



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0122381
(43) 공개일자 2022년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/26 (2012.01) B64C 39/02 (2006.01)
B64D 47/08 (2006.01) G01J 3/28 (2006.01)
G01J 5/48 (2006.01) G01N 15/06 (2006.01)
G06N 3/02 (2019.01) G06Q 50/10 (2012.01)
G06T 7/30 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/26 (2013.01)
B64C 39/024 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0026936

(22) 출원일자 2021년02월26일

심사청구일자 2021년02월26일

(71) 출원인

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)

낙동강수계관리위원회

경상남도 창원시 의창구 중앙대로250번길 5 (신월동, 낙동강유역환경청 내)

(72) 발명자

박경훈

경상남도 창원시 성산구 원이대로 774, 304동
1205호(상남동, 성원아파트)

문병현

경상남도 창원시 성산구 외동반림로 219, 110동
803호(반림동, 현대아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 15 항

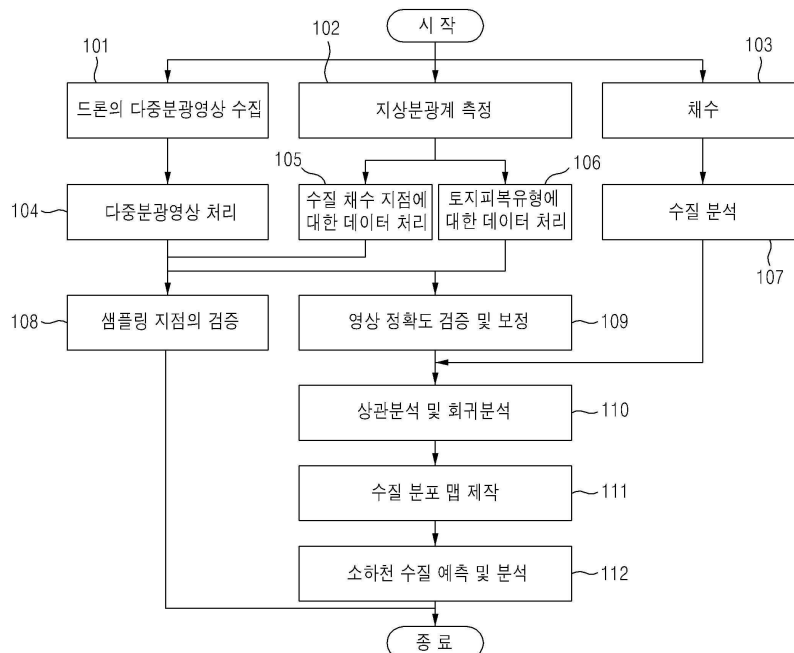
(54) 발명의 명칭 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템

(57) 요약

드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템이 제시된다. 일 실시예에 따른 컴퓨터 장치를 통해 구현되는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템에 의해 수행되는 수질현황 모니터링 방법은, 드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 대한 다중분광영상을 취득하는 단계; 및 상기 다중분광영상을 식생지수로 변

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



환한 후, 상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

[이 발명을 지원한 국가연구개발사업]

[부처명] 환경부

[과제관리(전문)기관명] 낙동강수계관리위원회

[연구사업명] 환경기초조사사업

[연구과제명] 드론을 활용한 유역환경 조사법 개선 및 야적퇴비 적재 등 비점오염원 현황조사

[과제수행기관명] 창원대학교 산학협력단

[연구기간] 2019.01.07~2019.12.06

(52) CPC특허분류

B64D 47/08 (2013.01)

G01J 3/28 (2013.01)

G01J 5/48 (2022.01)

G01N 15/06 (2013.01)

G06N 3/02 (2019.01)

G06Q 50/10 (2015.01)

G06T 7/30 (2017.01)

B64C 2201/127 (2013.01)

G06T 2207/10036 (2013.01)

(72) 발명자

송봉근

경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20-1, 85호관 606호(퇴촌동, 창원대학교)

김경아

경상남도 김해시 월산로 18(부곡동, 대동아파트)

배은택

부산광역시 해운대구 신반송로 29, 103동 706호(반송동, 벽산삼협한솔아파트)

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)

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 장치를 통해 구현되는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템에 의해 수행되는 수질현황 모니터링 방법에 있어서,

드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 대한 다중분광영상을 취득하는 단계; 및

상기 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계

를 포함하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 드론의 열적외선 카메라와 RGB 카메라를 통해 열적외선 영상과 RGB 영상을 취득하는 단계

를 더 포함하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

예측된 상기 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도와, 상기 열적외선 영상을 통해 파악된 수온 분포와 상기 RGB 영상을 통해 파악된 수온 흐름을 이용하여 녹조 발생 이전에 수질 현황과 녹조 발생 가능성을 파악하는 단계

를 더 포함하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계는,

상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 상기 수질인자의 상관관계를 상관분석 및 회귀분석을 통해 수질예측모형을 제작 후 분석하는 것

을 특징으로 하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계는,

상관분석 및 회귀분석을 통해 제작된 상기 수질예측모형에 식생지수들을 입력하여 수질오염에 기여하는 클로로필-a 및 영양염류인자를 파악하는 것

을 특징으로 하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 식생지수는 영상으로 획득되어, 식생지수 영상, 상기 열적외선 영상 및 상기 RGB 영상을 신경망 기반 수질예측모형에 입력하여 수질 분포 맵을 출력하는 단계

를 더 포함하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 다중분광영상을 취득하는 단계는,

취득된 상기 다중분광영상은 영상 처리를 통해 이미지들을 정합하여 지역의 지도로 활용되는 다중분광 정사영상으로 제작되는 것

을 특징으로 하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

각 지역마다 채수를 진행하여 수질분석을 실시하여 수질오염에 기여하는 상기 수질인자를 파악하는 단계

를 더 포함하는, 수질현황 모니터링 방법.

청구항 9

드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템에 있어서,

드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 대한 다중분광영상을 취득하는 다중분광영상 수집부; 및

상기 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 수질오염도 예측부

를 포함하는, 수질현황 모니터링 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 드론의 열적외선 카메라와 RGB 카메라를 통해 열적외선 영상과 RGB 영상을 취득하는 열적외선 영상 및 RGB 영상 수집부

를 더 포함하는, 수질현황 모니터링 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

예측된 상기 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도와, 상기 열적외선 영상을 통해 파악된 수온 분포와 상기 RGB 영상을 통해 파악된 수온 흐름을 이용하여 녹조 발생 이전에 수질 현황과 녹조 발생 가능성을 파악하는 녹조 가능성 판단부

를 더 포함하는, 수질현황 모니터링 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 수질오염도 예측부는,

상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 상기 수질인자의 상관관계를 상관분석 및 회귀분석을 통해 수질예측모형을 제작 후 분석하는 것

을 특징으로 하는, 수질현황 모니터링 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 수질오염도 예측부는,

상관분석 및 회귀분석을 통해 제작된 상기 수질예측모형에 식생지수들을 입력하여 수질오염에 기여하는 클로로필-a 및 영양염류인자를 파악하는 것

을 특징으로 하는, 수질현황 모니터링 시스템.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 식생지수는 영상으로 획득되어, 식생지수 영상, 상기 열적외선 영상 및 상기 RGB 영상을 신경망 기반 수질예측모형에 입력하여 수질 분포 맵을 출력하는 수질 분포 맵 제공부

를 더 포함하는, 수질현황 모니터링 시스템.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 다중분광영상 수집부는,

획득된 상기 다중분광영상은 영상 처리를 통해 이미지들을 정합하여 지역의 지도로 활용되는 다중분광 정사영상으로 제작되는 것

을 특징으로 하는, 수질현황 모니터링 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 실시예들은 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 드론에서 획득된 다양한 영상 데이터를 이용하여 녹조 현상을 일으키는 인자들을 파악하는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]최근 우리나라는 기후변화에 의한 영양염류의 수계 유입이 쉬워 부영양화 현상이 빈번하게 발생하여 녹조 발생이 증가하고 있다. 녹조가 발생될 경우 수 생태계를 파괴하고, 상수원 등 수자원 안전에도 직접적으로 영향을 미치게 된다. 현재 녹조현상을 모니터링하는 기술로는, 현장에 직접 물을 채수하여 분석하는 현장샘플링 기반의 연구와, 위성영상과 항공영상을 활용한 원격탐사 연구가 진행 중이다.

[0003]하지만 현장샘플링 분석에 경우에는 광범위한 지역을 모니터링하기 어렵고, 위성영상과 항공영상의 경우에는 해상도가 낮고 원하는 시기에 영상을 얻기 어려우며 다중분광대역의 영상이나, 수온파악, 물의 흐름 등을 파악하기에는 어려움이 있다.

[0004]이러한 문제점을 해결하기 위해, 최근 들어 무인항공기(UAV, 드론)을 이용한 원격탐사 연구가 진행 중이다. 드론은 낮은 고도에서 원하는 시점에 원하는 영역에 원하는 종류의 영상을 획득할 수 있기 때문에, 이러한 장점을 이용하여 녹조현상을 분석하는 연구가 진행되고 있다. 그러나 현재 드론을 이용한 녹조 모니터링 연구는 녹조의 발생 여부를 파악하여 녹조를 제거해야 하는 지역을 분류하는데 그 수준이 머물러 있다.

[0005]한국등록특허 10-1863123호는 이러한 자율주행 무인비행체 및 이동형 무인부체를 이용한 하천 녹조지도 작성 시스템에 관한 것으로, 하천 녹조의 공간적 분포 범위와 이동 현상을 표현하기 위해서 하천의 수질을 종방향과 횡방향뿐만 아니라 수심별 수질을 프로파일링하는 자율주행 무인비행체 및 이동형 무인부체를 이용한 하천 녹조지도 작성 시스템에 관한 기술을 기재하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1863123호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 실시예들은 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 녹조 발생 이전에 녹조 현상을 일으키는 인자들을 드론에서 획득된 다양한 영상 데이터를 이용하여 파악함으로써 녹조 발생을 미리 예측하고 효과적으로 대비하는 기술을 제공한다.

[0008] 실시예들은 녹조 발생의 가장 큰 원인이 되는 영양염류인자 및 간접적 지표인 클로로필-a를 드론의 다중분광영상과의 상관관계를 통해 파악하고, 파악된 영양염류인자에 따라서 녹조 발생 가능성을 예측할 수 있는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

[0009] 또한, 실시예들은 영양염류인자뿐만 아니라 드론의 열적외선 영상을 통해 녹조 발생에 영향을 미치는 수온을 파악하고, 드론의 영상을 통해 물의 흐름을 파악하여, 녹조 발생 가능성을 더욱 정밀하게 예측하는 모델을 제공할 수 있는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 일 실시예에 따른 컴퓨터 장치를 통해 구현되는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템에 의해 수행되는 수질현황 모니터링 방법은, 드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 대한 다중분광영상을 취득하는 단계; 및 상기 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0011] 상기 드론의 열적외선 카메라와 RGB 카메라를 통해 열적외선 영상과 RGB 영상을 취득하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 예측된 상기 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도와, 상기 열적외선 영상을 통해 파악된 수온 분포와 상기 RGB 영상을 통해 파악된 수온 흐름을 이용하여 녹조 발생 이전에 수질 현황과 녹조 발생 가능성을 파악하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계는, 상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 상기 수질인자의 상관관계를 상관분석 및 회귀분석을 통해 수질예측모형을 제작 후 분석할 수 있다.

[0014] 상기 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계는, 상관분석 및 회귀분석을 통해 제작된 상기 수질예측모형에 식생지수들을 입력하여 수질오염에 기여하는 클로로필-a 및 영양염류인자를 파악할 수 있다.

[0015] 상기 식생지수는 영상으로 획득되어, 식생지수 영상, 상기 열적외선 영상 및 상기 RGB 영상을 신경망 기반 수질예측모형에 입력하여 수질 분포 맵을 출력하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 다중분광영상을 취득하는 단계는, 취득된 상기 다중분광영상은 영상 처리를 통해 이미지들을 정합하여 지역의 지도로 활용되는 다중분광 정사영상으로 제작될 수 있다.

[0017] 각 지역마다 채수를 진행하여 수질분석을 실시하여 수질오염에 기여하는 상기 수질인자를 파악하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 다른 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템은, 드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 대한 다중분광영상을 취득하는 다중분광영상 수집부; 및 상기 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 수질오염도 예측부를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0019] 상기 드론의 열적외선 카메라와 RGB 카메라를 통해 열적외선 영상과 RGB 영상을 취득하는 열적외선 영상 및 RGB 영상 수집부를 더 포함할 수 있다.

[0020] 예측된 상기 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도와, 상기 열적외선 영상을 통해 파악된 수온 분포와 상기 RGB 영상을 통해 파악된 수온 흐름을 이용하여 녹조 발생 이전에 수질 현황과 녹조 발생 가능성을 파악하는 녹조 가

능성 판단부를 더 포함할 수 있다.

- [0021] 상기 수질오염도 예측부는, 상기 다중분광영상 및 상기 식생지수와 상기 수질인자의 상관관계를 상관분석 및 회귀분석을 통해 수질예측모형을 제작 후 분석할 수 있다.
- [0022] 상기 수질오염도 예측부는, 상관분석 및 회귀분석을 통해 제작된 상기 수질예측모형에 식생지수들을 입력하여 수질오염에 기여하는 클로로필-a 및 영양염류인자를 파악할 수 있다.
- [0023] 상기 식생지수는 영상으로 획득되어, 식생지수 영상, 상기 열적외선 영상 및 상기 RGB 영상을 신경망 기반 수질예측모형에 입력하여 수질 분포 맵을 출력하는 수질 분포 맵 제공부를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 다중분광영상 수집부는, 취득된 상기 다중분광영상은 영상 처리를 통해 이미지들을 정합하여 지역의 지도로 활용되는 다중분광 정사영상으로 제작될 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 실시예들에 따르면 녹조 현상을 모니터링할 경우, 녹조 발생 이전에 녹조 발생 가능성을 미리 경고하고 모니터링 결과에 따라 대응하여 사전에 녹조 발생을 예방할 수 있는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템을 제공할 수 있다.
- [0026] 또한, 실시예들에 따르면 녹조 현상의 원인이 되는 영양염류인자를 현장 샘플링 없이 드론 영상을 통해 광범위한 영역에 대해 파악할 수 있어, 모니터링에 소요되는 시간과 자원을 크게 줄일 수 있는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템을 제공할 수 있다.
- [0027] 또한, 실시예들에 따르면 영양염류인자뿐만 아니라 영역 별 수온 현황과 물의 흐름을 파악하여, 녹조가 발생될 가능성을 정밀하게 예측할 수 있는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 일 실시예에 따른 다중분광영상과 수질인자 간의 상관관계를 분석하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템을 나타내는 블록도이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 드론에서 촬영한 다중분광영상을 변환한 식생지수 영상을 나타내는 도면이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 회귀분석에 따른 수질예측모형 제작 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 수질 분포 맵의 제작 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 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.
- [0031] 녹조는 발생 전에 미리 대처할 경우 그 피해가 적으나, 기존 연구와 같이 녹조현상을 나타내는 인자와 드론의 영상을 비교하여 녹조가 발생된 후에 녹조 현상을 파악할 경우, 이미 피해가 상당히 발생하였을 것이며 녹조를 제거하기 위한 대응에도 더 많은 자원이 소모된다.
- [0032] 아래의 실시예들은 녹조 발생 이전에 녹조 현상을 일으키는 인자들을 드론에서 획득된 다양한 영상 데이터를 이용하여 파악하여, 녹조 발생을 미리 예측하고 효과적으로 대비하고자 한다.
- [0033] 구체적으로, 실시예들은 녹조 발생의 가장 큰 원인이 되는 영양염류인자 및 간접적 지표인 클로로필-a를 드론의 다중분광영상과의 상관관계를 통해 파악하고, 파악된 영양염류인자에 따라서 녹조 발생 가능성을 예측할 수 있다. 또한, 실시예들은 영양염류인자뿐만 아니라 드론의 열적외선 영상을 통해 녹조 발생에 영향을 미치는 수온을 파악하고, 드론의 영상을 통해 물의 흐름을 파악하여 녹조 발생 가능성을 더욱 정밀하게 예측하는 모델을 제공할 수 있다.

- [0035] 도 1은 일 실시예에 따른 다중분광영상과 수질인자 간의 상관관계를 분석하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 본 실시예의 수행과정은 현장 측정을 통한 데이터 취득 및 전처리를 통한 기초자료수집(101~107), 측정된 데이터의 정확도 검증 및 보정(108, 109), 그리고 분석을 통해 소하천의 수질 분포 파악 및 평가(110~112) 과정으로 수행하였다.
- [0037] 수집된 자료의 정확한 비교분석을 위해 8월 9일, 9월 30일 두 시기에 대해 UAV 영상 촬영(101), 지상분광계 측정(102) 및 채수(103)를 실시하였다. UAV 운용 시에는 사전 현장조사를 통해 비행 지점을 선정하고, 촬영 및 비행에 대한 승인을 받은 후 진행하였다. 또한 정사영상 제작 시 기하보정을 실시하기 위해 사전에 RTK 장비를 활용하여 GCP(Ground Control Point)를 취득하였다.
- [0038] 비행 시에는 QgroundControl 어플리케이션을 사용하여 비행고도, 시간, 면적, 속도 등을 UAV 및 장착된 Red edge-M 다중분광 센서 사양을 고려하여 계획하였다. 비행 후 취득된 영상은 PIX4D mapper 소프트웨어에서 영상 전처리, 초기처리 및 기하보정, 포인트 클라우드 생성, 방사보정 및 최종처리작업을 실시(104)하여 Blue, Green, Red, Red edge, NIR(Near-infrared ray) 5가지 파장의 정사영상을 제작하였다. 기하보정 시에는 사전에 취득된 GCP를 활용하였다.
- [0039] 지상분광계 측정(102)은 연구 대상지 내 존재하는 대표적인 재질의 분광특성을 파악하기 위해 하천, 식생, 도로, 야적폐비, 비닐하우스 5가지 토지피복유형 및 수질 채수 지점에 대하여 측정(105, 106)을 실시하였다.
- [0040] 측정된 데이터는 본 실시예의 목적인 소하천의 수질 분포 파악을 위해 다음과 같은 과정에 활용하였다. UAV 영상의 검증 및 보정 과정에는 제작된 정사영상을 동일한 시기에 측정된 토지피복유형별 지상분광계 자료를 기준으로 다중분광 영상 보정에 적합한 회귀모델을 제작하여 영상의 검증 및 보정(109)을 실시하였다. 제작된 정사영상의 영상값 추출 시에는 ArcGIS 10.6 소프트웨어의 Zonal statistics 도구를 활용하였으며, 지상분광계 값은 Red edge-M 다중분광 센서 파장(Blue, Green, Red, Red edge, NIR)과 중첩되는 부분의 값을 추출하여 활용하였다. 수질 채수 지점에 대한 지상분광계 측정 데이터는 우선 토지피복 유형 중 콘크리트, 비포장도로, 아스팔트 등 도로 재질 측정 데이터와 분광특성 비교를 통해 지상분광계 측정값이 수면에 대한 측정값임을 확인하였다.
- [0041] 그 후, 채수 지점에 대한 지상분광계 측정값과 UAV 영상값의 상관분석을 실시(110)하여 수질과 UAV 영상의 비교 분석 시 활용한 UAV 영상값이 하천 바닥면의 영향을 배제한 수면의 값을 검증하는 과정에 활용하였다. 보정된 다중분광 영상(Blue, Green, Red, Red edge, NIR)은 식생, 녹조 탐지에 활용되는 식생지수 NDVI, NDRE, CIRE, CVI, GNDVI, NGRDI 영상 제작에 활용하였다. 제작된 영상은 각 수질 채수 지점에 대한 영상값 추출 후 채수한 시료의 BOD, COD, TN, TP, Chl-a, SS 수질 분석값과 상관분석을 통해 각 수질인자의 분광특성 및 분포 파악을 위한 파장영역을 확인하였다. 다음으로, 상관분석 결과 유의수준 0.05 범위($p < 0.05$)에서 상관관계를 보인 수질 항목은 수질예측모형을 개발하기 위해 회귀분석을 실시(110)하였다. 마지막으로, 회귀분석 결과 개발한 수질예측모형 중 가장 높은 설명력을 가지는 모형을 선정하여 ArcGIS 소프트웨어의 Raster calculator 도구를 통해 항목별 수질 분포 맵을 제작(111)하였다. 제작된 맵은 소하천 수질 분포 파악 가능성 분석, 농도가 높게 도출되는 지점에 대한 원인분석(112)에 활용하였다.
- [0043] 도 2는 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템을 나타내는 블록도이다.
- [0044] 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템(200)은 다중분광영상 수집부(210) 및 수질오염도 예측부(230)를 포함하여 이루어질 수 있다. 또한, 실시예에 따라 열적외선 영상 및 RGB 영상 수집부(220), 수질인자 파악부, 녹조 가능성 판단부(240) 및 수질 분포 맵 제공부(250)를 더 포함할 수 있다.
- [0045] 먼저, 다중분광영상 수집부(210)는 드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 다중분광영상을 취득할 수 있다. 또한, 열적외선 영상 및 RGB 영상 수집부(220)는 드론의 열적외선 카메라와 RGB 카메라를 통해 열적외선 영상과, RGB 영상을 추가로 취득할 수 있다.
- [0046] 다중분광영상 수집부(210)는 취득된 이미지는 영상 처리를 통해 이미지들을 정합하여 지역의 지도로 활용될 수 있는 다중분광 정사영상을 제작하고, 지역의 지점 별로 식생지수(NDVI, NDRE, CIRE, CVI, NGRDI, GNDVI)를 제작할 수 있다.
- [0047] 수질인자 파악부는 각 지역마다 채수를 진행하여 수질분석을 실시하여 수질오염에 기여하는 BOD, COD, TN, TP,

Chl-a, SS 인자를 파악할 수 있다. 그리고 수질오염도 예측부(230)는 다중분광 및 식생지수들과 수질인자의 상관관계를 상관분석(상관성 분석) 및 회귀분석을 통해 수질예측모형 제작 후 분석할 수 있다.

- [0048] 그 결과 BOD 항목의 경우 Red 파장과 -0.74의 음(-)의 상관관계를 확인하였고, 클로로필-a의 경우 NDVI, CVI, GNDVI, NGRDI와 각 0.89, 0.76, 0.91, 0.71의 양(+)의 상관관계를 확인할 수 있다. 마지막으로, 총 질소의 경우 NDVI, GNDVI와 0.94, 0.87의 높은 양(+)의 상관관계를 보임을 확인할 수 있다.
- [0049] 즉, 식생지수들과 클로로필-a, 영양염류인자들 간의 상관관계가 있음이 명확하기 때문에, 회귀분석을 통한 모델에 식생지수들을 입력하여 클로로필-a, 영양염류인자들을 파악 가능함을 알 수 있다.
- [0050] 이에 따라 녹조 가능성 판단부(240)는 다중분광영상을 식생지수로 변환한 다음, 상관관계를 통해 각 영양염류인자들을 파악하고, 영양염류 인자들과 함께 열적외선 카메라를 통해 얻은 수온 분포와 RGB 영상의 수온 흐름을 통해 녹조 발생 전에 수질현황과 녹조 발생 가능성을 정밀하게 예측할 수 있다.
- [0051] 특히, 식생지수는 영상으로 획득이 가능하고, 열적외선 영상과 RGB 영상의 경우에도 이미지이므로, 신경망 학습을 통해 녹조 발생 가능성을 손쉽게 예측할 수 있다. 즉, 드론을 통해 촬영된 광범위한 지역의 영상을 통해 수질현황과 녹조 발생 가능성을 미리 파악하고 모니터링하는 시스템을 구현할 수 있다.
- [0052] 수질 분포 맵 제공부(250)는 식생지수 영상과 열적외선 영상, RGB 영상을 신경망에 입력하여 출력으로 하천녹조 지도를 획득할 수 있다.
- [0054] 도 3은 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0055] 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 컴퓨터 장치를 통해 구현되는 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템에 의해 수행되는 수질현황 모니터링 방법은, 드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 대한 다중분광영상을 취득하는 단계(310), 및 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 다중분광영상 및 식생지수와 수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측하는 단계(330)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0056] 여기서, 드론의 열적외선 카메라와 RGB 카메라를 통해 열적외선 영상과 RGB 영상을 취득하는 단계(320)를 더 포함할 수 있다.
- [0057] 또한, 예측된 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도와, 열적외선 영상을 통해 파악된 수온 분포와 RGB 영상을 통해 파악된 수온 흐름을 이용하여 녹조 발생 이전에 수질 현황과 녹조 발생 가능성을 파악하는 단계(340)를 더 포함할 수 있다.
- [0058] 또한, 식생지수는 영상으로 획득되어, 식생지수 영상, 열적외선 영상 및 RGB 영상을 신경망 기반 수질예측모형에 입력하여 수질 분포 맵을 출력하는 단계(350)를 더 포함할 수 있다.
- [0059] 그리고, 각 지역마다 채수를 진행하여 수질분석을 실시하여 수질오염에 기여하는 수질인자를 파악하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0060] 아래에서 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법의 각 단계를 보다 상세히 설명한다.
- [0062] 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법은 도 2에서 설명한 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 시스템(200)을 예를 들어 설명할 수 있다.
- [0063] 단계(310)에서, 다중분광영상 수집부(210)는 드론에 다중분광센서를 탑재하여, 모니터링이 필요한 지역에 대한 다중분광영상을 취득할 수 있다. 보다 구체적으로, 다중분광영상 수집부(210)는 취득된 다중분광영상은 영상처리를 통해 이미지들을 정합하여 지역의 지도로 활용되는 다중분광 정사영상으로 제작될 수 있다.
- [0064] 단계(320)에서, 열적외선 영상 및 RGB 영상 수집부(220)는 드론의 열적외선 카메라와 RGB 카메라를 통해 열적외선 영상과 RGB 영상을 추가로 취득할 수 있다.
- [0065] 한편, 수질인자 파악부는 각 지역마다 채수를 진행하여 수질분석을 실시하여 수질오염에 기여하는 수질인자를 파악할 수 있다.
- [0066] 단계(330)에서, 수질오염도 예측부(230)는 다중분광영상을 식생지수로 변환한 후, 다중분광영상 및 식생지수와

수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측할 수 있다.

- [0067] 보다 구체적으로, 수질오염도 예측부(230)는 다중분광영상 및 식생지수와 수질인자의 상관관계를 상관분석 및 회귀분석을 통해 수질예측모형을 제작 후 분석할 수 있다. 또한, 수질오염도 예측부(230)는 상관분석 및 회귀분석을 통해 제작된 수질예측모형에 식생지수들을 입력하여 수질오염에 기여하는 클로로필-a 및 영양염류인자를 파악할 수 있다.
- [0068] 단계(340)에서, 녹조 가능성 판단부(240)는 예측된 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도와, 열적외선 영상을 통해 파악된 수온 분포와 RGB 영상을 통해 파악된 수온 흐름을 이용하여 녹조 발생 이전에 수질 현황과 녹조 발생 가능성을 파악할 수 있다.
- [0069] 단계(350)에서, 수질 분포 맵 제공부(250)는 식생지수는 영상으로 획득되어, 식생지수 영상, 열적외선 영상 및 RGB 영상을 신경망 기반 수질예측모형에 입력하여 수질 분포 맵을 출력할 수 있다.
- [0070] 이상과 같이, 실시예들은 드론으로 획득된 다중분광영상 및 식생지수와 수질인자들 간의 상관관계를 통해 지점별 부영양화 상태 및 수질오염도를 예측할 수 있다.
- [0071] 또한, 실시예들은 부영양화 상태뿐만 아니라 열적외선 영상을 통해 파악된 수온 현황과 RGB 영상을 통해 파악된 물 흐름을 통해 녹조 발생 가능성을 파악할 수 있다.
- [0072] 그리고, 실시예들은 식생지수 영상과 열적외선 영상, RGB 영상을 신경망에 입력하여 출력으로 하천녹조지도를 획득할 수 있다.
- [0073] 아래에서는 하나의 실시예를 들어 일 실시예에 따른 드론을 이용한 수질현황 모니터링 방법 및 시스템을 설명한다.
- [0075] 실시예
- [0076] 먼저, 드론을 이용한 수질현황 모니터링을 위한 데이터를 수집할 수 있다. 여기서, 데이터는 드론(UAV) 촬영 영상, 지상분광계 측정 및 수질 채수 데이터를 포함할 수 있다.
- [0077] 본 실시예에서 UAV 및 Red edge-M 다중분광 센서를 사용할 수 있으며, 농업지역의 특성을 고려하여 이륙 및 착륙 지점에 제한이 큰 고정익 UAV가 아닌 다중분광 센서, LiDAR, 열적외선 등 다양한 센서의 장착이 가능한 회전익 UAV를 활용할 수 있다. 저가형 회전익 UAV인 3DR solo(3DR Robotics 社) 기체에 Red edge-M(Micasense 社) 다중분광 센서를 장착하여 촬영하였고, 비행 전 방사보정을 위해 캘리브레이션 판넬을 2-3회 촬영하였다. 다음으로 비행계획 수립 시 사전 현장조사를 통해 현장의 지형, 지물의 위치 및 특성을 파악한 후 고도 100m(GSD: 7.4 cm/pixel), 중복도 75%, 비행시간 약 12분(100,000 m²/회)으로 비행하였다.
- [0078] UAV 영상은 Red edge-M 센서 취득 파장범위에 따라 취득되었으며, 총 5개의 밴드(Blue, Green, Red, Red edge, NIR)로 구성되어 있다. 1회 촬영 시 각 밴드별로 5개의 파장에 대한 사진이 촬영되고, 대상지에 대해 기상상황에 따라 수질 채수 지점을 포함하는 약 12-14회 비행을 실시하여 1회당 약 1,500장, 총 18,000-21,000장의 대상지 전체 면적 영상을 취득하였다.
- [0079] UAV를 운용하여 촬영한 영상 맵핑에는 PIX4D mapper 소프트웨어(PIX4D 社)를 활용하였다. PIX4D mapper 소프트웨어는 UAV 영상과 같은 2D 이미지를 활용하여 고정밀 지도와 3D모델을 생성하는 프로그램이다. 또한 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 방식을 사용하여 자료수집에 활용한 UAV 특성상 흔들림이 있을 수 있는 사진에 대해 일정한 영상 정합 성능을 유지할 수 있고, SFM(Structure from Motion) 알고리즘을 적용하여 다방향에서 찍은 영상의 3차원 좌표 데이터를 복원하여 영상의 왜곡보정이 가능한 장점이 있어 본 실시예의 다중분광 정사영상 제작에 활용하였다. 다중분광 정사영상 제작은 영상 전처리, 초기처리, 포인트 클라우드 생성, 오쏘 모자이크(Ortho mosaic) 생성의 4단계를 거쳐 제작된다. 1단계 영상 전처리 단계에서는 촬영된 사진 좌표, 고도 등의 정보를 확인하여 정사영상 제작 시 노이즈를 유발할 수 있는 사진을 사전에 제거하는 단계이다.
- [0080] 2단계 초기처리 과정은 업로드한 이미지 사이에서 공통점(Key point)을 자동으로 탐색하여 하나의 3D 점을 생성하고, 정합하는 과정이다. 본 실시예에서는 2단계 초기처리 과정 후 영상의 기하보정을 위해 사전에 대상지 내에서 취득한 GCP를 입력하여 재최적화 한 후 단계별 작업을 실시하였다. 여기서, 두 개의 이미지 사이에 높은 공통점(Key point)이 있는 경우 캡처된 공통영역이 더 커지고 더 많은 공통점을 일치시킬 수 있다. 공통점(Key

point)이 되기 위한 조건은 다음과 같다. 물체의 형태, 크기, 위치 등이 변해도 쉽게 식별이 가능하고, UAV에 장착된 센서의 시점, 조명이 변화하여도 영상에서 해당 지점을 쉽게 찾아낼 수 있으며, 영상에서 이러한 조건을 만족하는 이상적인 공통점은 코너점(corner point)이다.

[0081] 재최적화 과정이 완료된 후, 3단계 포인트 클라우드 생성 단계를 진행하였다. 마지막으로 각 파장마다 비행 전 촬영하였던 캘리브레이션 판넬 촬영사진을 기반으로 방사보정(Blue : 0.506, Green : 0.509, Red : 0.511, Red edge : 0.511, NIR : 0.512) 후 정사영상을 제작하였다.

[0082] 제작된 다중분광 영상은 소하천의 수질 분포 및 특성 파악 시 UAV 다중분광센서에서 기본적으로 취득되는 파장인 Blue, Red, Green, Red edge, NIR 다섯 가지 파장뿐만 아니라 단파장의 조합을 통해 산출 가능한 식생지수 영상을 활용하고자 하였다.

[0083] 식생지수는 녹조, 영양염류 등 하천 수질 및 식생 모니터링에 활용되는 6가지 식생지수를 선정하였다. 선정된 식생지수 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), NDRE(Normalized Difference Red edge), CIRE(Chlorophyll Index Red edge), CVI(Chlorophyll Vegetation Index), GNDVI(Green Normalized Difference Vegetation Index), NGRDI(Normalized Green/Red Difference Index)는 PIX4D mapper 소프트웨어에서 제작된 정사영상을 ArcGIS 10.6 소프트웨어의 Raster calculator 도구를 활용하여 제작하였으며, 산출식은 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0084] [표 1]

Vegetation index	Formula	Ref.
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	Rouse et al. (1973)
NDRE (Normalized Difference Red edge)	$(\text{NIR} - \text{Red edge}) / (\text{NIR} + \text{Red edge})$	Barnes et al. (2000)
CIRE (Chlorophyll Index Red edge)	$(\text{NIR} / \text{Red edge}) - 1$	Wu et al. (2009)
CVI (Chlorophyll Vegetation Index)	$\text{NIR} \cdot \text{Red} / \text{Green}^2$	Vincini et al. (2008)
GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index)	$(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$	Gitelson et al. (1996)
NGRDI (Normalized Green/Red Difference Index)	$(\text{Green} - \text{Red}) / (\text{Green} + \text{Red})$	Tucker (1979)

[0085]

[0086] 또한, UAV 기반 원격탐사 기법에 다중분광 영상을 활용하기 위해서는 지상분광계 측정을 통해 다중분광 정사영상 제작 시 실시한 방사보정의 정확도를 검증하고 영상을 보정하는 과정이 필요하다. 이에 본 실시예에서는 ASD Field spec® 4 Standard-Res Spectroradiometer(Malvern Panalytical 社) 지상분광계를 활용하였다.

[0087] 지상분광계 측정 횟수는 8월 9일(수질 채수 지점 미포함), 9월 30일(수질 채수 지점 포함) 2회 실시하였으며, 측정 재질은 하천, 식생, 도로, 야적퇴비, 비닐하우스 재질에 대해 측정하였다. 토지피복 유형에 대한 측정 데이터는 토지피복유형별 분광특성 분석 및 UAV 다중분광 영상의 검증 및 보정에 활용하였으며, 수질 채수 지점에 대한 측정 데이터는 채수 지점 선정의 적절성 검증에 활용하였다. 이 때, 수질 채수 지점에서의 지상분광계 측정은 채수 지점별 분광특성을 분석하여 수질예측모형 제작 시 활용한 UAV 영상값이 하천 바닥면의 영향을 배제하였다는 검증을 실시함으로써 개발한 모형의 신뢰성을 확보하기 위함이다(수심이 너무 깊고, 지상분광계 장비를 착용한 조사자의 접근이 어려운 N3, N4, N5 지점의 경우 측정 항목에서 제외하였다). 측정 시간은 일사량이 높은 11:00-14:00 사이에 측정 하였으며, 기상상황(운량 등), 지면의 상태를 고려하여 측정하였다. 다음으로 측정 시 오차를 최소화하기 위해 RS3 소프트웨어를 활용하여 센서의 Optimizing 이후 재질마다 >99% 반사율의 백색패널을 활용한 White Reference 실시 후 3-5회씩 측정하였다.

[0088] 지상분광계 측정 데이터는 RS3 소프트웨어를 활용하여 취득하였기 때문에 파일 확장자(.asd)를 변환해주는 전처리 과정이 필요하다. 데이터 전처리 과정에는 ViewSpecPro 소프트웨어를 활용하였으며, .asd 확장자 파일을 ASCII 코드로 변환하는 작업을 실시하였다. 데이터의 전처리 후 측정 데이터의 분석은 다음의 방법으로 진행하였다. UAV 다중분광 영상의 검증 및 보정 시에는 지상분광계 측정 파장인 350-2500 nm에서 Red edge-M 다중분

광 센서 파장 범위(Blue : 465-475 nm, Green : 550-570 nm, Red : 663-673 nm, Red edge : 712-722 nm, NIR : 820-860 nm)와 중첩되는 부분의 값을 추출한 후 평균값을 산정하여 활용하였다. 이 때, 3-5회 측정값 중 측정기기 또는 조사자에 의해 발생된 것으로 판단되는 오류는 배제하였다. 다음으로 수질 채수 지점 및 재질별 분광 특성 파악 시 입사광이 반사되는 경향을 분석하고자 하였기 때문에 측정된 값을 도식화하여 분석하였다.

[0089] 한편, 수질 채수 지점은 농경지와 야적퇴비 분포, 하천의 합류지점을 고려한 9개 지점을 선정하였다. 이는 강우 시 비점오염원인자에 의해 인, 질소 등의 영양염류가 실제로 하천으로 유입되는지 여부와 유입된 후 부영양화 및 녹조현상을 유발하는지를 판별하기 위함이다. 수질 채수 방법은 하천 수질의 대표성을 고려하여 하천 중심부에 조사자가 접근하였고, 수심 약 50cm이상의 지점에 대해 채수를 실시하였다. 총 9개 지점에 대해 2,000 mL씩 8월 9일, 9월 30일 2회 실시하였으며 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP), 클로로필-a(Chl-a), 부유물질(SS) 총 6개 항목에 대해 분석하였다.

[0090] 다음으로, 각 지점의 수질 분석값은 수질 및 수생태계 환경기준(환경정책기본법시행령 별표-환경기준 제2조)에서 하천의 생활환경기준, 호소의 생활환경기준을 참고하여 각 항목에 대한 등급을 매긴 후 지점별 수질 특성을 분석하였다.

[0092] 다음으로, UAV 영상 정확성 검증 및 보정을 수행하고 수질예측모형을 제공할 수 있다.

[0093] 수질 채수 후 분석한 수질인자 값과 UAV 영상의 상관분석 및 회귀분석을 위해 본 실시예에서는 지상분광계 측정 데이터를 기반으로 UAV 다중분광영상의 정확성을 검증 및 보정하였으며, 분석방법은 다음과 같다.

[0094] 우선적으로 연구 대상지에 대해 측정한 지상분광계 데이터에서 UAV 다중분광 센서와 중첩되는 파장의 값을 추출한 후 동일한 지점에 대한 UAV 영상값을 추출하여 상관분석을 진행하였다. 이 때, 상관분석 결과 유의수준 0.05 이내에서 지상분광계 측정자료와 UAV 다중분광 영상의 상관관계를 확인함으로써 영상 제작 시 실시한 방사보정의 정확성을 검증하고자 하였다. 다음으로 다중분광 영상 보정 시에는 UAV 영상값과 지상분광계 데이터의 회귀분석을 통해 Blue, Green, Red, Red edge, NIR 파장별 회귀모형을 제작하였다. 다음으로 제작된 회귀모형을 활용하여 추출된 다중분광 영상 및 식생지수 영상값을 보정하였다.

[0095] 도 4는 일 실시예에 따른 드론에서 촬영한 다중분광영상을 변환한 식생지수 영상을 나타내는 도면이다.

[0096] 도 4에 도시된 바와 같이, 수질예측모형 개발 시 보정된 다중분광 영상 및 식생지수 영상과 수질 분석값의 상관분석을 실시하여 각 수질인자에 대한 상관관계를 보이는 파장을 도출함으로써 수질인자가 민감하게 반응하는 파장 도출 및 다중분광 영상을 활용한 수질 분포 파악 가능성을 확인하였다. 다음으로 수질 분포 예측을 위한 회귀모형 제작을 위해 상관분석 결과 유의수준 0.05 범위 내에서 상관관계를 보이는 항목간의 회귀분석을 실시하였다.

[0097] 도 5는 일 실시예에 따른 회귀분석에 따른 수질예측모형 제작 결과를 나타내는 도면이다.

[0098] 도 5에 도시된 바와 같이, 회귀분석 결과 제작된 회귀모형 중 가장 결정계수(R²)가 가장 높게 도출된 회귀모형은 ArcGIS 소프트웨어의 Raster calculator 도구를 활용하여 수질 분포 예측을 위한 지도 제작에 활용하였다. 이 때, 제작된 지도는 수질인자의 농도가 높게 분포되는 지역에 대한 원인 분석, 향후 소하천 수질 모니터링 시 우선적으로 관리되어야 하는 우심지역 도출에 적용하였을 때 활용성이 용이하도록 하천부문에 대한 영역만 추출하여 RGB 영상 위에 중첩하여 제작하였다.

[0099] 도 6은 일 실시예에 따른 수질 분포 맵의 제작 결과를 나타내는 도면이다.

[0100] 도 6에 도시된 바와 같이, 최종적으로 개발된 수질예측모형을 활용하여 수질 분포 맵을 제작하고, 연구 대상지의 수질 분포 파악, 농도가 높게 도출되는 지역에 대한 원인을 분석하였다. 또한 선행연구의 결과와 비교를 통해 대권역, 국가하천으로 유입되기 전 비점오염의 초기 유입이 발생하는 소하천의 수질예측을 위해 제작한 예측모형의 적절성 및 유의성을 판별하였다.

[0102] 이상과 같이 수질예측모형은 총 3단계 과정을 통해 제작하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다. 1단계는 분석을 위한 DB 구축단계이다. 비점오염관리가 요구되는 대상지에서 8월 9일, 9월 30일 두 시기에 대해 다중분광 센서가 장착된 UAV 운용, 지상분광계 측정, 수질 채수를 실시하여 데이터를 수집하였다. 그 결과 5개의 다중분광 영상과 6개의 식생지수 영상 총 11개의 영상, 하천, 야적퇴비, 농수로, 비닐하우스, 도로 재질에 대한 지상

분광계 측정 데이터 및 9개 지점에 대한 수질 데이터를 구축하였다. 구축된 데이터는 UAV 영상과 수질 채수 시료의 분석값의 경우 목표인 수질예측모형 제작에 활용하였고, 지상분광계 측정 데이터는 UAV 다중분광 영상의 검증 및 보정과 수질 채수 지점에 대한 UAV 영상값이 하천 바닥면의 영향을 배제하였는지에 대한 검증에 활용하였다. 특히, 지상분광계 데이터 분석 결과 수심이 낮은 농수로의 경우 도로 재질과 유사한 반사특성을 확인함으로써 소하천에 대해 원격탐사 기법 적용 시 활용한 영상과 수질 분석값의 비교분석을 진행하기 전 영상값이 바닥면의 값이 아닌 수면에 대한 값임을 검증하는 과정이 필요함을 알 수 있었다.

[0103] 2단계에서는 원격탐사 기법 적용 시 선행되어야 하는 영상의 검증 및 보정 과정을 실시하였으며, 지상에서 취득한 지상분광계 측정 데이터를 활용하였다. 지상분광계 측정 지점에 대한 UAV 영상과 지상분광계 측정값의 비교 분석 결과 모든 파장에서 상관관계수 0.88 ($p < 0.01$) 이상의 높은 상관관계를 가지는 것을 확인하였고, 두 시기 모두 설명력이 평균 80% 이상인 회귀모형을 도출함으로써 영상에 대한 검증 및 보정을 실시하였다. 다음으로 수질 채수 지점에 대한 지상분광계 측정 데이터 분석 결과 수질 채수 지점 모두 근적외선 영역에서 입사광이 대부분 흡수되는 수체의 반사도 특성을 가지는 것을 확인하였다. 또한 수질 채수 지점에 대한 UAV 영상과 지상분광계 측정값의 상관분석 결과 모든 파장에서 0.7($p < 0.05$) 이상의 높은 상관관계를 확인하였다. 따라서 본 실시예의 수질예측모형 제작 시 활용한 UAV 영상값은 수면에 대한 값으로 판단된다.

[0104] 표 2는 8월 9일의 다중분광 및 식생지수 수질인자 간의 상관계수를 나타낸다.

[0105] [표 2]

Water quality factors	Wavelength					Vedgetation index					
	Blue	Green	Red	Red edge	NIR	NDVI	NDRE	CIRE	CVI	GNDVI	NGRDI
BOD (mg/L)	-0.25	-0.26	-0.26	-0.36	-0.43	-0.18	-0.10	-0.09	-0.13	-0.20	-0.18
COD (mg/L)	-0.14	-0.46	-0.46	-0.61	-0.53	-0.19	-0.15	-0.20	0.11	0.01	-0.25
TN (mg/L)	0.02	-0.16	-0.16	-0.49	-0.56	-0.40	-0.22	-0.22	-0.30	-0.37	0.08
TP (mg/L)	-0.42	-0.57	-0.48	-0.36	-0.19	-0.20	0.08	0.01	0.34	0.34	-0.33
Chl-a (mg/L)	-0.48	-0.22	-0.53	0.39	0.67 *	0.89 **	0.26	0.18	0.43	0.91 **	0.77 *
SS (mg/L)	-0.16	-0.16	-0.21	-0.43	-0.39	-0.11	0.02	-0.01	0.04	-0.05	-0.16

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

[0106] 표 3은 9월 30일의 다중분광 및 식생지수 수질인자 간의 상관계수를 나타낸다.

[0108] [표 3]

Water quality factors	Wavelength					Vedgetation index					
	Blue	Green	Red	Red edge	NIR	NDVI	NDRE	CIRE	CVI	GNDVI	NGRDI
BOD (mg/L)	-0.55	-0.57	-0.74 *	-0.02	-0.19	0.55	-0.53	-0.54	0.24	0.31	0.48
COD (mg/L)	-0.13	-0.61	-0.46	0.43	0.23	0.59	-0.35	-0.35	0.53	0.60	-0.24
TN (mg/L)	-0.85 **	-0.86 **	-0.71 *	0.52	0.40	0.94 **	-0.11	-0.10	0.79 *	0.87 **	-0.15
TP (mg/L)	-0.03	-0.54	-0.48	0.10	-0.08	0.42	-0.52	-0.52	0.26	0.37	-0.11
Chl-a (mg/L)	-0.77 *	-0.60	-0.54	0.63	0.49	0.76 *	-0.04	0.05	0.76 *	0.68	-0.08
SS (mg/L)	-0.02	-0.21	-0.32	-0.08	-0.10	0.20	-0.01	-0.04	0.07	0.12	0.14

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

[0109] 3단계에서는 보정된 UAV 영상과 수질의 비교분석을 통해 수질인자의 분광특성 분석 및 수질예측모형을 제작하였다. 수질인자의 분광특성 분석 결과 Chl-a 항목은 NIR 파장과 양(+)의 상관관계를 보였으며, 근적외선 영역에서 입사광을 반사하는 식생과 유사한 분광특성을 가지는 것을 확인하였다. 다음으로 TN은 가시광선 영역(Blue, Green, Red)에서 음(-)의 상관관계를 가지는 것으로 분석되어 입사광이 반사되지 않고 흡수되는 경향이 높은 것을 알 수 있었다. BOD의 경우에는 농도가 높아질수록 Red(663-673 nm) 파장 영역에서 입사광이 주로 흡수되는

특징을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 앞의 분석 결과를 종합하여 BOD, TN, Chl-a의 수계 내 분포를 파악할 수 있는 수질예측모형을 제작하였고, 제작된 모형을 활용하여 각 인자별 지도를 제작하여 수질 채수를 실시하지 않은 지점에 대한 농도 분포를 파악하였다. BOD의 경우 하천 생활환경기준 보통 이상의 등급으로 예측되어 관리를 요하는 농도 범위는 아닌 것으로 판단하였다. 다음으로 TN과 Chl-a 항목은 보의 전·후, 수계로 직접 유출되는 농수로, 굴곡이 있는 지형으로 인한 유속이 급격히 감소하는 지점, 하천이 합류한 후 보에 의해 정체되는 지점에서 높은 농도를 가지는 것으로 예측되었다.

[0111] 결론적으로, 실시예들에 따르면 UAV와 지상분광계, 현장 수질 채수 데이터를 활용하여 농업지역 소하천을 대상으로 BOD, TN, Chl-a 세 항목의 수질예측모형을 제공할 수 있다. 또한 실시예들을 통해 소하천에 원격탐사 기법을 적용하여 연구 진행할 경우 고려해야 할 사항을 확인할 수 있었다. 우선, 원격탐사 시 활용되는 영상은 지상분광계 측정을 통해 보정하는 과정이 이루어져야 하지만, 수심이 얇은 특성을 가진 소하천의 경우 추가적으로 분석에 활용한 영상값이 수면에 대한 값을 검증하는 과정이 필요함을 알 수 있었다. 다음으로, 본 실시예의 지상분광계 및 수질 채수 데이터 취득 시 하천의 폭이 좁아 태풍 또는 집중호우로 인해 접근이 불가능한 지역이 발생한 경우가 있었다. 그러므로 채수 지점 선정 시 하천 수심, 농수로 유입, 보의 위치 이외에 추가적으로 강우에 의한 지형변화를 사전에 고려할 필요가 있다고 판단된다. 본 실시예에서 개발한 수질예측모형은 농업지역 소하천에 대한 수질 분포 파악 및 채수를 실시하지 않은 지점에 대한 농도 예측을 가능하게 함으로써 소하천 관리 시 의사결정 단계에서 유의미한 결과로 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 나아가 장기 모니터링을 위한 수질예측모형 제작의 기초자료로 활용될 수 있다.

[0112] 실시예들에 따르면 녹조 현상을 모니터링할 경우, 녹조 발생 전에 녹조 발생 가능성을 미리 경고하고 모니터링 결과에 따라 대응하여 사전에 녹조 발생을 예방할 수 있다. 또한, 실시예들에 따르면 녹조 현상의 원인이 되는 영양염류인자를 현장 샘플링 없이 드론 영상을 통해 광범위한 영역에 대해 파악할 수 있어, 모니터링에 소요되는 시간과 자원을 크게 줄일 수 있다. 특히, 비점오염관리가 요구되는 대상지에 대한 녹조 예방이 가능하다. 그리고, 실시예들에 따르면 영양염류인자뿐만 아니라 영역 별 수온 현황과 물의 흐름을 파악하여, 녹조가 발생할 가능성을 정밀하게 예측할 수 있다.

[0114] 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.

[0115] 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(embodiment)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.

[0116] 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),

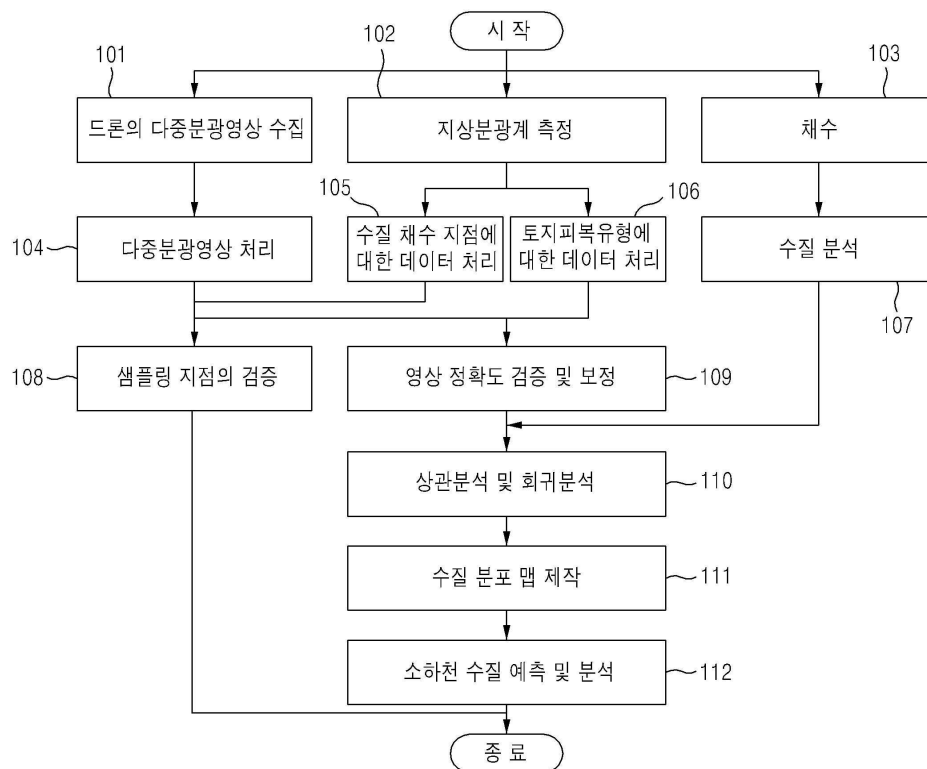
CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0117] 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.

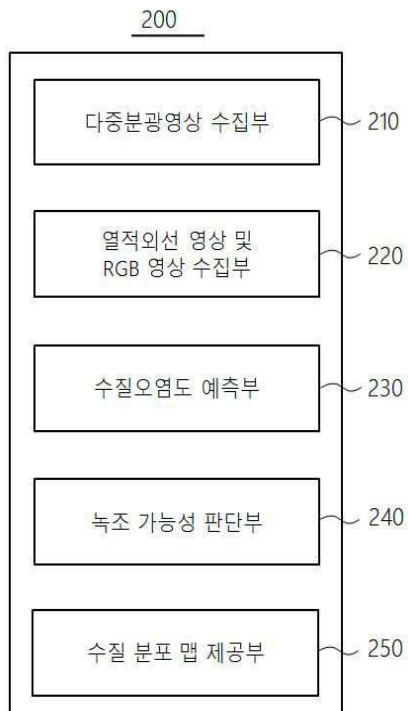
[0118] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

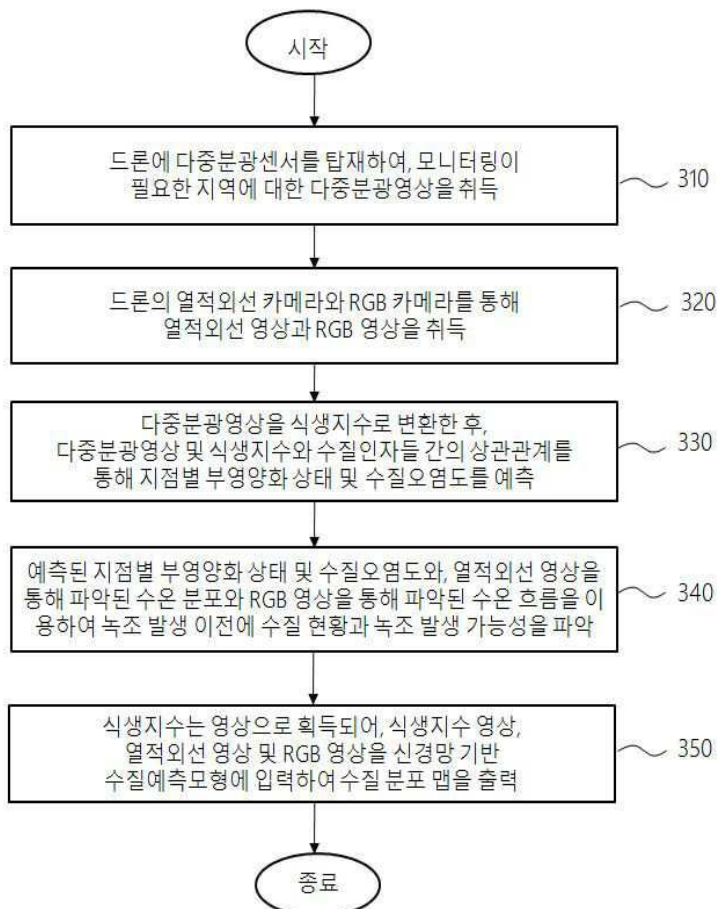
도면1



도면2

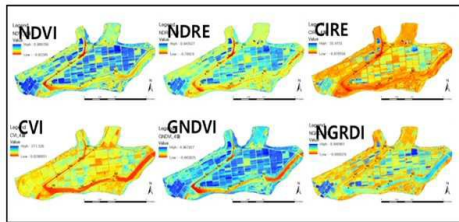


도면3

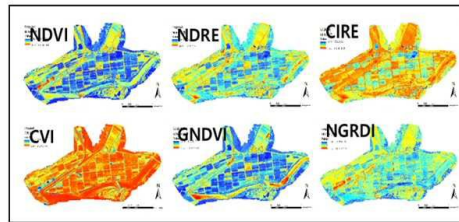


도면4

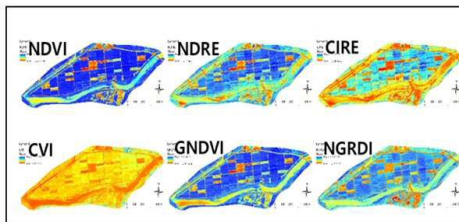
4월 12일



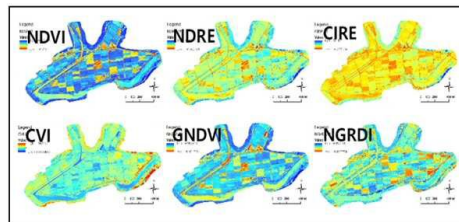
5월 10일



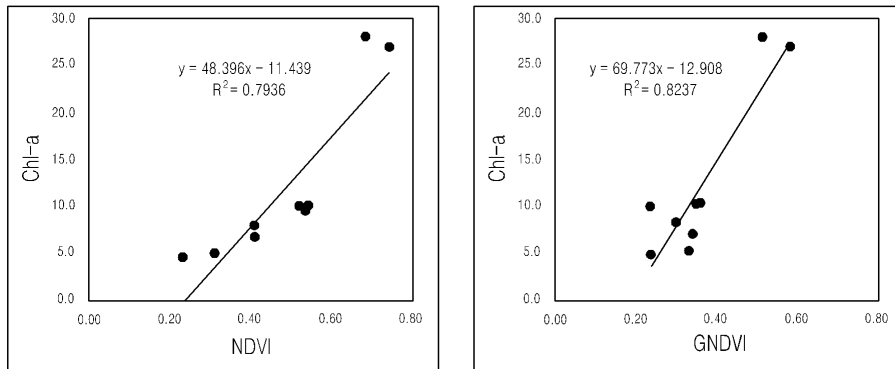
8월 9일



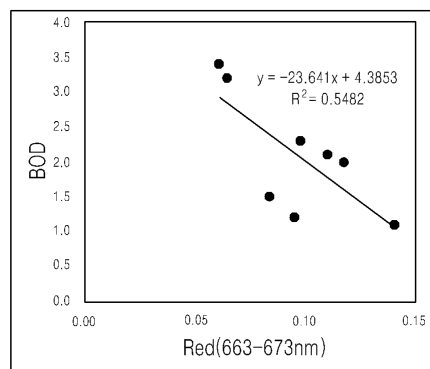
9월 30일



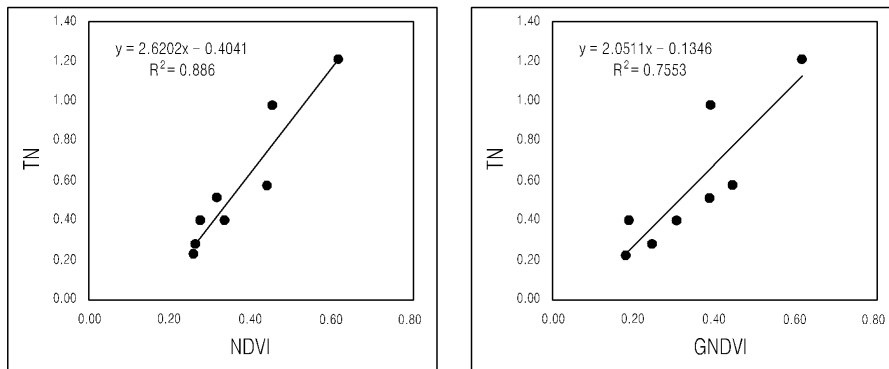
도면5



(a) Chl-a



(b) BOD



(c) TN

도면6

