역 추출 결과와 실제 수생식물 분포와의 비교를 통한 추출 정확도를 검증할 수 있다.
- [0061] 이와 같이, 실시예들에 따르면 UAV 영상 기반 수생식물지역 분포 파악 시 활용 가능한 최적의 식생지수를 도출할 수 있다. 또한 실시예들에 따르면 UAV 기반 소규모 저수지의 수생식물 탐지 기술을 제공할 수 있다.
- [0063] 아래에서는 하나의 실시예를 통해 무인항공기 기반 다중분광영상을 활용한 소규모 저수지의 수생식물 탐지 방법 및 시스템을 보다 구체적으로 설명한다.
- [0064] 실시예
- [0065] 대한민국 경주시에 위치하는 소규모 저수지를 대상으로 UAV의 다중분광 영상을 활용하여 수생식물의 서식 분포를 분석하고자 하였다. 이를 위해 (1) 수생식물에 대한 분광특성을 분석하였고, (2) 다양한 식생지수를 활용하여 수생식물 서식 분포 추출을 위한 방법을 도출하고자 하였다.
- [0066] 본 실시예는 대한민국 경상북도 경주시에 위치한 하염불지(N 35.801, E 129.186)를 대상으로 연구를 수행하였다. 하염불지(Hayeombulji)의 면적은 47.103m²이고, 폭은 두 지역 모두 약 230m, 깊이는 4~5m 정도이다. 두 저수지는 여름철 농경지에 물을 공급하기 위한 농업용수로 활용되고 있어 수위 변화와 수질 현황을 지속적으로 조사할 필요가 있는 지역이다.
- [0068] UAV 자료 수집
- [0069] UAV 자료는, 예를 들어 BEVA사에서 제작한 Firefly 기체에 MicaSense의 RedEdge 다중분광카메라를 탑재하여 영상정보를 취득하였다. Firefly는 회전익과 고정익이 병행되는 기체로서 이착륙 시에는 회전익 모드로 설정되어 수직으로 기체 이동이 가능하고, 비행 시에는 고정익 모드로 전환되어 수평으로 기체가 이동하여 영상정보를 취

특하게 된다. 따라서 Firefly은 회전익 기체의 단점인 짧은 비행시간과 고정익 기체의 단점인 이착륙 공간 확보를 보완한 UAV 기체이다. MicaSense RedEdge 다중분광카메라는 총 5개의 분광 밴드(Blue, Green, Red, Near IR, Red Edge)로 구성되어 있다.

[0070] 도 4는 일 실시예에 따른 비행경로 설정과 운용 모습을 나타내는 도면이다.

[0071] UAV 영상촬영은 총 4차례(2018년 4월 25일, 5월 20일, 6월 25일, 10월 24일)에 걸쳐 수행하였다. 도 4에 도시된 바와 같이, 비행경로는 대상지 주변의 지형과 지물의 특성을 고려하여 Firefly 6 planner를 이용하여 설정하였고, 4월 25일에 최초로 비행경로를 설정한 이후에는 동일한 비행경로로 UAV를 운용하였다. 운용시 영상의 중복률은 80%, 비행시간은 약 20분 내외, 비행고도는 150m로 설정하였다. 다중분광영상의 반사도 보정을 위해 반사패널(reflectance panel)을 촬영하였고, Firefly 6 planner에서 시작버튼을 눌러 UAV를 운용하였다. UAV에서 촬영된 영상은 PIX4D Software 2.1 (PIX4D: Lausanne, Switzerland, 2016)을 이용하여 각 밴드별로 총 5개의 정사영상을 제작하였다.

[0073] 영상자료 분석

[0074] 각 밴드별 정사영상 자료를 활용하여 저수지의 수생식물 서식지를 분석하기 위해 식생지수를 분석하였다. 식생지수는 기존 널리 활용되고 있는 NDVI (Normalized difference vegetation index)를 포함하여 ENDVI (Extended normalized difference vegetation index), NDREI (Normalized difference red edge index)와 NGRDI (Normalized green red difference index), GNDVI (Normalized green-Red difference index green NDVI)의 총 5가지의 식생지수를 분석하였다. 분석 S/W는 ArcGIS 10.2를 활용하였다.

[0075] 표 1은 다중 스펙트럼 이미지를 사용한 식생 지수를 나타낸다.

[0076] [표 1]

Name	Abbrev.	Formula
Blue	R _b	R _b
Green	R _g	R _g
Red	R _r	R _r
RedEdge	R _{re}	R _{re}
Near-infrared	R _{nir}	R _{nir}
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$(R_{nir}-R_r)/(R_{nir}+R_r)$
Enhance Normalized Difference Vegetation Index	ENDVI	$[(R_{nir}+R_g)-(2\times R_b)]/[(R_{nir}+R_g)+(2\times R_b)]$
Normalized Difference RedEdge Index	NDREI	$(R_{nir}-R_{re})/(R_{nir}+R_{re})$
Normalized Green-Red Difference Index	NGRDI	$(R_g-R_r)/(R_g+R_r)$
Green NDVI	GNDVI	$(R_{nir}-R_g)/(R_{nir}+R_g)$

[0077]

[0078] 그리고 각 식생지수 간의 특성을 비교하였고, 수생식물을 가장 효과적으로 추출할 수 있는 식생지수를 도출하였으며, 시기별로 식생지수를 비교하여 수생식물의 서식지 변화를 분석하였다.

[0079] 도 5는 일 실시예에 따른 Profile 분석을 위한 단면 설정을 나타내는 도면이다.

[0080] 식생과 수표면 등 지표면의 유형에 따라 분광 반사도와 식생지수의 특성을 파악하기 위해 profile 분석을 실시하였다. 도 5에 도시된 바와 같이, profile 분석은 대상지역에서 식생지역과 수표면이 분포하는 일부 구간을 대상으로 ArcGIS 10.2에서 1m 간격의 polyline을 설정한 후, 각 구간에 해당하는 밴드별 반사도와 식생지수에 대한 평균값을 산출하였다. polyline에 구축된 정보를 바탕으로 수생식물의 서식 유무에 따른 분광 반사도와 식생지수의 특성을 분석하였다.

[0082] 식생지역의 분광특성

[0083] 도 6은 일 실시예에 따른 분광 파장대별 Profile 분석 결과를 나타내는 도면이다.

- [0084] 도 6을 참조하면, 분광 밴드별 반사도에 대해 profile 분석을 실시한 결과이다. 시기별로 밴드별 반사도 특성을 비교하여 보면, 4월 25일은 A에 가까운 저수지의 가장자리 지역일수록 모든 분광 밴드별로 반사도가 높은 것으로 나타났으며, 그 중에서도 Rnir과 Rre의 반사도가 다른 밴드에 비해 반사도가 높았다. 그 외 지역에서는 분광 밴드별로 반사도의 차이가 크지 않았다.
- [0085] 5월 20일과 6월 25일은 4월 25일의 결과와 달리 곳곳에 분광 밴드의 반사도가 증가하는 패턴을 보이고 있는데, 이는 수변식물과 수생식물의 서식지역에 위치할 경우 반사도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 수변식물(waterside plant)에서는 Rnir의 반사도가 가장 높았고, 수생식물에서는 Rre의 반사도가 다소 높은 것으로 확인되었다. 다만, 다른 분광 밴드에 비해 Rr과 Rb 밴드의 반사도는 큰 변화가 없었다. 수변식물에서는 다른 밴드와 유사한 증가 및 감소의 패턴을 보이고 있으나, 수생식물에서는 Rnir과 Rre, Rg 밴드와 달리 반사도의 차이가 거의 없었다. 이는 도 6의 (c)와 같이 수생식물 서식공간에 대한 분광 밴드별 반사도의 특징이라 할 수 있는데, 수생식물은 수면에 잠겨있거나 떠 있기 때문에 수면에 대한 분광 반사도의 영향이 많을 수 있어 수면에 잠겨있지 않고 서식하는 수변식물과 분광 반사도의 특징이 상이할 수 있다. 따라서 이와 같이 profile 분석을 통해 수면과 식생지역, 그리고 식생지역에서도 수생식물과 수변식물의 서식공간에 따라 분광 밴드별 반사도의 차이가 뚜렷한 것을 알 수 있었다.
- [0087] 식생지수 분석결과
- [0088] 도 7은 일 실시예에 따른 식생지수 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- [0089] 도 7을 참조하면, 분광 밴드별 반사도를 이용하여 다양한 식생지수를 분석한 결과이다. 모든 식생지수들은 6월 25일에 가장 높은 값을 보이고 있었는데, 4월 25일의 평균 식생지수는 가장 낮은 반면에(NDVI: 0.139, ENDVI: 0.095, NDREI: 0.086, NGRDI: 0.123, GNDVI: 0.017), 6월 25일(NDVI: 0.820, ENDVI: 0.368, NDREI: 0.164, NGRDI: 0.198, GNDVI: 0.222)은 가장 높은 수치를 보이고 있다. 즉, 약 2개월 동안 수생식물의 서식이 급격하게 증가한 것으로 확인되었다. 6월은 대한민국에서 기온이 약 30° C에 육박하는 매우 무더운 여름철 시점으로서 식물의 생산 활동도 매우 활발한 시기이다. 그래서 저수지의 수생식물의 서식도 이 시기에 매우 활발하여 식생지수가 가장 높은 것으로 판단된다. 또한, 식생지수가 높은 0.4 이상의 지역은 저수지의 가장자리에서 내부지역으로 점차 확대되는 경향을 보이고 있으며, 이는 수생식물의 서식공간도 가장자리에서 내부로 증대되고 있음을 의미한다. 이후, 10월 24일은 기온이 서서히 낮아지는 가을철로 식생지수(NDVI: 0.388, ENDVI: 0.361, NDREI: 0.148, NGRDI: 0.200, GNDVI: 0.203)가 6월에 비해 크게 감소한 것으로 나타났다.
- [0090] 식생지수별 특성을 살펴본 결과, 4월 25일(NDVI: 0.139, ENDVI: 0.095, NDREI: 0.086, NGRDI: 0.123, GNDVI: 0.017)과 5월 20일(NDVI: 0.140, ENDVI: 0.101, NDREI: 0.076, NGRDI: 0.072, GNDVI: 0.071)에서는 식생지수별로 평균 값의 차이는 약 0.1 정도로 차이가 크지 않았다. 그러나 6월 25일에서는 NDVI와 다른 식생지수의 차이(ENDVI: 0.451, NDREI: 0.656, NGRDI: 0.622, GNDVI: 0.598)가 월등하게 높은 것으로 나타났다. NDVI는 Rnir과 Rr 영역대의 분광 밴드를 이용하여 계산한다. 식생지역에서는 Rnir의 반사도가 가장 높았고, Rr의 파장대가 가장 낮아 두 파장의 반사도 차이가 가장 큰 것으로 확인되었다. 그렇기 때문에 NDVI가 다른 식생지수에 비해 높은 것으로 판단된다.
- [0091] 반면에, GNDVI와 NDREI는 식생지수가 낮았다. 수생식물의 서식이 활발하기 이전인 4월 25일과 5월 20일에는 GNDVI(4월 25일: 0.017, 5월 20일: 0.071)이 가장 낮았고, 수생식물의 서식이 활발한 6월 25일과 10월 24일에서는 NDREI(6월 25일: 0.164, 10월 24일: 0.148)이 가장 낮았다.
- [0092] 도 8은 일 실시예에 따른 시기에 따른 식생지수별 평균값을 나타내는 도면이다.
- [0093] GNDVI는 Rnir과 Rg 영역대의 분광 밴드를 이용하는데, Rnir과 Rre를 이용하는 NDREI에 비해 Rnir과 Rg의 차이가 더 크기 때문에 GNDVI가 NDREI에 비해 클 수 있으나, 도 8에서도 알 수 있듯이 GNDVI는 4월 25일과 5월 20일은 -0.2 이하의 식생지수 지역이 저수지의 대부분을 차지하고 있는 반면, NDREI는 -0.2에서 0 사이의 식생지수가 많은 면적을 차지하고 있어 GNDVI가 NDREI 보다 식생지수가 평균적으로 낮았다. 6월 25일과 10월 24일은 GNDVI에서 식생지수가 높은 0.4 이상의 지역이 많이 증가한 반면에, NDREI는 저수지 가장자리에서 식생지수가 증가하였으나 그 외의 지역에서는 큰 증가가 없었다.
- [0095] 수생식물의 식생지수 특성

[0096] 도 9는 일 실시예에 따른 시기에 따른 식생지수별 Profile 분석결과를 나타내는 도면이다.

[0097] 도 9에 도시된 바와 같이, 지표면의 특성에 따라 식생지수별 특성을 구체적으로 살펴보기 위해 profile 분석을 실시하였다. 식생지역에서는 NDVI가 가장 높은 것으로 나타났다. 그리고 4월 25일과 5월 20일에서는 GNDVI가 식생지역에서 높았으나, 6월 25일과 10월 24일은 ENDVI가 높았다. NGRDI는 식생지역에서는 식생지수 값이 낮지만, 수면에서는 NDVI와 ENDVI보다 높았다. 수면에서는 모든 파장대의 차이가 크지 않으나, 식생지역에서는 Rnir과 Rre의 파장대에서 반사도가 높았기 때문에 Rg과 Rr 파장을 활용하여 산출된 NGRDI의 식생지수는 식생지역에서는 낮고 수면지역에서는 오히려 높은 것으로 나타났다.

[0098] 시기별로는 앞선 분석결과와 동일하게 6월 25일에서 식생지수가 가장 높았다(NDVI: 0.448, ENDVI: 0.414, NDREI: 0.178, NGRDI: 0.209, GNDVI: 0.285). 특히 NDVI와 ENDVI이 수생식물의 서식이 활발하지 않은 4월 25일에 비해 식생지수의 차이가 뚜렷한 것으로 나타났다(NDVI: 0.334, ENDVI: 0.339, NDREI: 0.130, NGRDI: 0.086, GNDVI: 0.304). 또한, 도 9의 (c)에 도시된 바와 같이 기준에 수면이었기 때문에 식생지수가 높지 않은 지역도 6월 25일에서는 식생지수가 높은 것으로 나타났다. 이는 앞서 도 6의 (c)에서와 같이 수생식물의 서식공간이 생겼기 때문이라 판단된다.

[0099] 표 2는 Profile 분석 결과에서 식생지수별 평균(Mean), 최대값(Max.), 최소값(Min.), 그리고 표준편차(S.D.)를 분석한 결과이다.

[0100] [표 2]

Date		NDVI	ENDVI	NDREI	NGRDI	GNDVI
04/25/2018	Mean	0.104	0.075	0.048	0.123	-0.019
	Max.	0.526	0.459	0.218	0.206	0.431
	Min.	-0.059	-0.015	-0.040	-0.037	-0.019
	S.D.	0.091	0.067	0.047	0.053	0.122
05/20/2018	Mean	0.147	0.099	0.074	0.075	0.075
	Max.	0.558	0.417	0.291	0.128	0.476
	Min.	-0.023	-0.021	-0.033	-0.035	-0.095
	S.D.	0.122	0.076	0.069	0.018	0.123
06/25/2018	Mean	0.448	0.414	0.178	0.209	0.285
	Max.	0.868	0.792	0.533	0.458	0.709
	Min.	0.084	0.170	0.014	-0.101	-0.077
	S.D.	0.211	0.163	0.128	0.095	0.207
10/24/2018	Mean	0.342	0.327	0.103	0.203	0.147
	Max.	0.701	0.672	0.380	0.282	0.645
	Min.	0.147	0.183	-0.104	-0.094	-0.122
	S.D.	0.145	0.136	0.103	0.085	0.221

[0101]

[0102] 식생지역과 수면지역의 구분은 6월 25일에서 명확하게 차이가 구분되었다. 표 2의 표준편차 결과를 보면, 6월 25일의 표준편차(NDVI: 0.211, ENDVI: 0.163, NDREI: 0.128, NGRDI: 0.095, GNDVI: 0.207)가 가장 큰 것으로 확인되었다. 즉, 식생지역과 수면지역의 식생지수 차이가 크기 때문에 표준편차도 크게 되며, 식생지역과 수면지역이 명확하게 구분된다는 것을 의미한다. 식생지수별로는 NDVI(4월 25일: 0.091, 5월 20일: 0.122, 6월 25일: 0.211, 10월 24일: 0.145)와 GNDVI(4월 25일: 0.122, 5월 20일: 0.123, 6월 25일: 0.207, 10월 24일: 0.221)의 표준편차가 다른 식생지수보다 큰 것으로 확인되었다. 따라서 NDVI와 GNDVI가 식생지역을 추출하는데 다른 식생지수보다 보다 효과적일 것으로 판단된다.

[0103] 도 10은 일 실시예에 따른 NDVI와 각 식생지수(ENDVI, NDREI, NGRDI, GNDVI) 간의 산점도 분석 결과를 나타내는 도면이다.

[0104] 도 10을 참조하면, NDVI와 각 식생지수(ENDVI, NDREI, NGRDI, GNDVI) 간의 산점도 분석 결과(●: ENDVI, ○: NDREI, ▼: NGRDI, △: GNDVI)를 나타내며, 식생지역과 수면지역의 특성에 따른 식생지수 간의 변화 양상을 파악하기 위해 NDVI를 기준으로 각 식생지수 간의 산점도를 분석한 결과이다. 4월 25일에서는 NGRDI를 제외한 모든 식생지수는 NDVI와 양(+)의 상관성을 보였다. 특히, ENDVI와의 상관관계가 매우 높은 것으로 확인되었다($R^2 = 0.9189$). NGRDI는 NDVI와 음(-)의 상관성을 보이고 있으나, 상관성이 매우 낮았다($R^2 = 0.1306$). 5월 20일에서는 모든 식생지수가 NDVI와 양의 상관성을 보였으나, NGRDI의 설명력은 18.81%로 매우 낮았다. 6월 25일에서는 모든 식생지수에서 NDVI와의 상관관계 설명력이 50% 이상으로 나타났으며, 특히 GNDVI와 ENDVI의 상관관계

가 매우 높았다($GNDVI$'s $R^2 = 0.9168$, $ENDVI$'s $R^2 = 0.9715$). 10월 25일은 4월 25일과 유사하게 $NGRDI$ 를 제외한 식생지수들이 $NDVI$ 와 양의 상관성을 보였다.

[0105] 결과적으로, $NDVI$ 와 상관성이 높은 식생지수는 $GNDVI$, $ENDVI$, 그리고 $NDREI$ 로 식생지역과 수면지역 등 저수지 수공간의 피복유형에 따라 동일한 특성을 보이는 것으로 확인되었다. 반면에, $NGRDI$ 는 $NDVI$ 와의 상관성이 낮았으며, 식생의 활력도가 높은 여름철(6월 25일)을 제외한 모든 시기에서 음의 상관성으로 반대의 경향성을 보이는 것으로 확인되었다.

[0107] 도 11은 일 실시예에 따른 6월 25일을 대상으로 $NDVI$ 와 $GNDVI$ 를 활용한 수생식물지역을 추출한 결과를 나타내는 도면이다.

[0108] UAV의 다중분광영상에서 분석된 다양한 식생지수에 대해 수생식물지역의 특성을 분석한 결과, $NGRDI$ 를 제외한 모든 식생지수에 식생지역의 유무에 따라 유사한 경향성을 보이는 것으로 확인되었다. 선행연구에서도 알 수 있듯이, $NGRDI$ 는 R_r 과 R_g 과장을 이용하기 때문에 녹색을 띄는 녹조를 탐지하거나, 식물의 활력도가 높아 식물 잎이 녹색으로 나타나는 여름철 시기에 식물 특성을 분석하는데 유용할 것으로 판단된다. 그러나 R_r 과 R_g 는 수 공간에서 식생지역과 수면지역의 반사도 차이가 크지 않기 때문에 $NGRDI$ 를 활용하는 것은 수생식물의 특성을 파악하는데 한계가 있는 것으로 사료된다.

[0109] $NGRDI$ 를 제외한 나머지 식생지수 중에서 수생식물지역을 가장 효과적으로 탐지하는 식생지수는 $NDVI$ 와 $GNDVI$ 이었다. 그 이유는 $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 수생식물과 수면의 식생지수 값의 차이가 가장 크기 때문에 명확하게 구분되었다. $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 수생식물을 추출할 수 있는지를 확인하기 위해 도 11에 도시된 바와 같이 수생식물이 활발하게 서식하는 6월 25일을 대상으로 $NDVI(0.35 이상)$ 와 $GNDVI(0.25 이상)$ 에서 일정범위를 설정하여 수생식물지역을 추출하였다. $NDVI$ 와 $GNDVI$ 은 수생식물 면적의 차이가 다소 있었으나(B지역), RGB 영상에서 실제 수생식물의 분포와 비교하였을 때 분포 형태가 유사한 것으로 확인되었다. 그리고 면적은 $GNDVI$ 가 더욱 컸다. 이러한 결과는 어떤 식생지수가 수생식물지역을 탐지하는데 더욱 효과적이라는 것을 파악하는데 어렵다. 왜냐하면, 본 대상지역에서 정확한 수생식물지역을 알지 못하기 때문이다. 그러나 수생식물의 서식지 변화를 모니터링하기 위해 본 실시예에서 얻어진 식생지수 값을 이용할 수 있을 것이다.

[0110] 이와 같이 다양한 식생지수에 대해 수생식물지역의 특성을 분석한 결과, $NGRDI$ 를 제외한 모든 식생지수에서 식생지역의 유무에 따라 유사한 경향성을 보이는 것으로 확인되었다. 그러나 $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 수생식물과 수면의 식생지수 값 차이가 가장 크기 때문에 명확하게 구분되는 것으로 나타났다. $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 수생식물을 추출할 수 있는지를 확인하기 위해 도 11과 같이 수생식물이 활발하게 서식하는 6월 25일을 대상으로 $NDVI(0.35 이상)$ 와 $GNDVI(0.25 이상)$ 에서 일정범위를 설정하여 수생식물지역을 추출하였다. $NDVI$ 와 $GNDVI$ 은 수생식물 면적의 차이가 다소 있었으나(B지역), RGB 영상에서 실제 수생식물의 분포와 비교하였을 때 분포 형태가 유사한 것으로 확인되었다.

[0111] 결과적으로 다양한 식생지수를 활용하여 수생식물의 서식지 분포를 추출한 결과, $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 유용한 식생지수로 판단된다. 그러나 수생식물 지역을 추출하기 위해서는 보다 정확한 식생지수 값을 적용하는 것이 필요하다.

[0112] 이상과 같이, 다양한 식생지수에 대해 수생식물지역의 특성을 분석한 결과, $NGRDI$ 를 제외한 모든 식생지수에서 식생지역의 유무에 따라 유사한 경향성을 보이는 것으로 확인되었다. 그러나 $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 수생식물과 수면의 식생지수 값 차이가 가장 크기 때문에 명확하게 구분되는 것으로 나타났다. $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 수생식물을 추출할 수 있는지를 확인하기 위해 도 11과 같이 수생식물이 활발하게 서식하는 6월 25일을 대상으로 $NDVI(0.35 이상)$ 와 $GNDVI(0.25 이상)$ 에서 일정범위를 설정하여 수생식물지역을 추출하였다. $NDVI$ 와 $GNDVI$ 은 수생식물 면적의 차이가 다소 있었으나(B지역), RGB 영상에서 실제 수생식물의 분포와 비교하였을 때 분포 형태가 유사한 것으로 확인되었다.

[0113] 결과적으로 다양한 식생지수를 활용하여 수생식물의 서식지 분포를 추출한 결과, $NDVI$ 와 $GNDVI$ 가 유용한 식생지수로 판단된다. 그러나 수생식물 지역을 추출하기 위해서는 보다 정확한 식생지수 값을 적용하는 것이 필요하다.

[0115] 본 실시예들은 소규모 저수지를 대상으로 UAV 다중분광 영상을 활용하여 수생식물의 분광특성과 다양한 식생지

수에 의한 수생식물 서식 분포를 분석하였다.

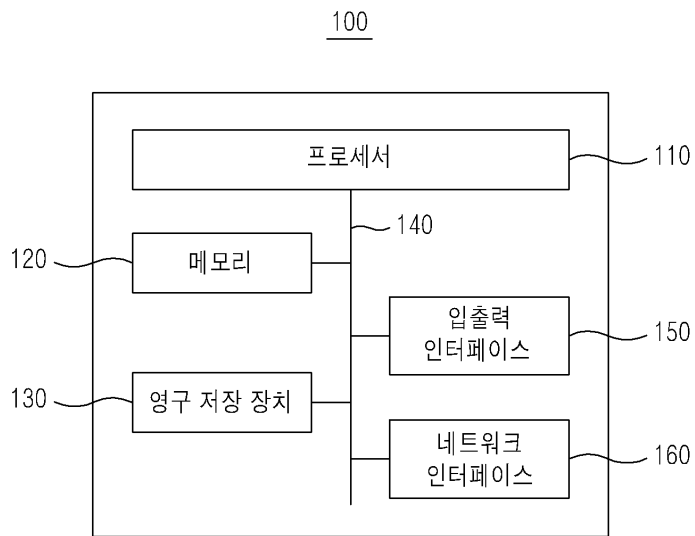
- [0116] 수생식물은 수 공간의 가장자리에 위치하는 수변식물의 경우에 R_{nir} 의 반사도가 가장 높은 것으로 나타났으나, 수면에 떠서 서식하는 수생식물은 R_{re} 의 반사도가 R_{nir} 보다 높았다. 이는 식물의 종에 따른 영향일 수도 있으나, 수면에 잠겨있는 여부에 따라 분광 반사도가 상이하기 때문일 것으로 판단된다. R_r 과 R_b 파장대의 반사도는 식생지역과 수면지역에 따라 차이가 거의 없었다.
- [0117] 식생지수는 기온이 가장 높은 계절인 6월 25일에 촬영한 시기에서 가장 높았고, 4월 25일이 가장 낮았다. 시기별 식생지수의 변화를 통해 수생식물의 서식지역은 저수지의 가장자리에서부터 점차 확대되는 것을 알 수 있었다. 식생지수별로 비교한 결과, 6월 25일에서 NDVI가 평균 0.820으로 가장 높았고, 다른 식생지수와의 차이도 약 0.2~0.4로 가장 컸다. 그러나 다른 시기에서는 NDVI가 가장 높긴 하였으나 차이가 0.1 정도로 크지 않았다. 이는 분광 파장대별 반사도의 특성에 기인한 것으로 NDVI는 반사도 차이가 가장 큰 R_{nir} 와 R_r 의 분광 파장대를 활용하기 때문이다. 반면에 GNDVI와 NDREI는 식생지수가 낮은 그룹에 속하였다. 수생식물의 서식이 활발하지 않은 4월 25일과 5월 20일에서는 GNDVI가 가장 낮았고, 수생식물의 서식이 활발한 6월 25일은 NDREI가 가장 낮았다.
- [0118] Profile 분석결과에서는 6월 25일에서 수생식물지역과 수면지역 간의 식생지수 차이가 가장 큰 것으로 나타났다. 또한, NDVI와 GNDVI가 다른 식생지수보다 편차가 커 수생식물지역을 추출하는데 효과적인 것으로 확인되었다. NDVI와 GNDVI는 수 공간의 피복특성에 따라 유사한 식생지수 경향을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 GNDVI는 수면지역일 경우 NDVI보다 매우 낮은 식생지수 값으로 나타나 수생식물지역과 수면지역 간의 차이가 더욱 뚜렷하였다.
- [0120] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0121] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0122] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0123] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

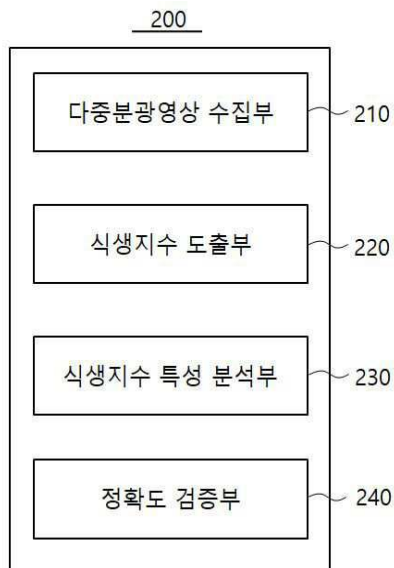
[0124] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

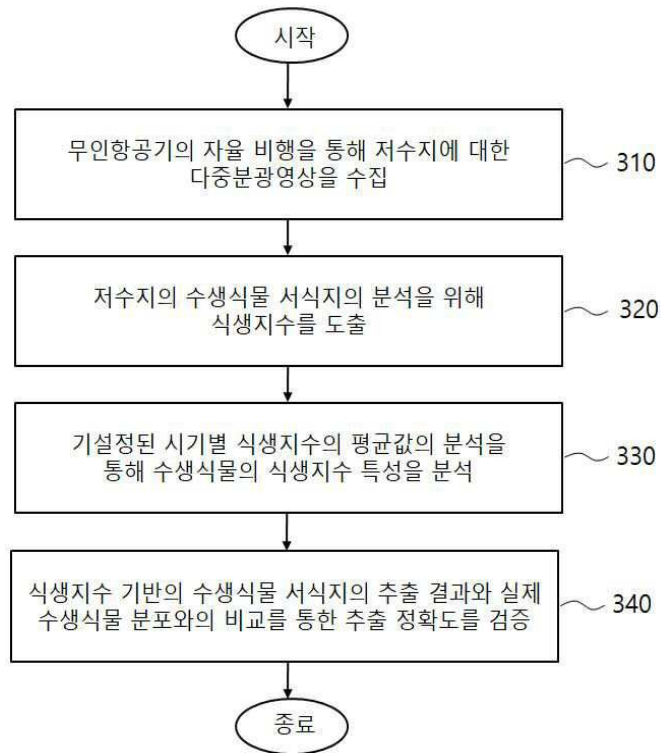
도면1



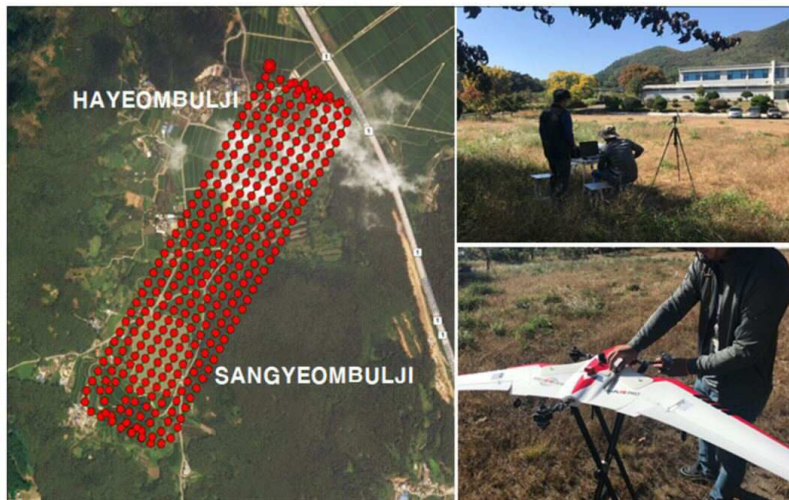
도면2



도면3



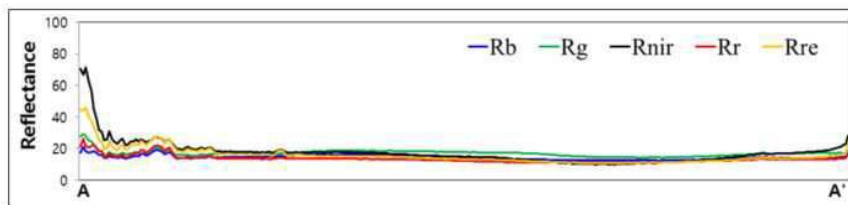
도면4



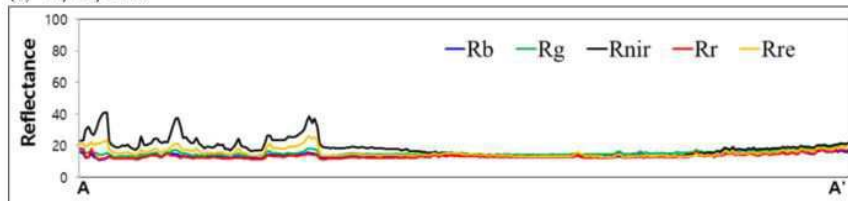
도면5



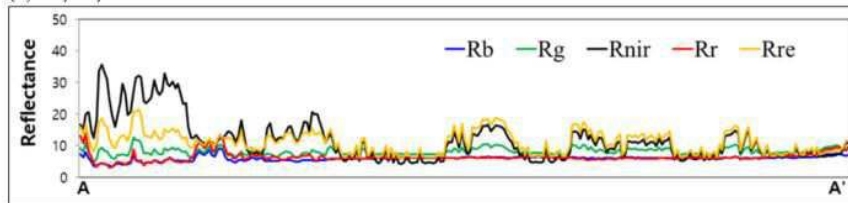
도면6



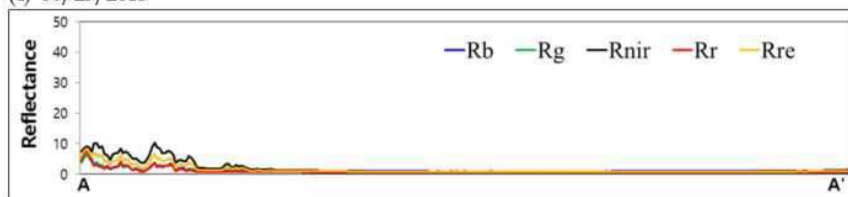
(a) 04/25/2018



(b) 05/20/2018

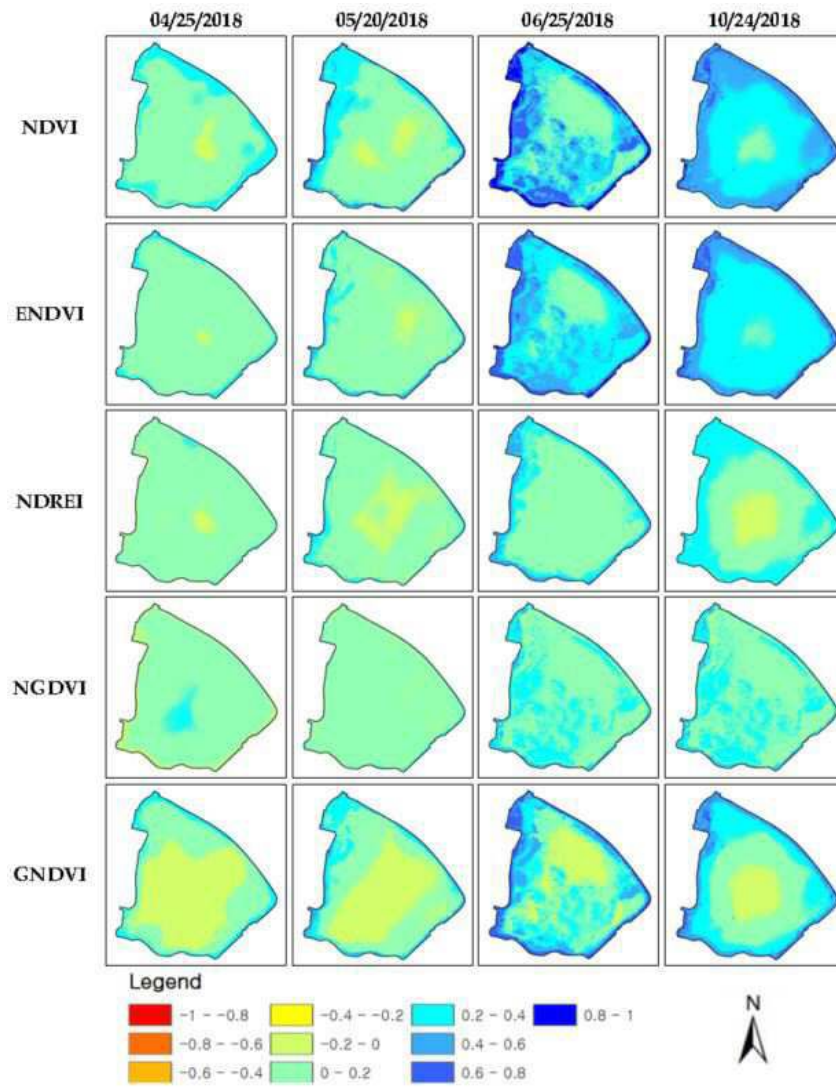


(c) 06/25/2018

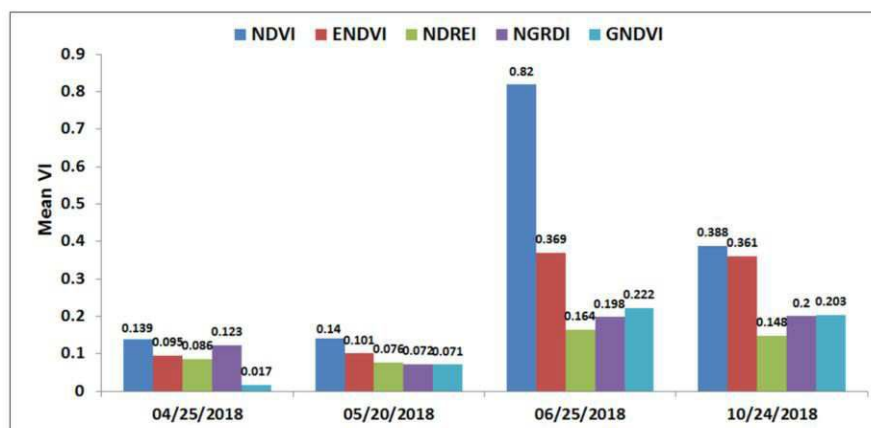


(d) 10/24/2018

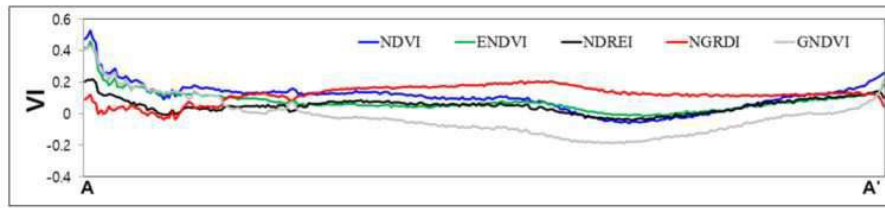
도면7



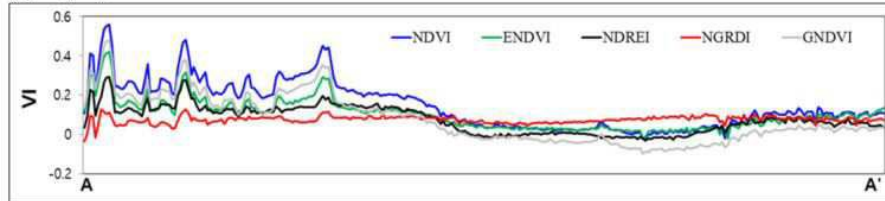
도면8



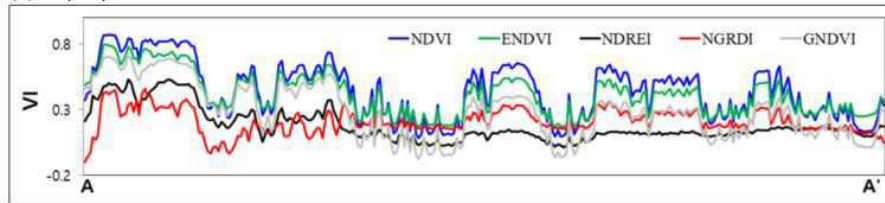
도면9



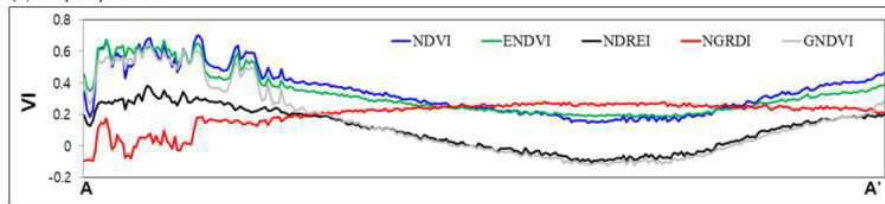
(a) 04/25/2018



(b) 05/20/2018

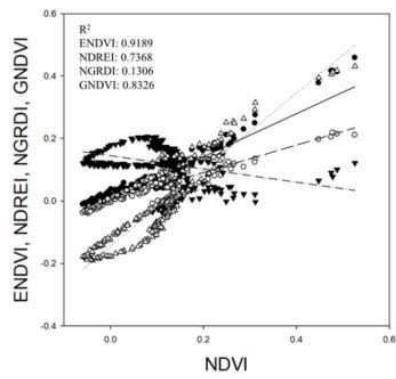


(c) 06/25/2018

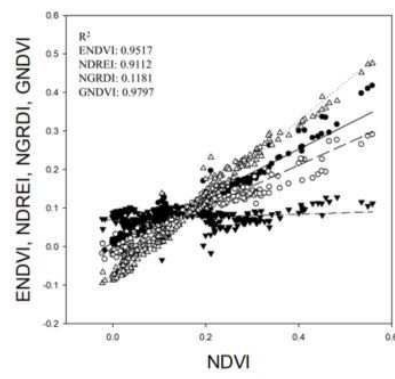


(d) 10/24/2018

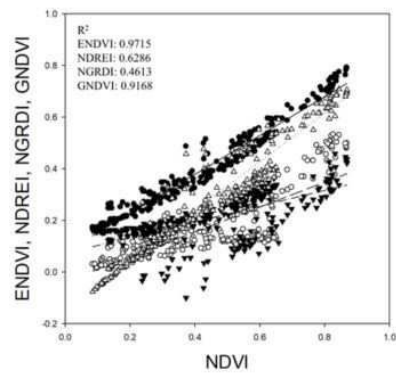
도면10



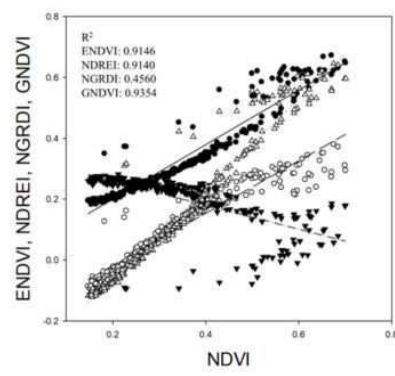
(a) 04/25/2018



(b) 05/20/2018



(c) 06/25/2018



(d) 10/24/2018

도면11

