

## 분광 다양성을 고려한 초분광 영상 기반 부유사 농도 계측 기법 개발

### Development of Suspended Sediment Concentration Measurement Technique Based on Hyperspectral Imagery with Optical Variability

권시윤\*, 서일원\*\*

Siyoon Kwon, Il Won Seo

#### 요 지

자연 하천에서의 부유사 농도 계측은 주로 재래식 채집방식을 활용한 직접계측 방식에 의존하여 비용과 시간이 많이 소요되며 짐 계측 방식으로 고해상도의 시공간 자료를 측정하기엔 한계가 존재한다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 최근 위성영상과 드론을 활용하여 촬영된 다분광 혹은 초분광 영상을 통해 고해상도의 부유사 농도 시공간분포를 측정하는 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 다른 하천 물리량 계측에 비해 부유사 계측 연구는 하천에 따라 부유사가 비균질적으로 분포하여 원격탐사를 통해 정확하고 전역적인 농도 분포를 재현하기는 어려운 실정이다. 이러한 부유사의 비균질성은 부유사의 입도분포, 광물특성, 침강성 등이 하천에서 다양하게 분포하기 때문이며 이로 인해 부유사는 지역별로 다양한 분광특성을 가지게 된다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 영향을 고려한 전역적인 부유사 농도 예측 모형을 개발하기 위해 실내 실험을 통해 부유사 특성별 고유 분광 라이브러리를 구축하고 실험 규모 수로에서 다양한 부유사 조건에 대한 초분광 스펙트럼과 부유사 농도를 측정하는 실험을 수행하였다. 실제 부유사 농도는 광학 기반 센서인 LISST-200X와 샘플링을 통한 실험실 분석을 통해 계측되었으며, 초분광 스펙트럼 자료는 초분광 카메라를 통해 촬영한 영상에서 부유사 계측 지점에 대한 픽셀의 스펙트럼을 추출하여 구축하였다. 이렇게 생성된 자료들의 분광 다양성을 주성분 분석(Principle Component Analysis; PCA)를 통해 분석하였으며, 부유사의 입도 분포, 부유사 종류, 수온 등과의 상관관계를 통해 분광 특성과 가장 상관관계가 높은 물리적 인자를 규명하였다. 더불어 구축된 자료를 바탕으로 기계학습 기반 주요 특징 선택 알고리즘인 재귀적 특징 제거법(Recursive Feature Elimination)과 기계학습 기반 회귀 모형인 Support Vector Regression을 결합하여 초분광 영상 기반 부유사 농도 예측 모형을 개발하였으며, 이 결과를 원격탐사 계측 연구에서 일반적으로 사용되어 오던 최적 밴드비 분석(Optimal Band Ratio Analysis; OBRA) 방법으로 도출된 회귀식과 비교하였다. 그 결과, 기존의 OBRA 기반 방법은 비선형성을 증가시키며 좁은 영역의 과장대만을 고려하는 한계점으로 인해 부유사의 다양한 분광 특성을 반영하지 못하였으며, 본 연구에서 제시한 기계학습 기반 예측 모형은 420 nm ~ 1000 nm에 걸쳐 폭 넓은 과장대를 고려함과 동시에 높은 정확도를 산출하였다. 최종적으로 개발된 모형을 적용해 다양한 유사 조건에 대한 부유사 시공간 분포를 매핑한 결과, 시공간적으로 고해상도의 부유사 농도 분포를 산출하는 것으로 밝혀졌다.

**핵심용어** : 초분광 영상 (Hyperspectral imagery), 부유사 (Suspended sediment), 분광 다양성 (Optical variability), 기계학습 (Machine learning), 농도공간분포 매핑 (Concentration distribution mapping)

#### 감사의 글

이 연구는 과학기술정보통신부 및 국토교통부 “공공혁신조달 연계 무인이동체 및 SW플랫폼 개발사업” (21DPIW-C153746-03)과 BK21+NEXT사업단의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

\* 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 박사과정 · E-mail : ksy92@snu.ac.kr

\*\*교신저자. 정희원 · 서울대학교 토목공학과 교수 · E-mail : seoilwon@snu.ac.kr