

# UAV와 초분광을 이용한 하천공간 분류 연구

한국건설기술연구원  
연구위원 강준구

하천환경 조사 및 평가에 대한 체계적인 연구가 부족하여 선진국의 조사 기술을 그대로 사용하는 수준에 그치고 있어 **국내 하천환경에 적합한 조사 및 평가 기술의 개발이 시급**

**천의 물속 정보들을 측정을 위한 연구는 부족하기 때문에** 본 연구에서는 초분광 영상의 분광정보를 활용하여 하천 내 수중정보인 수심과 하상재료와 식생의 종류 및 분포를 측정할 수 있는 기술 개발

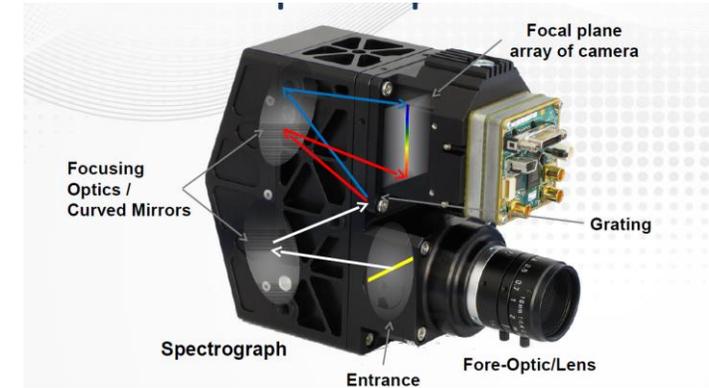


**하천의 물속 정보들을 측정을 위한 연구는 부족하기 때문**에 본 연구에서는 초분광 영상의 분광정보를 활용하여 하천 내 수중정보인 수심과 하상재료와 식생의 종류 및 분포를 측정할 수 있는 기술 개발

## 원격탐사

- 원격(Remote) : 먼 거리에서
- 탐사(Sensing) : 센서를 이용한 관측 방법
- 원격탐사는 먼 거리에서 센서를 이용하여 관측하는 방법과 관련된 모든 기술을 의미함

## 센서



## UAV

- 사용자가 원하는 시점에서 일정 범위의 지역을 단시간에 측정 가능
- 고해상도 영상을 주기적으로 획득함에 있어 경제성과 신속성 지님
- 우리나라와 같은 소규모 구간(하천/농경지 등)에서 활용 적합



## Advantage

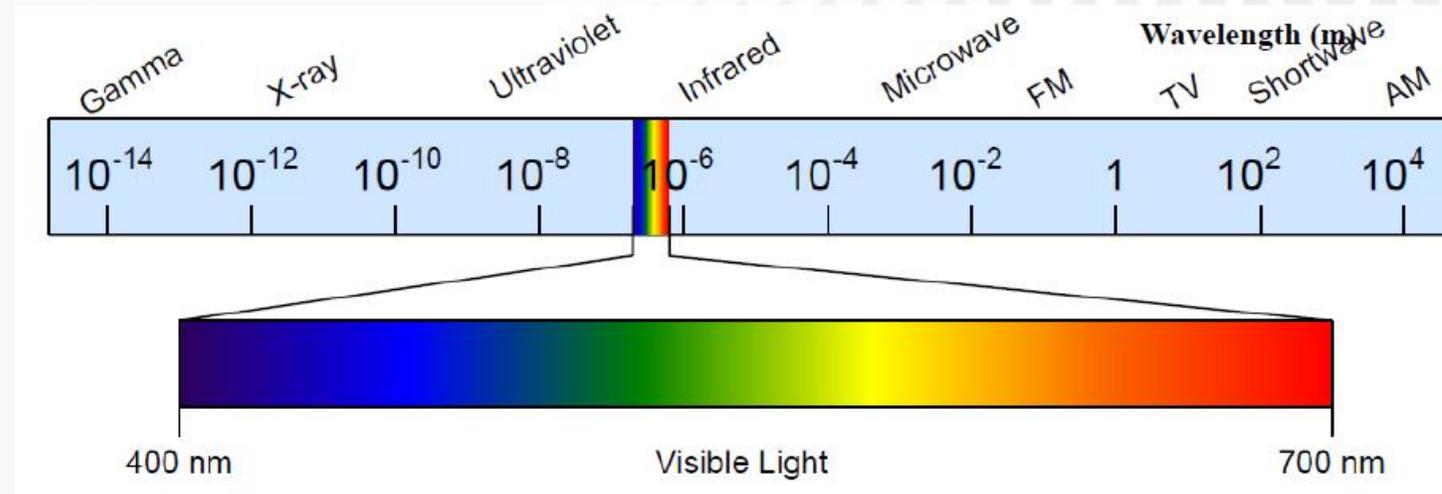
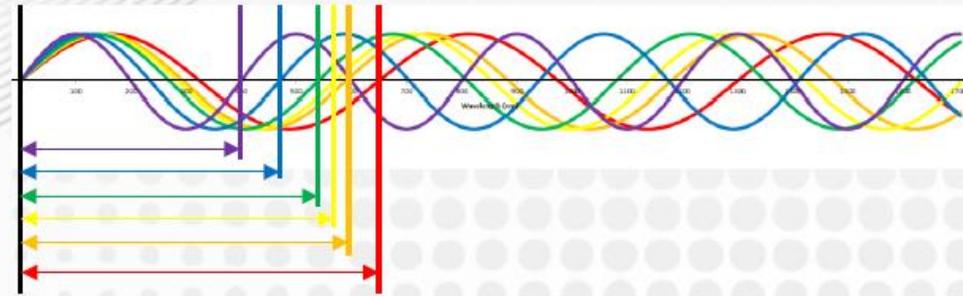
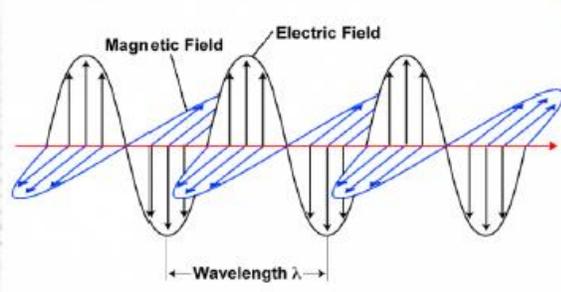
- 위치(x,y), 고도(z), 하상재료, 식생영역 등 기본적인 생/물리학적 자료 제공
- 지점별 관측이 아닌 매우 넓은 지역적 정보 제공(광역성)
- 주기적이고 객관적 자료 수집 및 접근불능 지역 정보 획득 가능

## Disadvantage

- 100% 정확한 정보 제공이 가능하다?
- 영상이 지니고 있는 오차는? 인간의 분석 오차는?
  - 원격탐사를 통하여 수집된 정보는 단순히 어떤 값의 공간적, 분광적, 시간적 정보만 줄 뿐임!!
  - 현황파악은 가능하나 원인을 직접 알 수 없음
  - 원격탐사에 대한 지나친 활용성의 평가는 금물!!

- 1980년대 중반에 이르러 영상 분광계가 개발됨에 따라 NASA에 의해 개발된 항공영상시스템에 탑재되어 지구관측의 도구로서 사용되기 시작하였고, 최근에는 위성(EO-1)에 탑재되어 초분광영상 제공
- 지금까지의 초분광영상은 장비 자체의 가격이 너무 높고, 장비를 사용하기 위해서는 숙련된 경험이 필요했기 때문에 행성 또는 지구를 관측하는 도구로서 광범위한 지역에 대한 계측을 실시하고, 계측된 결과를 행성이나 지구 표면의 특성을 파악하는 목적으로 사용
- 최근 기술의 발달로 장비의 가격이 저렴해지고 장비를 사용하기 위한 기술의 벽이 낮아졌기 때문에 위성이나 항공기가 아닌 지상에서 하천특성을 계측하기 위한 목적으로 영상 분광계를 도입하고자 하는 연구가 증가
- 초분광 영상은 각 화소마다 자외선, 가시광선 및 적외선 파장에 대한 특정 명암값 정보를 가지고 있기 때문에 촬영 대상의 고유한 분광정보를 추출할 수 있어 기존의 RGB 영상 분석 기술의 한계를 극복하여 좀 더 많은 정보를 영상내에서 판별하고 이를 정량화할 수 있는 장점
- 초분광 영상은 분광 밴드가 많고(many), 연속적이고(continuous), 파장폭이 좁은(narrow) 3가지 특징으로 정의된다. 초분광영상과 다중분광영상의 차이점으로서 Landsat ETM+의 다중분광영상의 분광반사값은 6개의 이격된 파장밴드에서 얻어진 반면, AVIRIS의 초분광영상에서는 400~2,500nm의 파장영역에서 약 10nm의 파장폭을 갖는 224개의 연속적인 밴드에서 추출된 분광반사값을 보여주고 있다. 즉, 초분광 영상의 정의는 영상을 구성하는 각 화소에 해당하는 지표물의 완전한 분광특성곡선(spectral reflectance curve)을 얻을 수 있는 자료
- 초분광 영상을 이용한 하천환경 조사는 은 시간동안 넓은 지역에 대한 상세한 자료를 획득할 수 있으며, 계측 시에 발생하는 위험성을 최소화 할 수 있어 기존의 원격탐사의 장점에 추가적으로 눈에 보이지 않는 자외선과 적외선 영역에 해당하는 빛의 세기를 이용하여 더 많은 하천환경 정보를 획득할 수 있다는 장점
- 항공기 탑재 초분광 영상자료의 초기 활용 분야는 광물자원의 분포를 파악하거나 암석종류 구분 등 지질분야가 주를 이루고 있음

# Electromagnetic Waves: Wavelength



# OEM Spectral Instruments

## High Volume OEM Manufacturing Business



Single Beam



Dual Beam



Multi-Channel Spectrometers



## Spectral Imaging Sensors



Hyperspectral Sensors



Raman Imaging

## Spectral Imaging Instruments

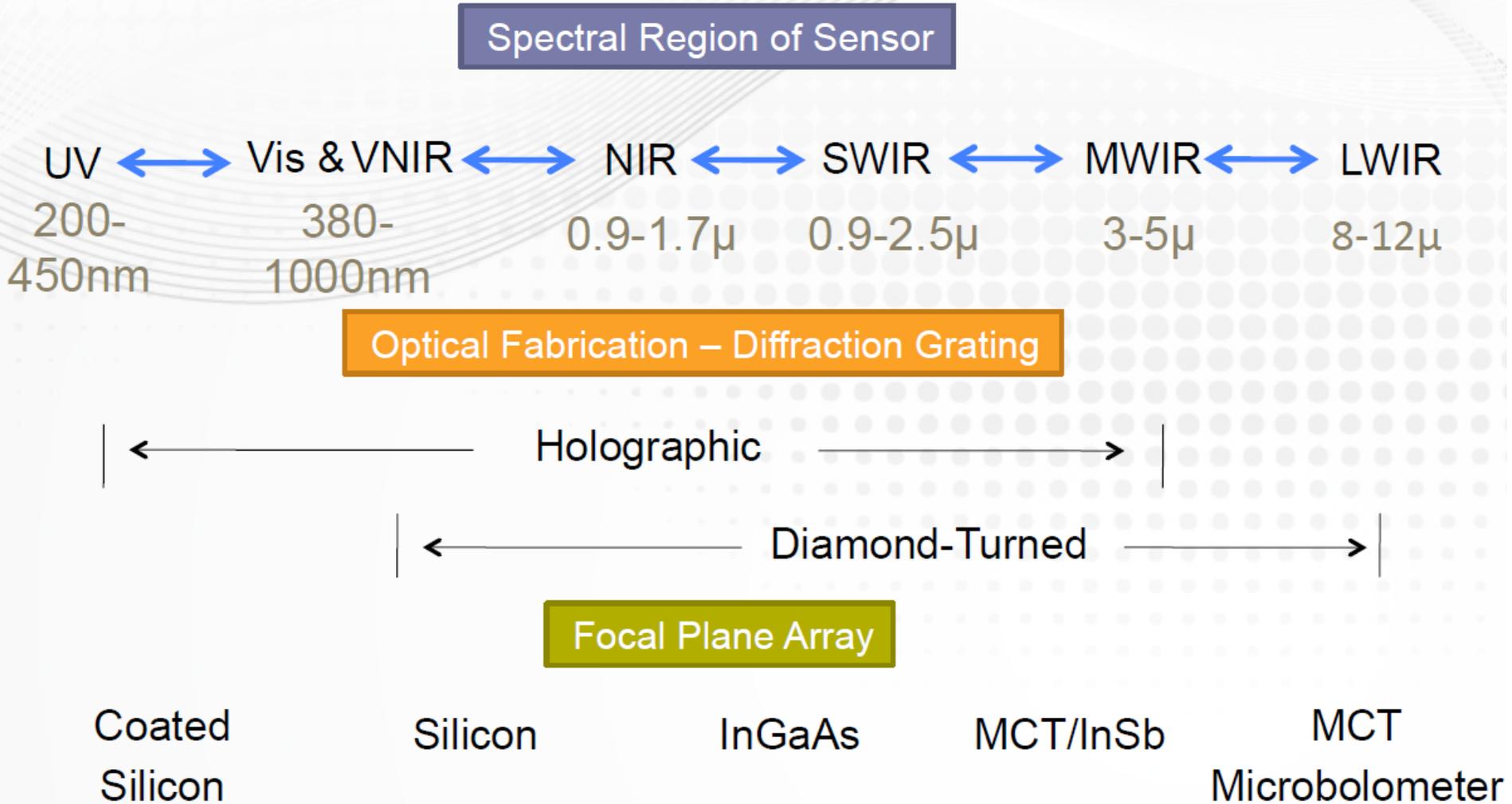


Portable

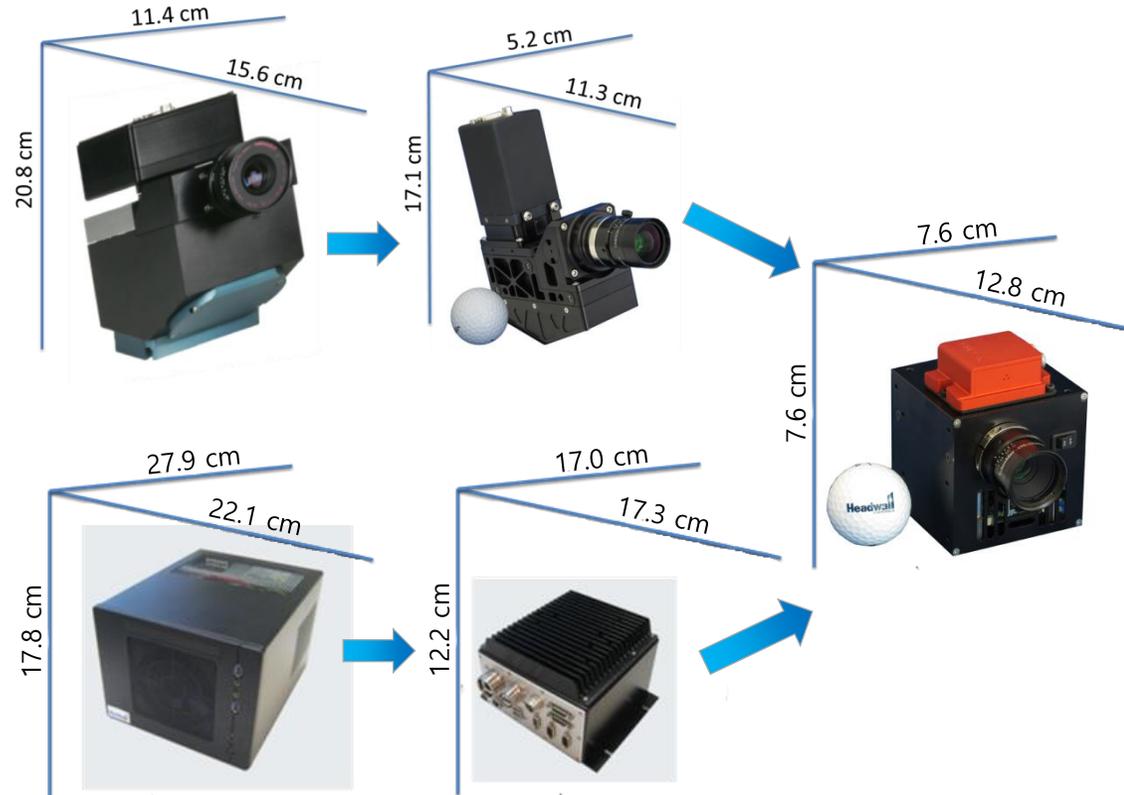


In-Line

# Sensor Platforms – Spectral Ranges & FPAs



- **Hyperspec® + HDPU**
  - COTS Camera/Headwall developed camera with COTS focal plane
  - x86 Computing Platform
  - Commercial components
- **Micro-Hyperspec® + Compact HDPU**
  - COTS Camera/Headwall developed camera with COTS focal plane
  - x86 Computing Platform
  - Ruggedized components and IP enclosure
- **Nano-Hyperspec®**
  - Fusion of focal plane and data system
  - Fully customized hardware and software developed by Headwall
  - Most compact and lightest pushbroom sensor in its wavelength range on the market today



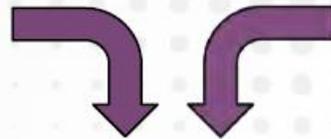
|                    | Standard  | Compact  | Nano     |
|--------------------|-----------|----------|----------|
| System Weight (kg) | 7.79      | 3.23     | 0.77     |
| Power (Max, Avg.)  | 180W, 85W | 70W, 40W | 15W, 12W |

# Evolution of Remote Sensing Capabilities

## Satellite



- Traditional approaches
- More costly
- Less granular



## Airborne



## UAVs



- High quality data
- On-demand data collection
- Very low cost

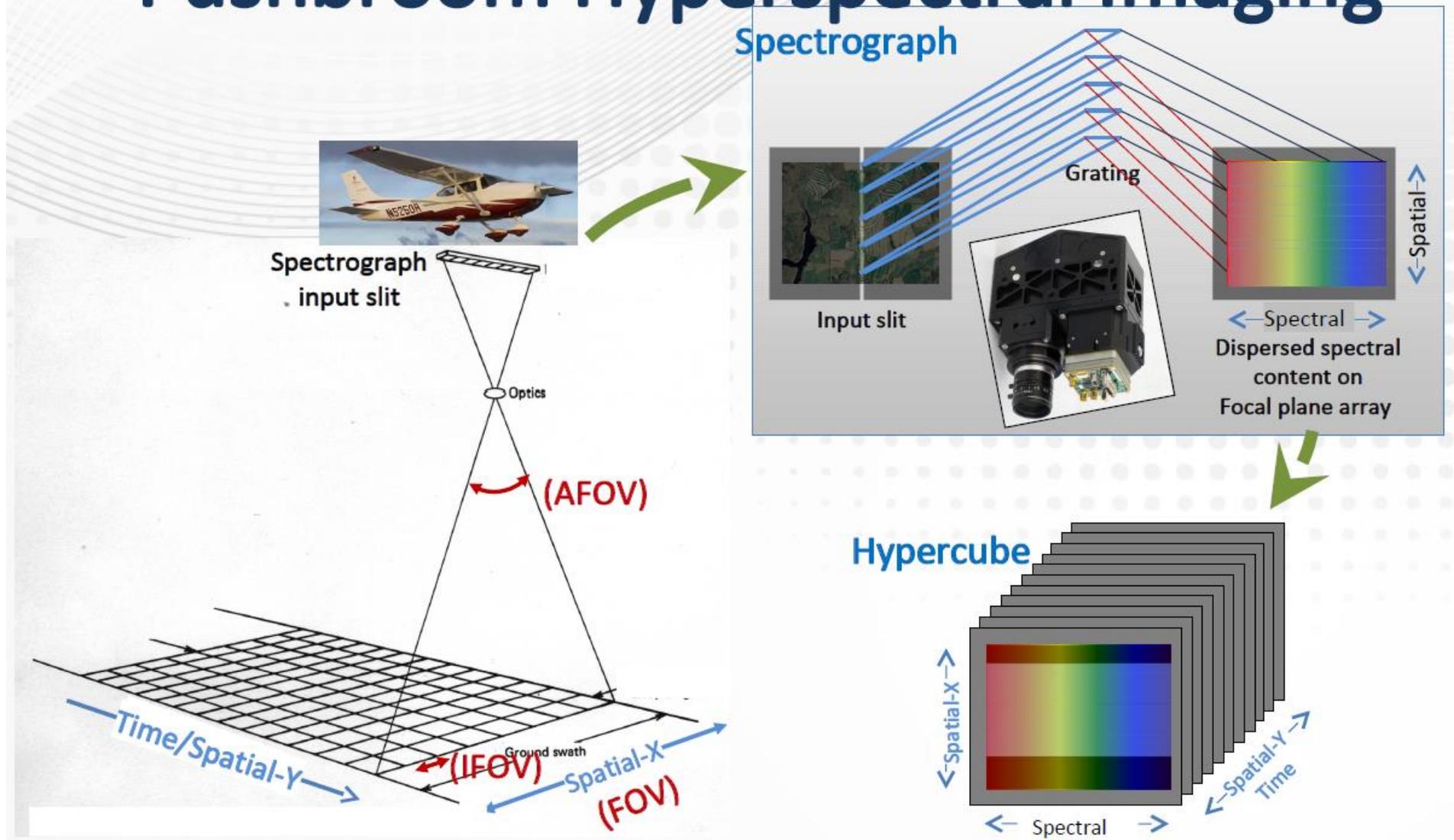


# Headwall's Remote Sensing Instruments

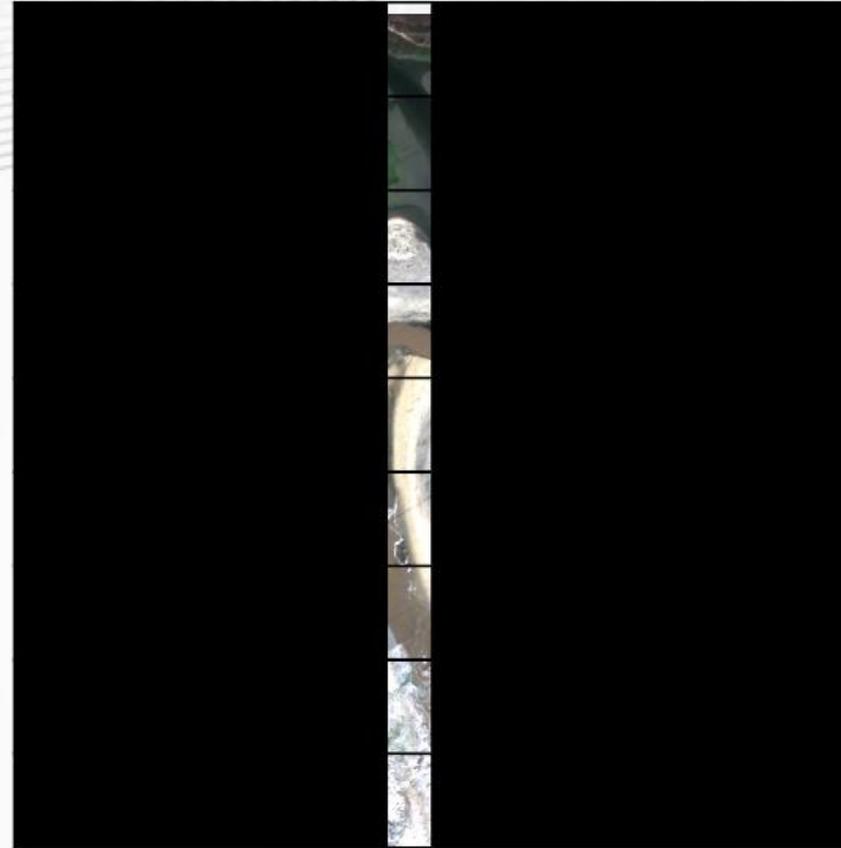
- Sensors for LEO Satellites
  - Remote sensing
  - Disaster response
- Sensors for Fixed-wing aircraft
  - Environmental monitoring
  - Mineral & mining
- Sensors for UAV / UAS
  - Precision agriculture
  - Pipeline monitoring
- Ground-based sensors
  - Tripod mounted
  - Vehicle mounted



# Pushbroom Hyperspectral Imaging



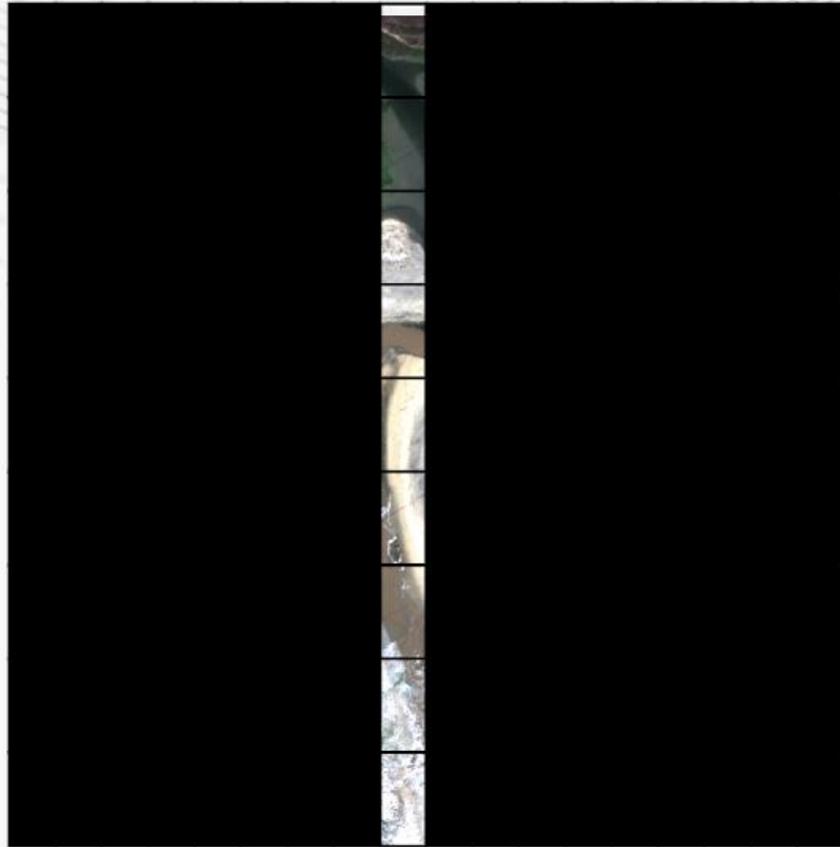
# Theory of Operation: Viewed through Slit



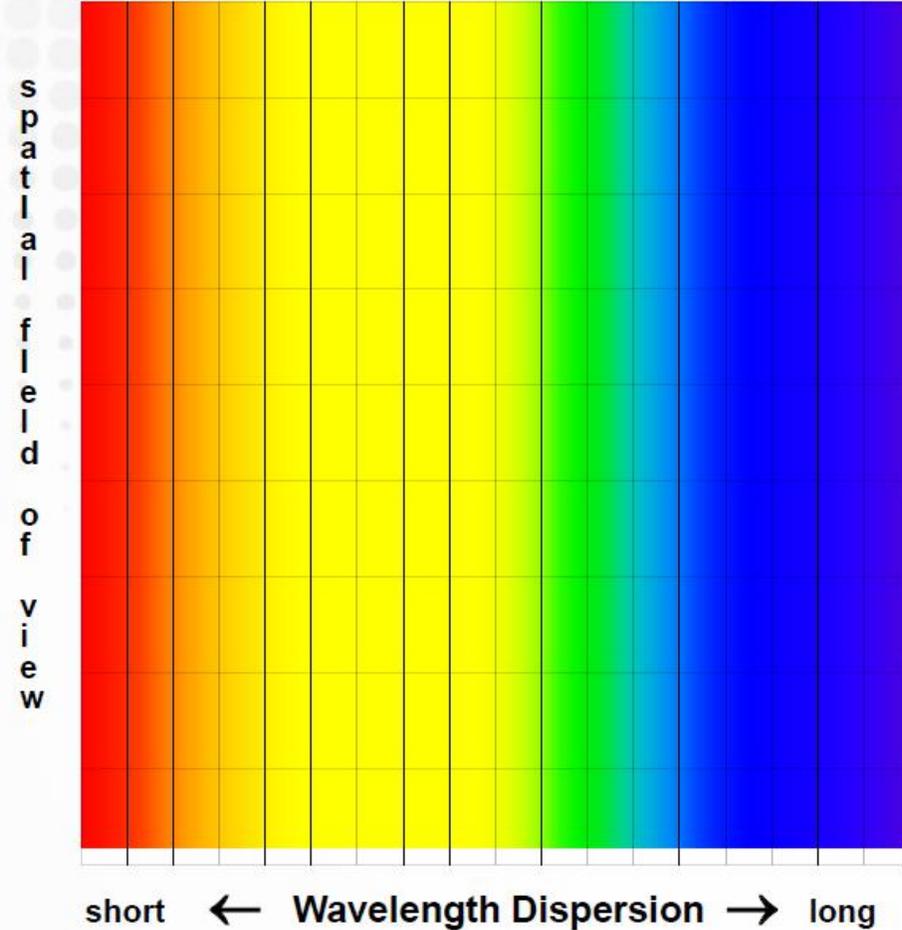
# Theory of Operation:

## Slit Imaged & Dispersed

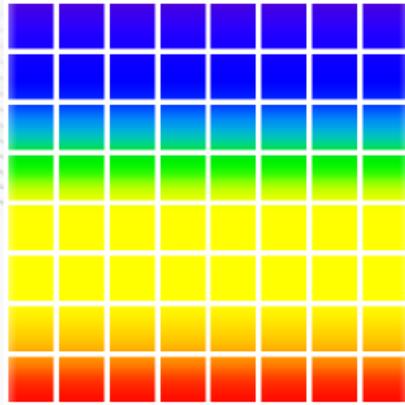
Slit



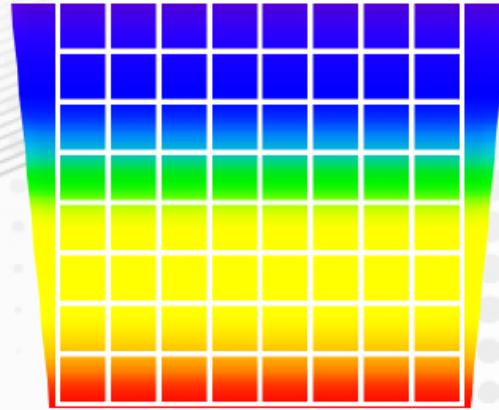
Focal Plane



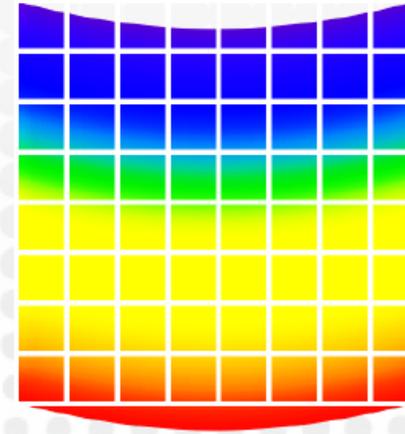
# Aberration Correction: Distortions



No Distortion  
Diffracted slit  
image is square on  
focal plane array



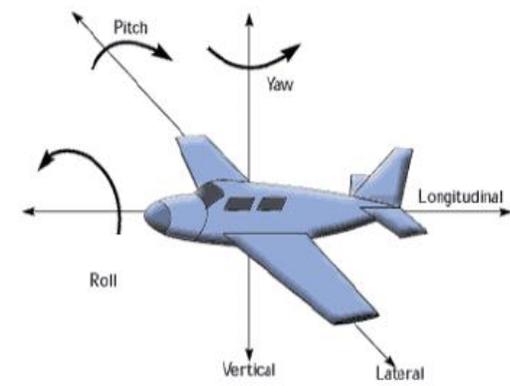
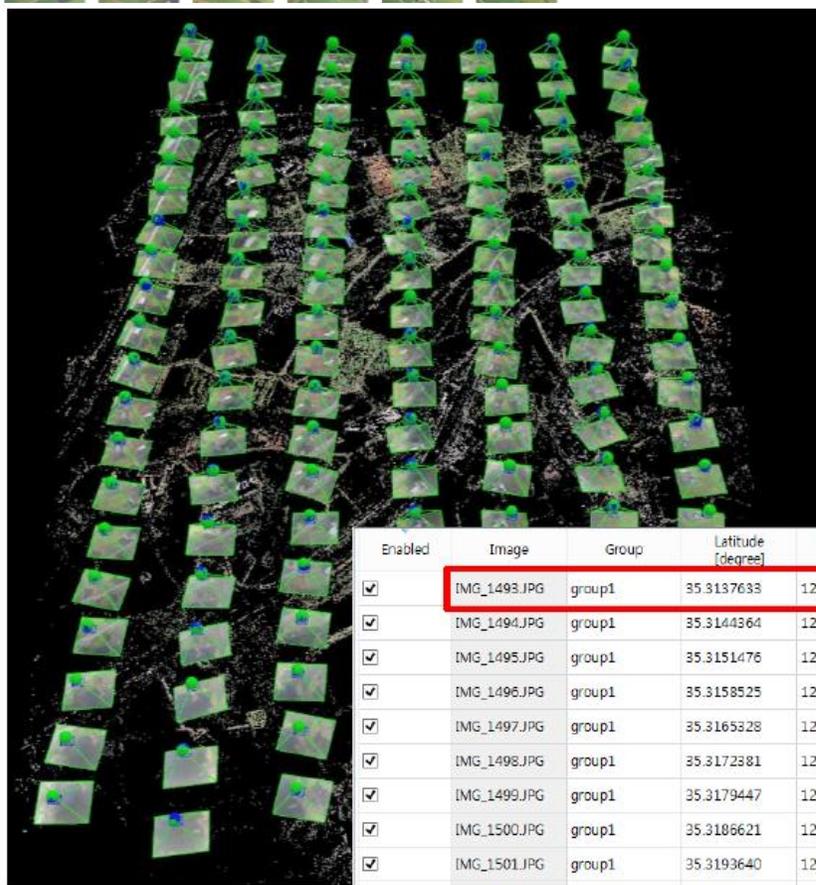
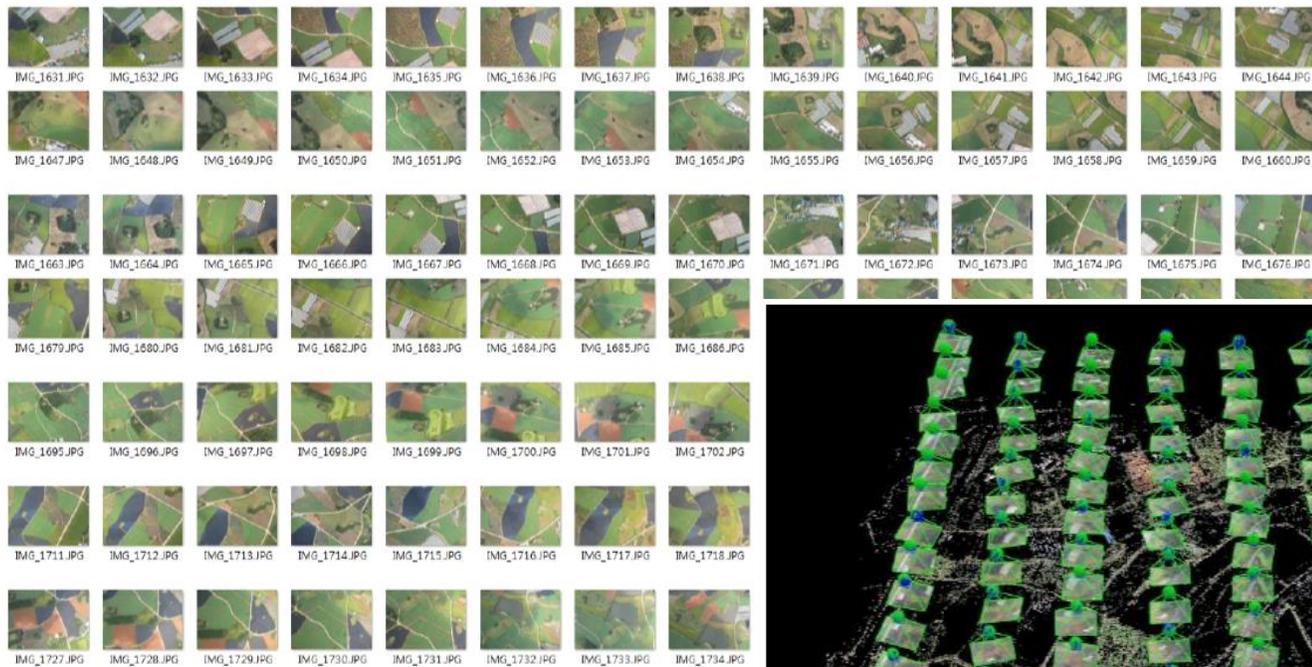
Keystone Distortion  
Diffracted slit image  
is keystone shaped  
on focal plane array



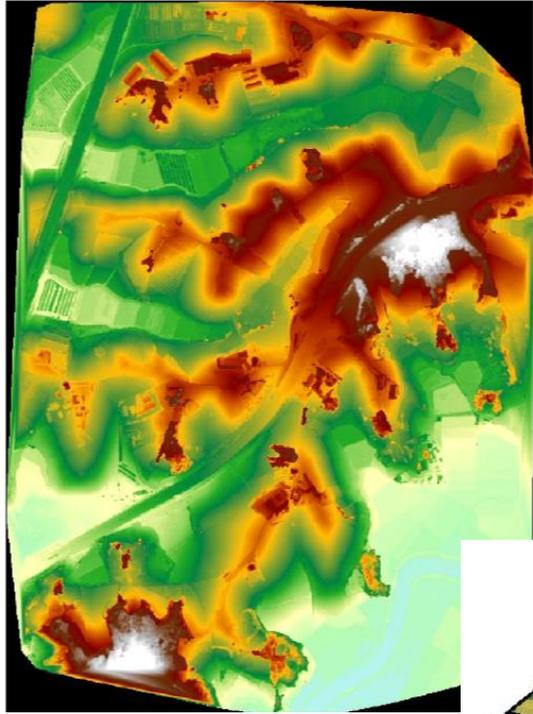
Smile Distortion  
Diffracted slit image  
is curved on focal  
plane array

**Keystone & Smile Distortion causes Poor Spectral and Spatial Purity in collected data**

- **Headwall concentric spectrograph and aberration corrected gratings result is practically no keystone or smile distortion**



| Enabled                             | Image        | Group  | Latitude [degree] | Longitude [degree] | Altitude [m] | Accuracy Horz [m] | Accuracy Vert [m] | Omega [degree] | Phi [degree] | Kappa [degree] |
|-------------------------------------|--------------|--------|-------------------|--------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1493.JPG | group1 | 35.3137633        | 126.5704309        | 324.107      | 13.355            | 9.550             | 2.77917        | 5.87873      | -2.18210       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1494.JPG | group1 | 35.3144364        | 126.5704868        | 325.347      | 13.108            | 9.400             | -0.64494       | 3.74358      | -4.63194       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1495.JPG | group1 | 35.3151476        | 126.5705044        | 325.281      | 13.253            | 9.365             | 0.52564        | -1.05383     | -1.89387       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1496.JPG | group1 | 35.3158525        | 126.5705388        | 322.391      | 13.335            | 9.512             | 2.48143        | -4.10376     | -10.04439      |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1497.JPG | group1 | 35.3165328        | 126.5705276        | 323.718      | 13.045            | 9.400             | 2.16092        | 7.25455      | -11.34608      |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1498.JPG | group1 | 35.3172381        | 126.5705567        | 320.763      | 13.220            | 9.463             | 8.28781        | -3.44816     | -6.87694       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1499.JPG | group1 | 35.3179447        | 126.5705547        | 321.261      | 13.227            | 9.463             | 10.72398       | 0.70044      | -9.62222       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1500.JPG | group1 | 35.3186621        | 126.5705573        | 321.816      | 13.300            | 9.443             | 6.03950        | 1.94607      | -8.25563       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1501.JPG | group1 | 35.3193640        | 126.5705684        | 321.789      | 13.120            | 9.493             | 1.95841        | 2.19673      | -8.03625       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1502.JPG | group1 | 35.3200599        | 126.5706209        | 321.662      | 13.135            | 9.472             | 3.85907        | 1.18901      | -13.50767      |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1503.JPG | group1 | 35.3207855        | 126.5706096        | 321.262      | 13.203            | 9.503             | 4.71845        | 5.51082      | -11.32987      |
| <input checked="" type="checkbox"/> | IMG_1504.JPG | group1 | 35.3215181        | 126.5706143        | 321.228      | 13.210            | 9.503             | 3.33937        | 6.39738      | -8.91988       |



## Ecotope 분류 및 정확도 검증

### Step1 무인항공 영상 촬영

- 고정익 무인항공기(eBee senseFly) 활용
- 가시광선(Red, Green, Blue ; RGB) 및 근적외선

(Near infrared ; NIR) 영상 촬영

### Step2 무인항공 영상 전처리

- 영상융합(RGB 영상 + NIR 영상) 및 좌표보정

DSM(Digital Surface Model) 추출

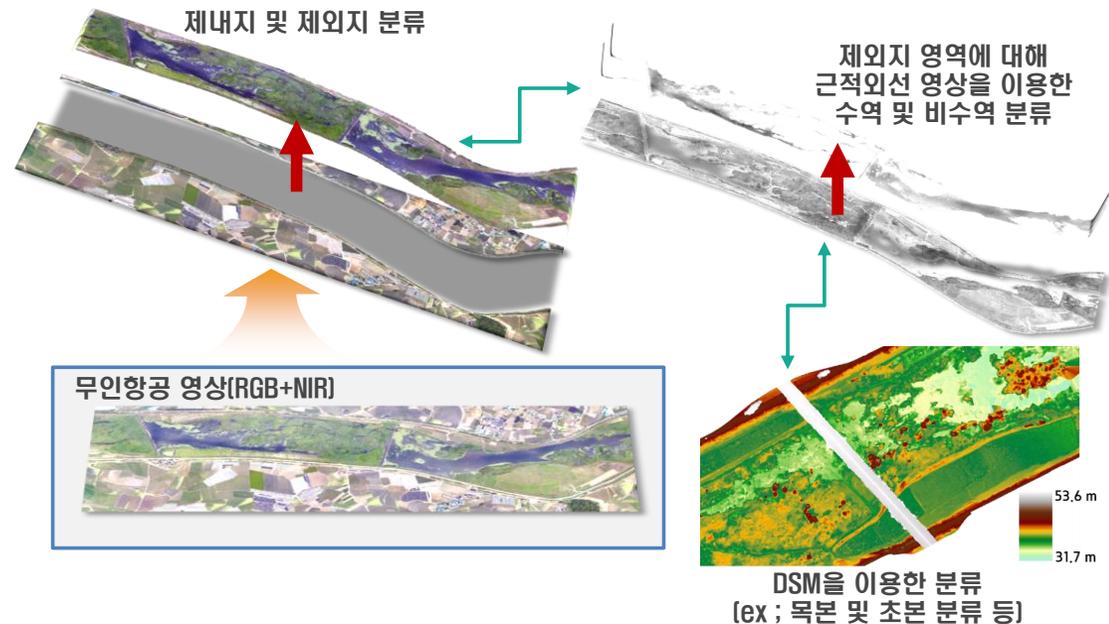
### Step3 영상분류방법을 이용한 Ecotope 분류

- 계층분류 기반의 객체기반 분류 수행
- 계층분류 :
  - ✓ 분류하고자 하는 대상체의 조밀함이 제외지가 크므로 제내지 및 제외지로 우선 분류
  - ✓ 제외지 영역에서 물에 의한 영향을 줄이고자 수역과

비수역으로 분류

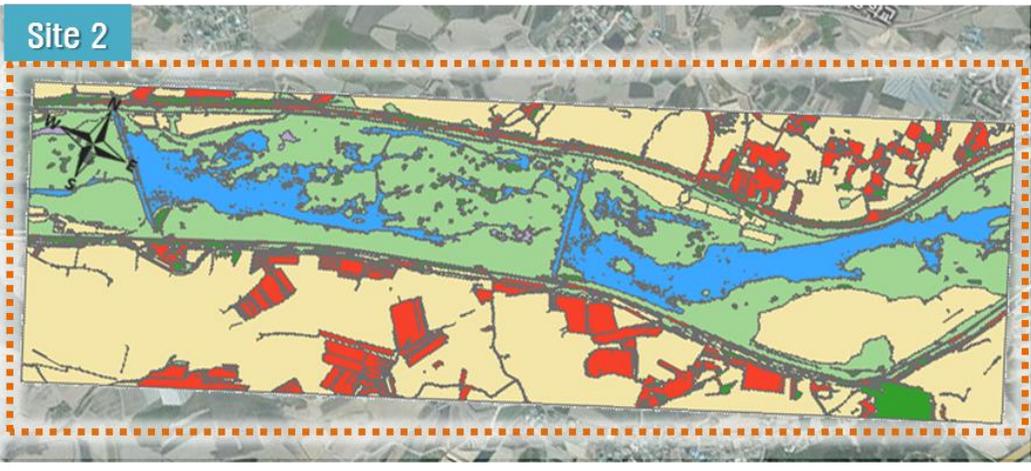
### Step4 정확도 검증

- 기존 디지털지정 자료와의 비교 검증(Error Matrix)
- 추후 현장조사를 통한 검증 및 보정 수행



# Ecotope 자동분류 및 정확도 검증

- 무인항공영상 계층객체기반 분류기법의 정확도 검증을 위해 현장조사 및 육안판독에 의한 감독분류를 대조군으로 정확도 검증 시행 → 정확도 94.3%
- 하천공간 복원대상지의 에코톱추이분석 및 복원설계 · 모니터링에 활용



| 주하도       | 습지         | 초본식생 | 목본식생 | 인공토지 | 인공시설물 |
|-----------|------------|------|------|------|-------|
| Kappa     | Quality    |      |      |      |       |
| < 0.0     | Worst      |      |      |      |       |
| 0.0 ~ 0.2 | Poor       |      |      |      |       |
| 0.2 ~ 0.4 | Reasonable |      |      |      |       |
| 0.4 ~ 0.6 | Good       |      |      |      |       |
| 0.6 ~ 0.8 | Very good  |      |      |      |       |
| 0.8 <     | Excellent  |      |      |      |       |

| Ecotope 범례 | Site 1               |        | Site 2               |        |
|------------|----------------------|--------|----------------------|--------|
|            | 면적 (m <sup>2</sup> ) | 비율 (%) | 면적 (m <sup>2</sup> ) | 비율 (%) |
| 주하도        | 133,119              | 8.1    | 195,860              | 11.3   |
| 습지         | 1,503                | 0.1    | 4,466                | 0.3    |
| 초본         | 579,908              | 35.5   | 514,171              | 29.6   |
| 목본         | 28,577               | 1.7    | 65,169               | 3.8    |
| 경작지        | 698,601              | 42.8   | 746,822              | 43.0   |
| 인공시설       | 192,283              | 11.8   | 209,211              | 12.1   |
| 합계         | 1,633,991            | 100.0  | 1,735,699            | 100.0  |

| Ecotope 분류 데이터 | 참조자료(현장조사 및 육안판독) |       |      |      |       |       |     | 합계    | 사용자 정확도(%) |
|----------------|-------------------|-------|------|------|-------|-------|-----|-------|------------|
|                | 인공 시설물            | 인공 토지 | 초본   | 주하도  | 습지    | 목본    |     |       |            |
| 인공 시설물         | 50                | -     | -    | -    | -     | -     | 50  | 100.0 |            |
| 인공 토지          | -                 | 50    | -    | -    | -     | -     | 50  | 100.0 |            |
| 초본             | -                 | -     | 50   | -    | -     | -     | 50  | 100.0 |            |
| 주하도            | -                 | -     | -    | 50   | -     | -     | 50  | 100.0 |            |
| 습지             | -                 | -     | 1    | 6    | 43    | -     | 50  | 86.0  |            |
| 목본             | -                 | -     | 10   | -    | -     | 40    | 50  | 80.0  |            |
| 합계             | 50                | 50    | 61   | 56   | 43    | 40    | 300 |       |            |
| 생산자 정확도 (%)    | 100.0             | 100   | 82.0 | 89.3 | 100.0 | 100.0 |     |       |            |
| 전체 정확도 (%)     | 94.3              |       |      |      |       |       |     |       |            |
| Kappa 계수       | 0.93(Excellent)   |       |      |      |       |       |     |       |            |

● 영상분류 방법을 이용하여 작성한 Ecotope map의 정확도 검증을 수행하였으며, 전체 정확도는 94.3 %, Kappa 계수는 0.93(Excellent)으로 산정

## 무인항공기/육안판독을 통한 현장조사 및 피복분류

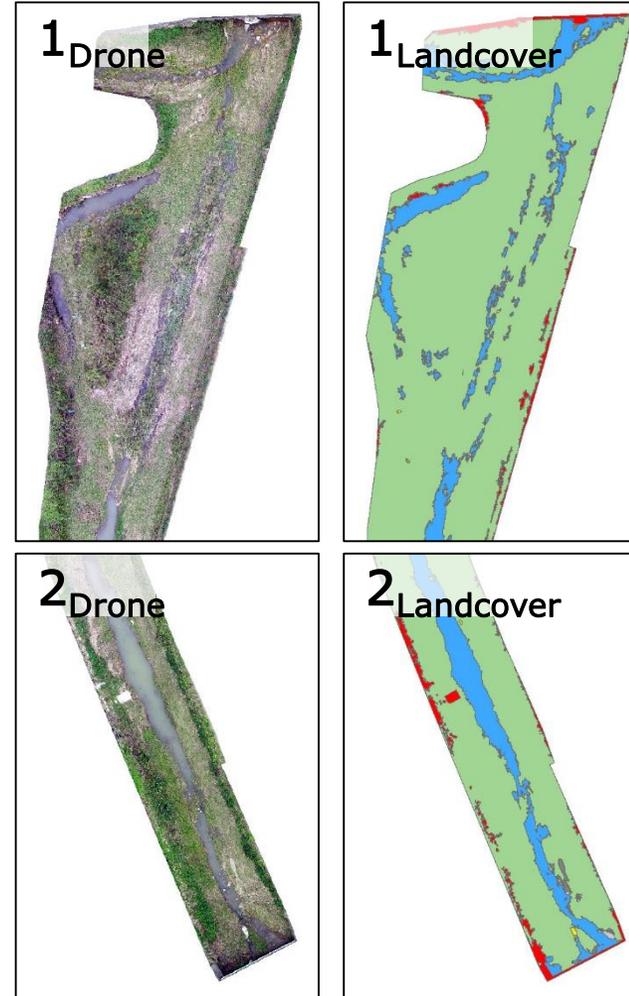
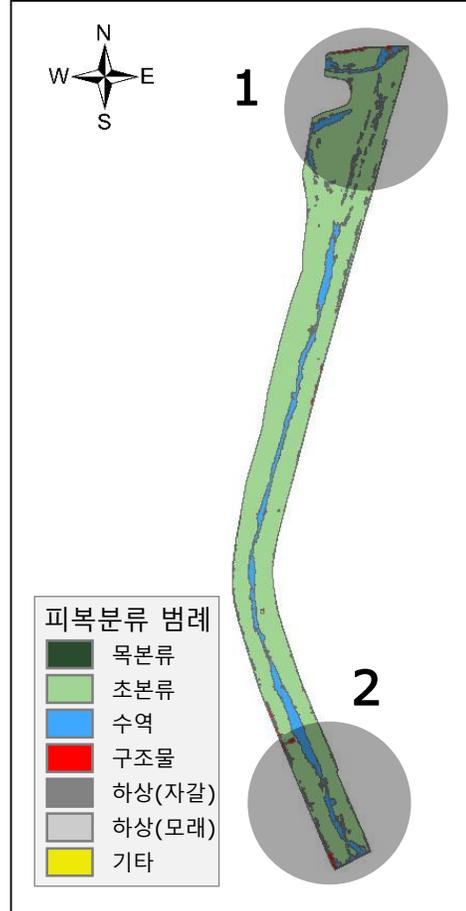
### ○ 봉곡천 I

- 하상재료 : 호박돌, 자갈, 모래
- 제방재료 : 콘크리트
- 하 폭 : 약 11 m
- 식생특성 : 초본우점형(고마리 90% 이상)



[유송잡물집적 형태] [주요식생(우)]

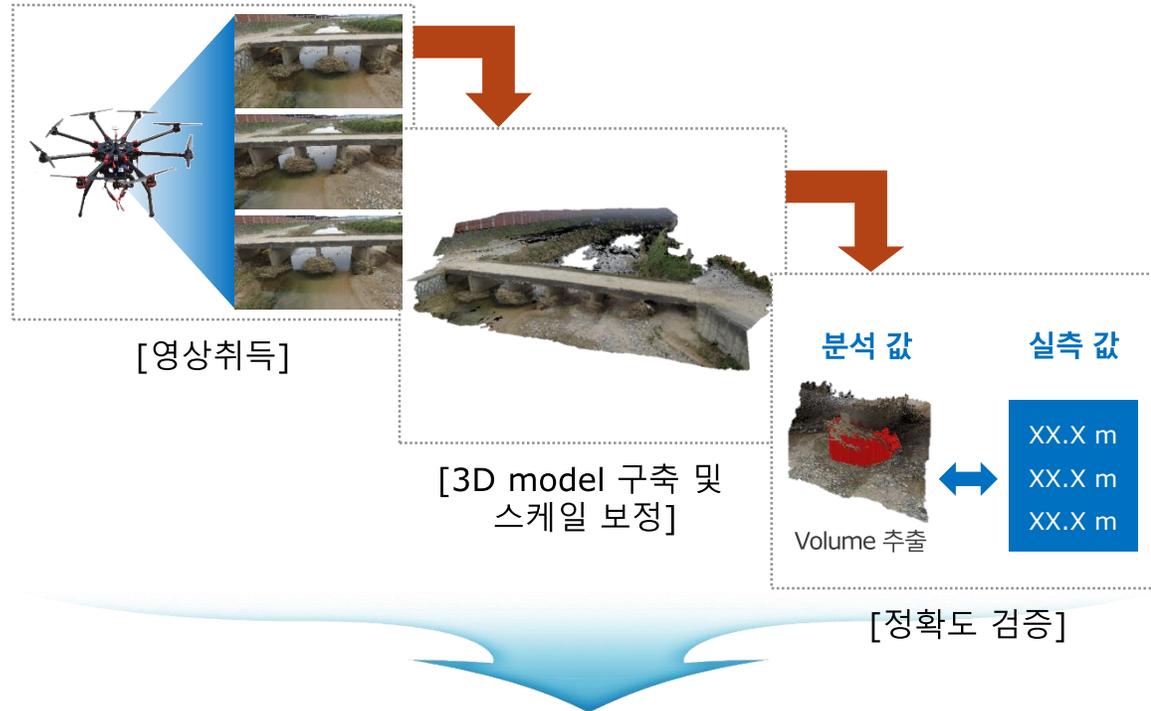
| 피복범례      | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)         |
|-----------|---------------------|---------------|
| 목본류       | 0.00                | 0.00          |
| 초본류       | 3,346.45            | 85.43         |
| 수역        | 452.92              | 11.56         |
| 구조물       | 105.53              | 2.69          |
| 하상(자갈)    | 7.24                | 0.19          |
| 하상(모래)    | 1.38                | 0.04          |
| 기타        | 3.54                | 0.09          |
| <b>합계</b> | <b>3,917.07</b>     | <b>100.00</b> |



## 무인항공 영상을 이용한 유송잡물 집적량 산정



- 영상분석을 통한 유송잡물 집적량 산정
  - 스케일 보정을 위한 컨트롤 라인 설치
  - UAV를 통한 3D model 용 영상 취득
  - 사진측량 방식을 활용한 3D model 구축
  - 레퍼런스 라인을 통한 스케일 보정
  - 볼륨 추출을 위한 3D model 후처리
  - 유송잡물 집적량 볼륨 추출
- 집적량 정확도 검증
  - 정확도 검증을 위한 레퍼런스 라인 설치
  - 후처리 완료 후 3D model 상의 분석 값과 실측 값의 비교 분석
  - 정확도 산출 및 검증
- 유송잡물 집적량 산정 최적화
  - 영상취득, 스케일 보정, 후처리 등 단계별 과정에 대한 최적화 방안 도출
  - 유송잡물 집적량 산정 정확도 향상

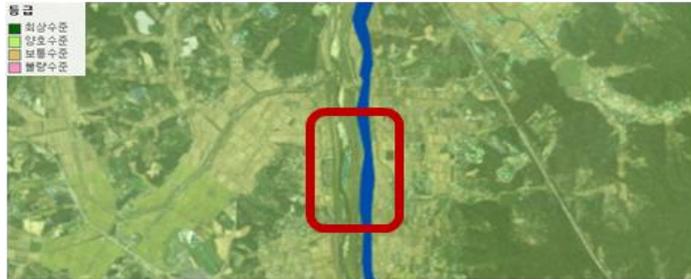


**유송잡물 집적량 산정 최적화**

# 면단위 하천환경 평가 방안 조사

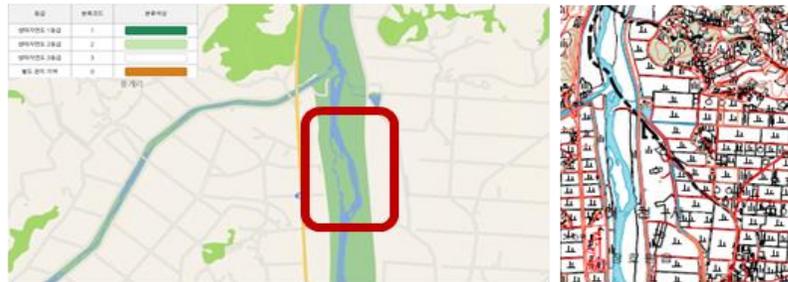
## • 기존 공간정보 서비스 현황 (청미천 대상지)

- 환경부(국가환경지도시스템)
  - 수생태계 건강성 평가(서식 및 수변환경) 결과



- ✓ 중권역 단위, 4등급 평가
- ✓ '15년 1차 평가 최신자료
- ⇒ 대상지 전체 1개 등급으로 표시, 서식 및 수변환경 상세 정보 제공 없음

- 환경부(EGIS 환경공간정보서비스)
  - 생태자연도 평가 결과



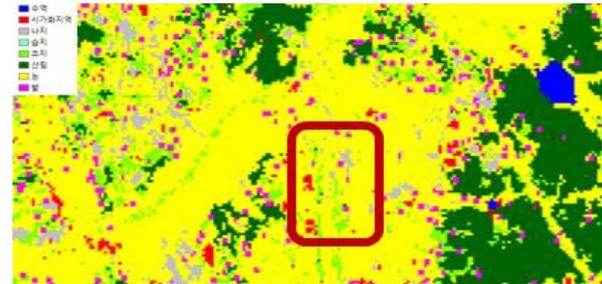
- ✓ 1~3등급, 별도관리지역, 식생도 추가 제공
- ✓ '16년 고시 최신자료
- ⇒ 제외지 수변 공간 상세 정보 제공 없음

- 환경부(EGIS 환경공간정보서비스)
  - 토지피복도



- ✓ 대분류(7항목), 중분류(22항목), 세분류(41항목) 표시
- ✓ '15년 최신자료
- ⇒ 세분류는 일부 지역만 자료 존재, 제외지 수변공간은 하천, 강기슭, 내륙습지 로만 구분

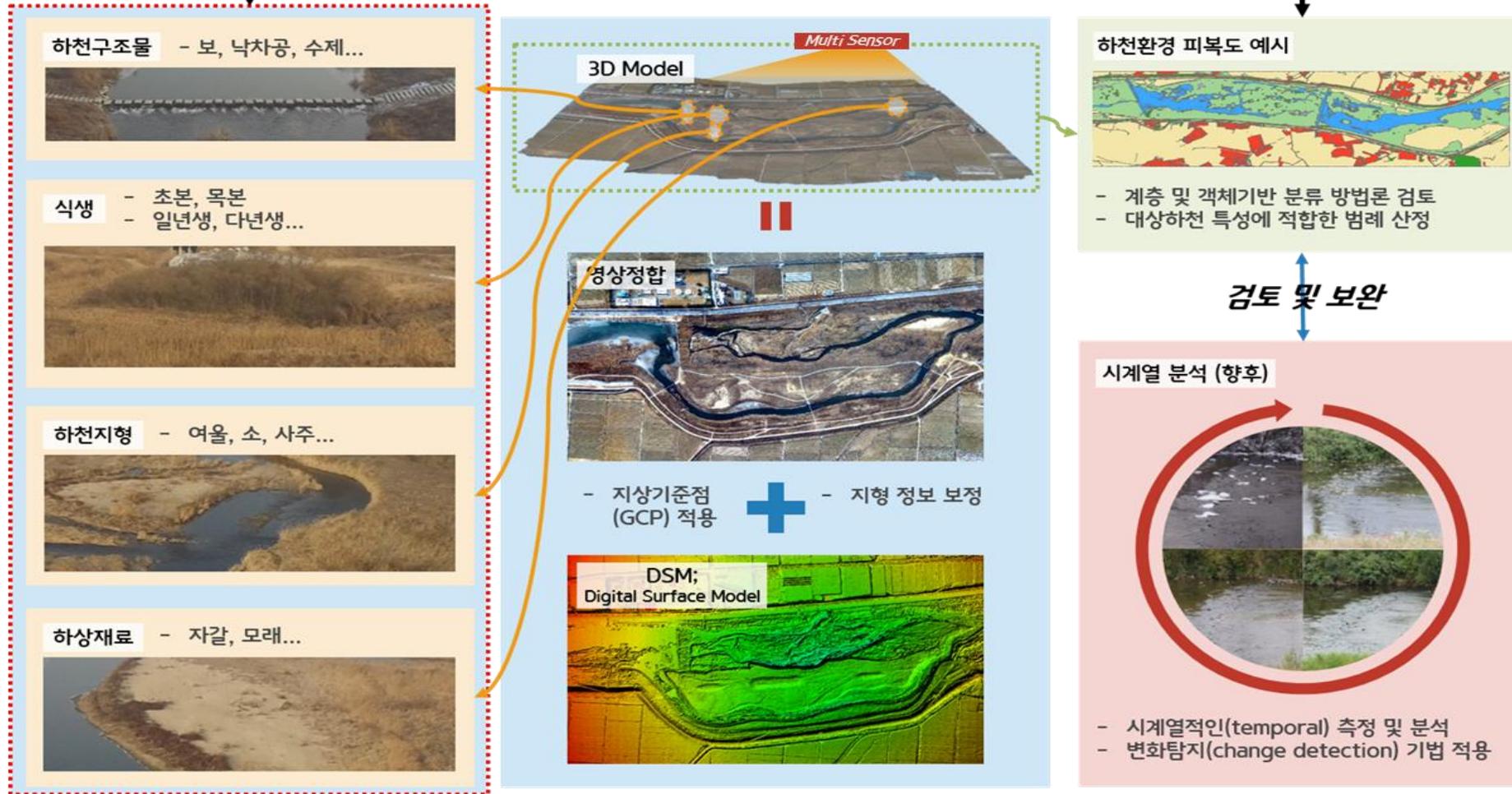
- 국토부(WAMIS국가수자원관리종합정보시스템)
  - 토지피복도



- ✓ 대분류(8항목) 표시
- ✓ '00년 최신자료
- ⇒ 불명확, 제외지 수변공간은 시가화, 논나지, 초지 로만 구분

# 면단위 하천환경 평가 방안 조사

## 검토 및 보완



원격탐사(RS) 기법을 이용한 하천환경 평가 인자별 조사항목 가용데이터 보완 및 업데이트 방법론 제시



NIR-Visible  
Sensor

보정  
검증



분광복사계  
(Spectral radiometer)

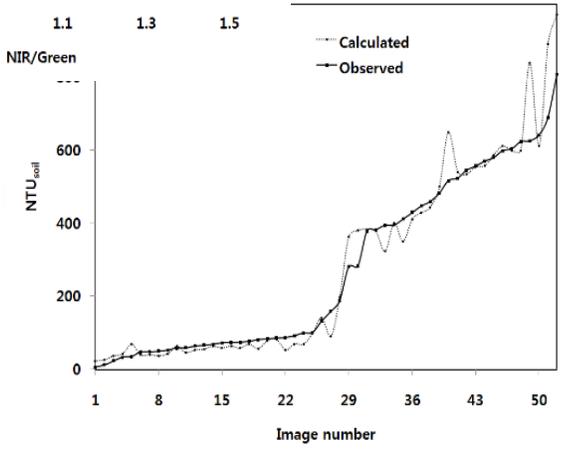
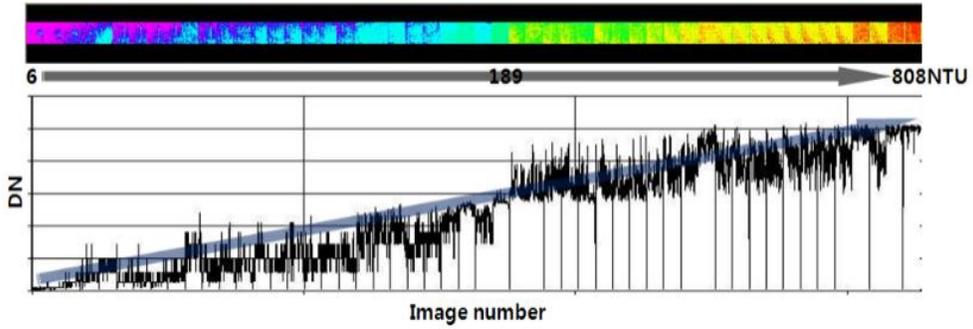
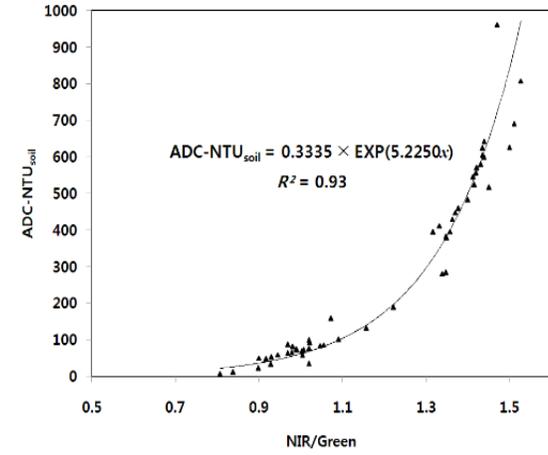
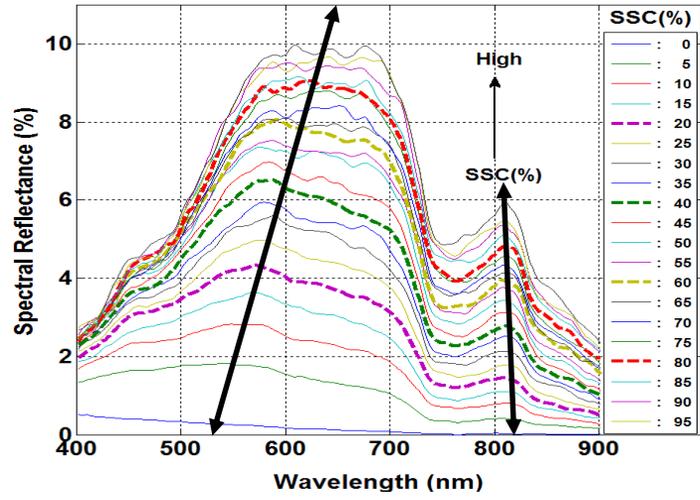
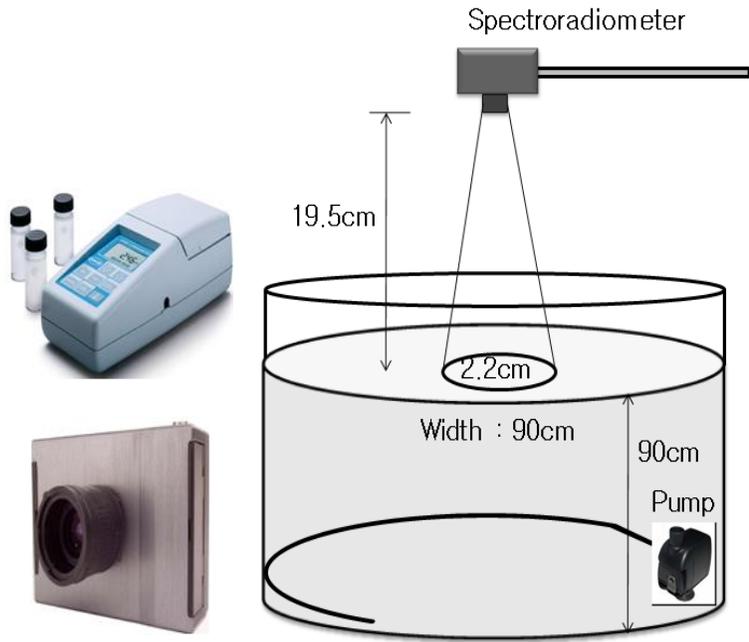
보정  
검증



Hyperspectral  
Sensor

| Image | Specification of sensor |                 |
|-------|-------------------------|-----------------|
|       | Wavelength range        | 400-1000 nm     |
|       | Spatial bands           | 640             |
|       | Spectral bands          | 270             |
|       | Scan mode               | Push-broom      |
|       | Lens                    | 17 mm, FOV15.9° |
|       | Output                  | 16 bit          |

# 탁도분석



# 측정 대상체

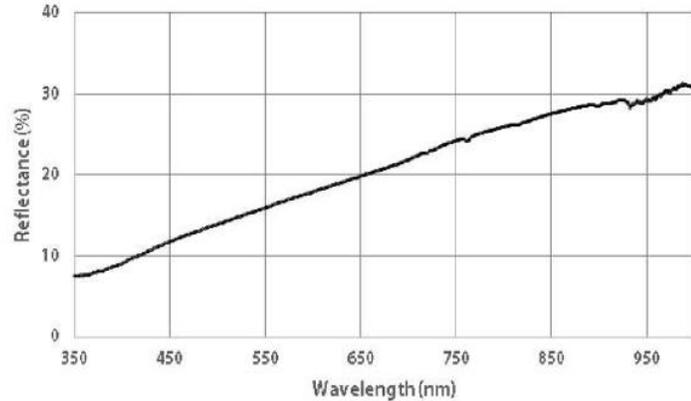
- 하천공간 : 잔디, 썩, 갈대, 왕고들빼기, 명아자여뀌,애기부들, 물억새, 왕버들, 조경석, 모래, 수심 등
- 하천공간에 대한 분광라이브러리(Spectral Library) 구축 중

|       |     |                                |        |     |                |
|-------|-----|--------------------------------|--------|-----|----------------|
| 측정 날짜 | 일   | 2017년 4월 21일                   | 경위도 좌표 | X   | 36:13':11.70"  |
|       | 시간  | 오후 12시 01분                     |        | Y   | 127:05':39.92" |
| 태양    | 방위  | N162°04' 53.6"E                | 대상체    | 기온  | 16.5           |
|       | 고도  | 65°43' 40.9"                   |        | 대상체 | 마른초본           |
| 설명    | 기상  | 구름이 없이 햇빛이 강하며 바람이 거의 없는 맑은 날씨 |        |     |                |
|       | 대상물 | (Red:175, Green:171, Blue:144) |        |     |                |



마른 초본

마른초본



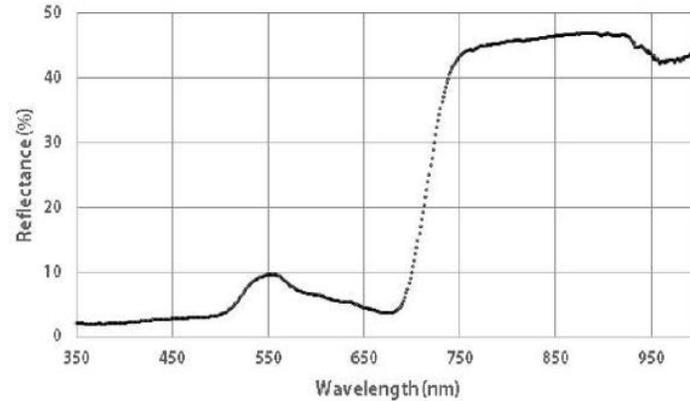
마른초본 분광반사율

|       |     |                                |        |     |                |
|-------|-----|--------------------------------|--------|-----|----------------|
| 측정 날짜 | 일   | 2017년 4월 21일                   | 경위도 좌표 | X   | 36:13':11.93"  |
|       | 시간  | 오후 12시 02분                     |        | Y   | 127:05':40.75" |
| 태양    | 방위  | N162°04' 53.6"E                | 대상체    | 기온  | 16.5           |
|       | 고도  | 65°43' 40.9"                   |        | 대상체 | 초본             |
| 설명    | 기상  | 구름이 없이 햇빛이 강하며 바람이 거의 없는 맑은 날씨 |        |     |                |
|       | 대상물 | (Red:81, Green:133, Blue:33)   |        |     |                |



초본

초본



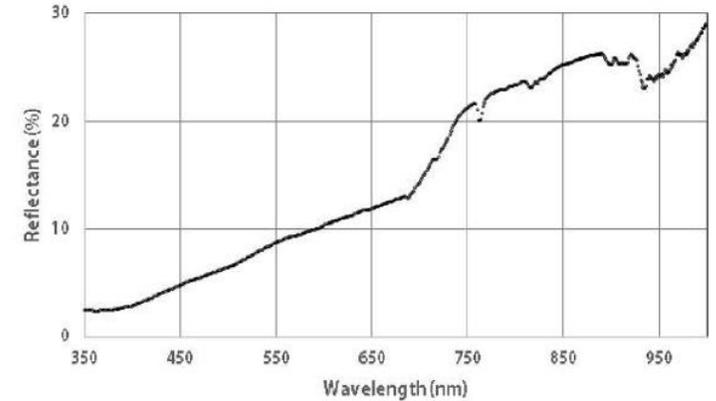
초본 분광반사율

|       |     |                                |        |     |                |
|-------|-----|--------------------------------|--------|-----|----------------|
| 측정 날짜 | 일   | 2017년 4월 21일                   | 경위도 좌표 | X   | 36:13':11.78"  |
|       | 시간  | 오전 11시 58분                     |        | Y   | 127:05':38.72" |
| 태양    | 방위  | N162°04' 53.6"E                | 대상체    | 기온  | 16.5           |
|       | 고도  | 65°43' 40.9"                   |        | 대상체 | 갈대             |
| 설명    | 기상  | 구름이 없이 햇빛이 강하며 바람이 거의 없는 맑은 날씨 |        |     |                |
|       | 대상물 | (Red:144, Green:126, Blue:80)  |        |     |                |



갈대

갈대



갈대 분광반사율

|       |     |  |        |   |                 |
|-------|-----|--|--------|---|-----------------|
| 측정 날짜 | 일   | 2017년 4월 21일                                   | 경위도 좌표 | X | 36°13' :10.16"  |
|       | 시간  | 오후 12시 04분                                     |        | Y | 127°05' :40.48" |
| 태양    | 방위  | N162°4' 53.6"E                                 | 기온     |   | 16.5            |
|       | 고도  | 65°43' 40.9"                                   | 대상체    |   | 목본              |
| 설명    | 기상  | 구름이 없이 햇빛이 강하며 바람이 거의 없는 맑은 날씨                 |        |   |                 |
|       | 대상물 | 녹색을 띄는 잎사귀를 가진 목본(Red:132, Green:152, Blue:91) |        |   |                 |

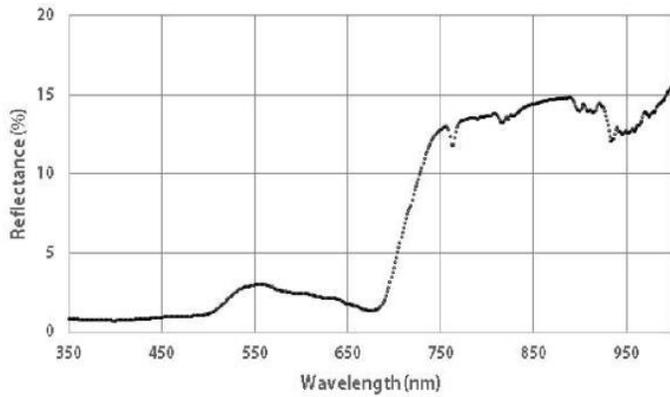
|       |     |                                |        |   |                 |
|-------|-----|--------------------------------|--------|---|-----------------|
| 측정 날짜 | 일   | 2017년 4월 21일                   | 경위도 좌표 | X | 36°13' :11.33"  |
|       | 시간  | 오후 12시 09분                     |        | Y | 127°05' :42.03" |
| 태양    | 방위  | N162°04' 53.6"E                | 기온     |   | 16.5            |
|       | 고도  | 65°43' 40.9"                   | 대상체    |   | 도로(밝은곳)         |
| 설명    | 기상  | 구름이 없이 햇빛이 강하며 바람이 거의 없는 맑은 날씨 |        |   |                 |
|       | 대상물 | (Red:161, Green:157, Blue:145) |        |   |                 |

|       |     |                                |        |   |                 |
|-------|-----|--------------------------------|--------|---|-----------------|
| 측정 날짜 | 일   | 2017년 4월 21일                   | 경위도 좌표 | X | 36°13' :11.79"  |
|       | 시간  | 오전 11시 57분                     |        | Y | 127°05' :38.45" |
| 태양    | 방위  | N162°04' 53.6"E                | 기온     |   | 16.5            |
|       | 고도  | 65°43' 40.9"                   | 대상체    |   | 물               |
| 설명    | 기상  | 구름이 없이 햇빛이 강하며 바람이 거의 없는 맑은 날씨 |        |   |                 |
|       | 대상물 | (Red:141, Green:144, Blue:117) |        |   |                 |



목본

목본

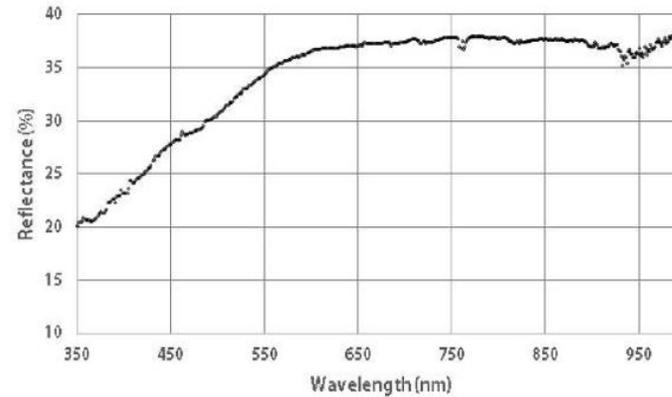


목본 분광반사율



도로(밝은곳)

도로(밝은곳)

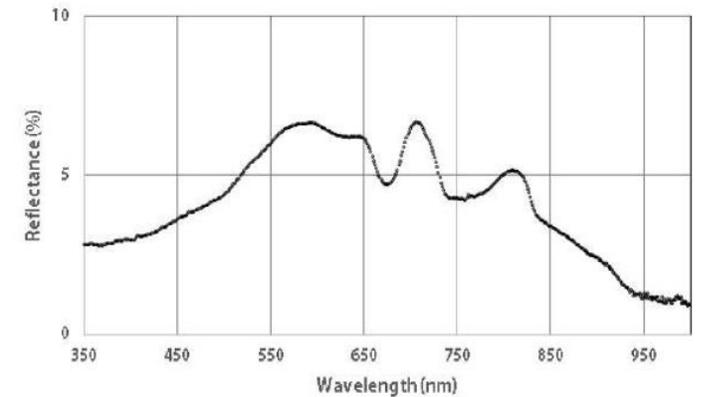


도로(밝은곳) 분광반사율



물

물



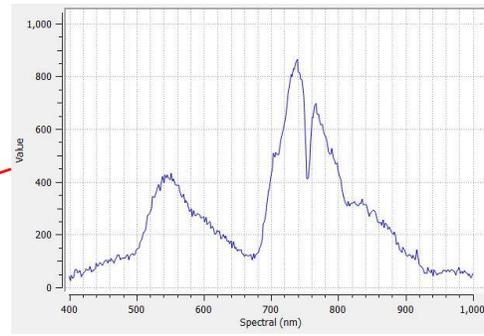
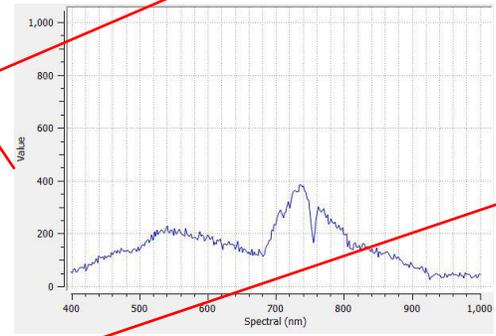
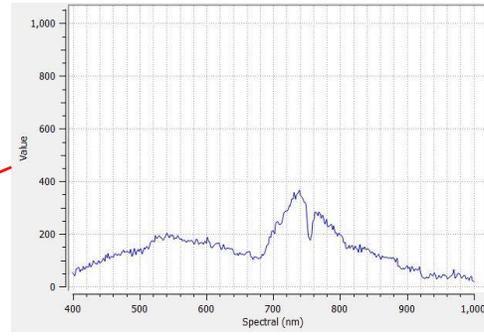
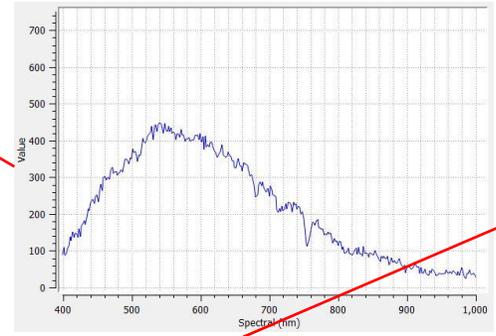
물 분광반사율

위성(구글)

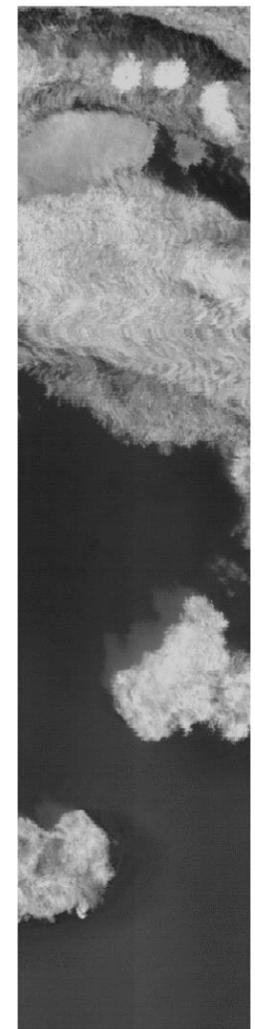


초분광영상  
정확도 향상

### 초분광영상 인자별 스펙트럼(하상재료, 수역, 식생 등)



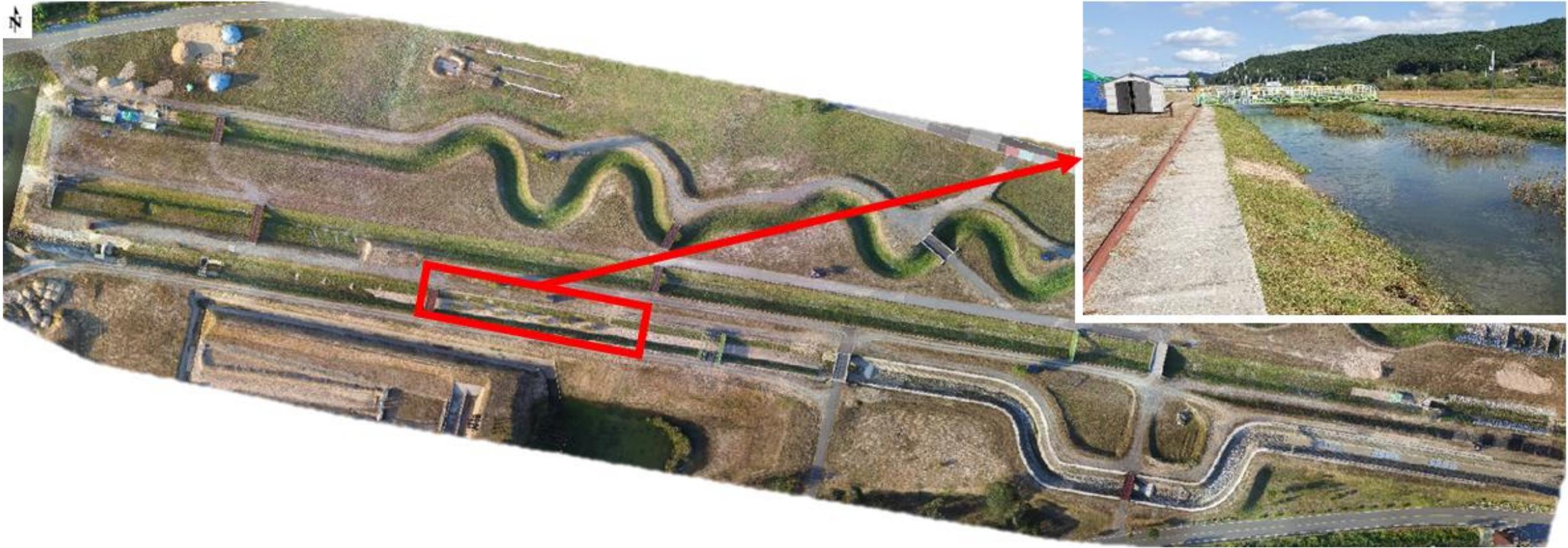
### NDVI 분류



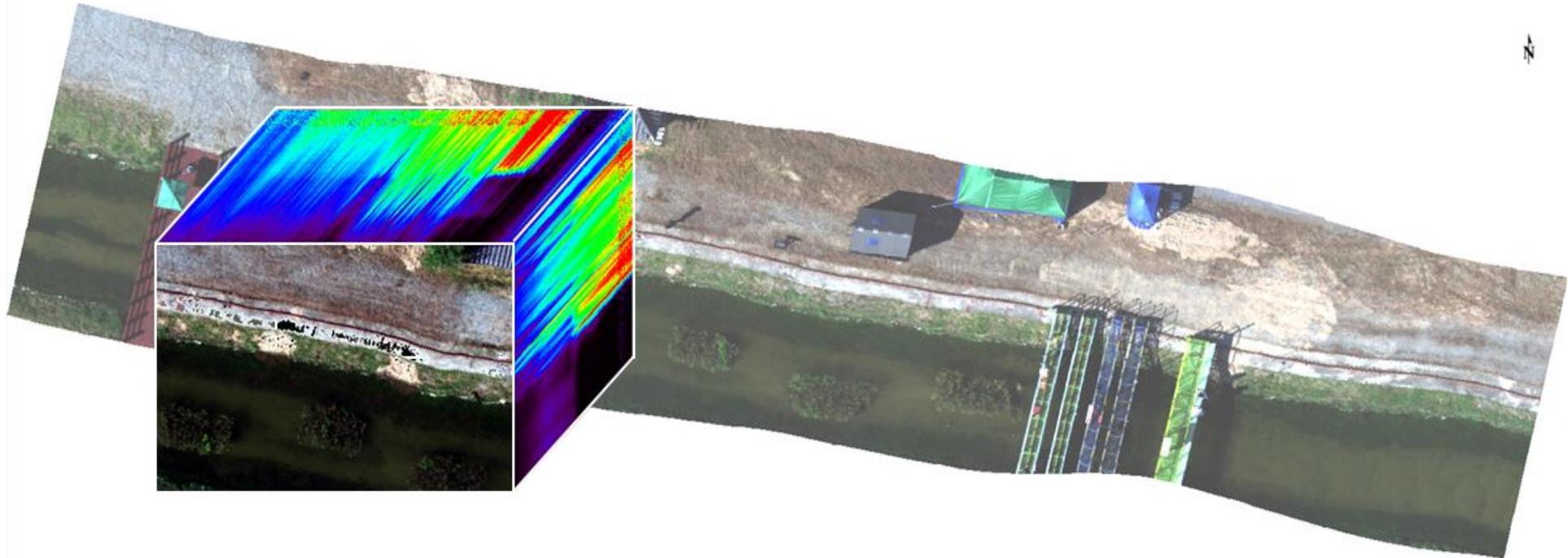
드론과 같은 소형 UAV를 활용하여 경제적인 비용으로 시공간해상도가 높은 영상을 획득하는 것이 가능하게 되었다. 더불어 분광정보를 수집하는 영상 장비의 발전으로 드론에 탑재가 가능한 경량의 소형 초분광센서가 개발됨으로써 보다 높은 분광해상도의 영상을 취득할 수 있게 되었다.

드론 기반 초분광 영상의 하천환경인자 분석을 통해 보다 세밀한 공간분류를 수행할 수 있을 것으로 기대되지만, 실제 이를 수행한 연구는 많지 않다. 본 연구는 효율적인 하천환경조사를 위해 소형 UAV를 활용하여 고해상도 초분광 영상을 취득하였으며, 차원축소법과 분류기 적용에 따른 공간 분류 정확도 평가를 통해 초분광 영상의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

- 연구대상지역 안동하천실험센터 시험하천은 우리나라 소하천에 존재하는 대표적인 하천환경요소들을 포함하고 있는 시설
- 영상 촬영 대상은 인공구조물, 식생, 하상재료 등 다양한 하천환경 인자로 구성되어 있으며, 일정한 수위가 유지되는 흐름이 있어 수역 및 비수역이 존재하는 구간 선정

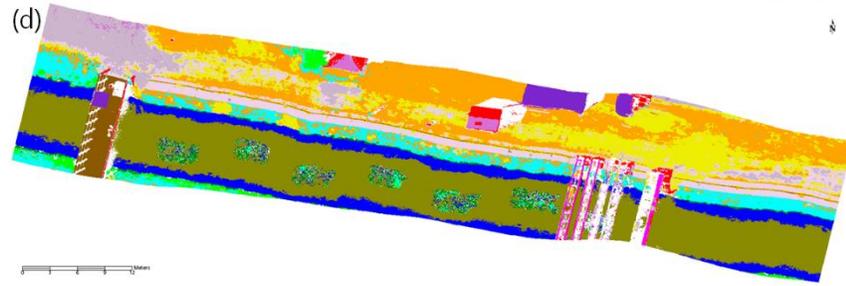
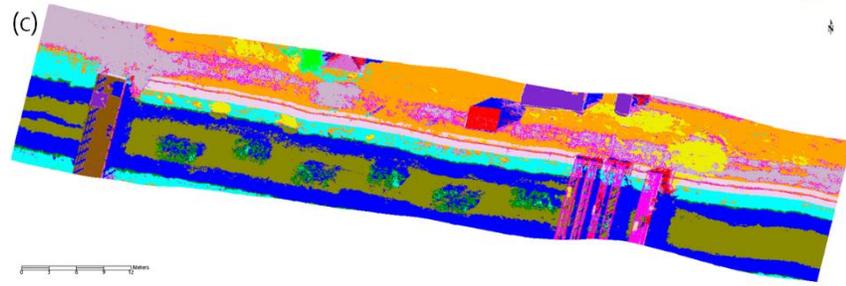
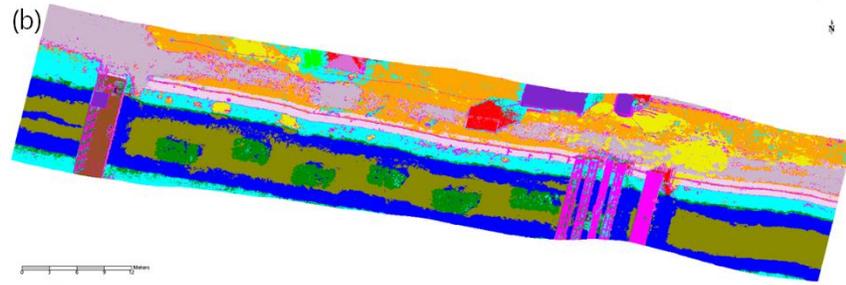


- 영상이 지니고 있는 화소별 고유한 값을 분석에 활용하기 위해서는 방사보정 및 기하보정을 수행
- 기기적인 방사보정은 초분광센서와 함께 제공되는 노출시간에 따른 복사보정 파일과 현장에서 수집한 Dark Reference 파일을 기반으로 원 영상을 각 화소별 복사휘도 값으로 변환
- 영상의 기하학적 왜곡은 초분광센서에 부착되어 있는 GPS/IMU로 촬영 시 획득한 자료를 통해 보정
- 태양복사에너지의 영향으로 인한 오차를 최소화하기 위해서는 반사율 개념을 적용
- 복사휘도 값에서 대기의 영향을 제거하는 대기보정을 추가적으로 수행
- 반사율은 현장에서 취득한 표준 백색판 값을 기준으로 전체 영상의 각 화소별 반사도 값을 산정하는 방식을 적용



표본자료의 대상 클래스는 하천환경의 공간적인 특성과 물질의 종류를 고려하였으며, 수역 및 비수역에 위치하는 식생(초본, 목본), 하상재료(모래, 자갈)와 인공 구조물(타일, 목재, 콘크리트 등) 총 14개 클래스를 선정

| Class            | Pixel count   |                |
|------------------|---------------|----------------|
|                  | Training data | Reference data |
| Herbal_land      | 453           | 1041           |
| Herbal_submerged | 526           | 1060           |
| Herbal_dried     | 386           | 1040           |
| Woody_land       | 311           | 404            |
| Woody_emerged    | 339           | 619            |
| Sand_land        | 398           | 784            |
| Sand_submerged   | 575           | 1040           |
| Gravel           | 387           | 600            |
| Tile type        | 312           | 467            |
| Plastic type     | 285           | 550            |
| Fabric type      | 382           | 924            |
| Timber type      | 280           | 378            |
| Steel type       | 335           | 500            |
| Concrete type    | 352           | 759            |



- Herbal\_land
- Herbal\_submerged
- Herbal\_dried
- Woody\_land
- Woody\_emerged
- Sand\_land
- Sand\_submerged
- Gravel
- Tile type
- Plastic type
- Fabric type
- Timber type
- Steel type
- Concrete type

| Class            | MLC<br>(OA: 96.19%) |              | SVM<br>(OA: 96.10%) |              |
|------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
|                  | Prod.<br>Acc.       | User<br>Acc. | Prod.<br>Acc.       | User<br>Acc. |
|                  | Herbal_land         | 99.23        | 96.36               | 99.33        |
| Herbal_submerged | 98.96               | 96.42        | 98.87               | 93.91        |
| Herbal_dried     | 99.04               | 99.42        | 100.00              | 99.05        |
| Woody_land       | 98.02               | 99.50        | 97.77               | 98.26        |
| Woody_emerged    | 97.90               | 99.02        | 94.83               | 100.00       |
| Sand_land        | 98.09               | 94.01        | 99.49               | 93.86        |
| Sand_submerged   | 96.25               | 99.60        | 95.38               | 98.80        |
| Gravel           | 99.83               | 97.24        | 98.67               | 99.50        |
| Tile type        | 71.73               | 96.54        | 64.03               | 92.86        |
| Plastic type     | 92.73               | 79.44        | 96.36               | 77.26        |
| Fabric type      | 100.00              | 100.00       | 99.89               | 100.00       |
| Timber type      | 89.68               | 98.26        | 97.88               | 96.35        |
| Steel type       | 97.40               | 86.65        | 94.20               | 98.13        |
| Concrete type    | 92.36               | 100.00       | 93.41               | 99.44        |

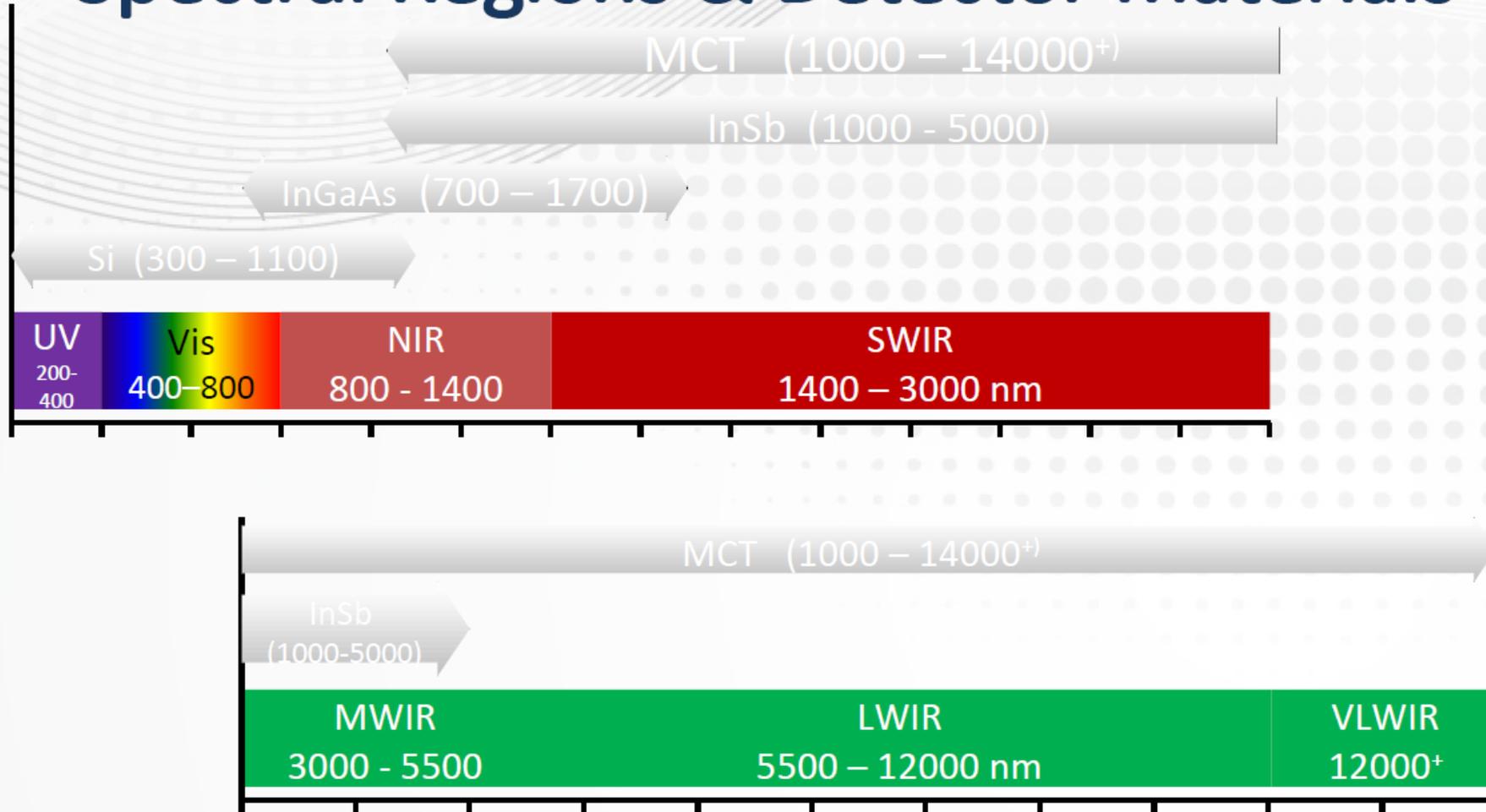
- MLC와 SVM 두 기법 적용에 따른 분류 정확도 평가 결과는 인공구조물 중 타일과 플라스틱 재질을 제외하고 80% 이상의 준수한 분류 정확도를 나타냈음
- 식생, 모래 및 자갈과 같은 자연물의 경우에는 90% 이상의 매우 높은 분류 정확도를 얻을 수 있었으며, 수중에 분포하는 식생과 모래도 높은 정확도로 분류됨을 확인
- 인공구조물 중 타일과 플라스틱 재질은 각각 생산자와 사용자 정확도가 낮게 나타났으며, 이는 육안분류결과 지붕의 경사 부분에서 주로 서로의 항목으로 오분류 되는 경향을 보임
- 모든 분류기법 적용 결과에서 경사 부분을 포함한 그림자 영역이 분류되지 않거나, 다른 클래스로 분류되어 분류 정확도에 영향을 미치는 것을 확인

- 본 연구는 저수로, 하상재료, 식생, 수변 생물 서식처 및 하천시설물 등 다양한 탐사대상체가 혼합된 분광특성을 나타내는 하천 환경 공간을 대상으로 보다 세밀한 분류를 위해 고해상도 초분광 영상의 획득 및 분석을 통해 활용 가능성을 제시하고자 하였음
- 연구 결과 드론으로 획득한 초분광 영상을 MNF 차원 축소법을 적용하여 하천환경 인자에 따른 MLC 감독 분류를 수행하였을 때, 가장 높은 분류정확도를 얻을 수 있었음
- 차원축소기법의 적용은 고유값을 포함하는 밴드 수가 많을수록 더 높은 정확도를 얻을 수 있는 반면, 밴드 수가 많고 대상 영역이 광범위 할수록 분석 효율이 떨어지므로 분석 환경을 고려하여 적절한 밴드 수 및 영역을 선택 하여야 함
- 분류기 적용 시 MLC 기법의 경우 수백 개의 밴드를 가지고 있는 초분광 영상에는 적용하기 어렵다는 한계점이 있지만, 보다 우수한 분류 결과를 얻을 수 있음

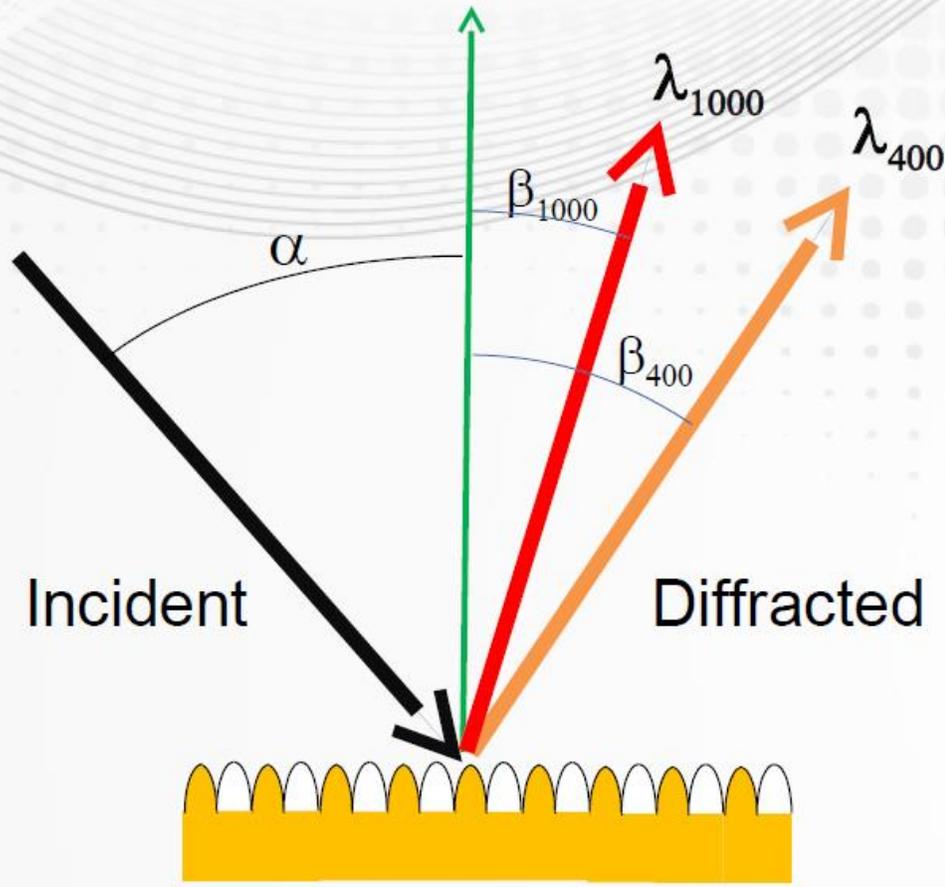
- 유사하게 높은 분류 정확도를 나타낸 SVM 기법의 경우, Li et al.(2017)의 연구 결과에 따르면, 식생을 분류 하는 경우에 더 우수한 결과를 얻을 수 있으므로 공간 분류 대상 및 목적에 따라 적합한 분류기를 정하는 판단이 필요
- 그림자 영역의 오분류를 보완하기 위해서는 드론을 활용하여 그림자가 발생하지 않는 시간대의 촬영이 중요 하지만, 정오에는 수체 표면 거울반사 영향을 받는 수역의 분광정보 활용도가 낮다는 점을 고려하여야 함
- 수역의 분광정보를 분석하는 경우 정확도 향상을 위해 추가적인 태양광 정반사 보정이 요구되며, 연구 목적에 따라 적절한 촬영 시간대를 선정하여야 함
- 향후에는 이와 같은 연구 결과를 기반으로 하천환경에 대한 드론 기반의 초분광 영상 자료를 축적하고, 지형 정보 자료 융합 및 알고리즘 개발을 통해 분류 정확도를 향상시킨다면, 초분광 영상과 하천환경 특성의 상관 관계 도출을 통해 하천환경관리 및 조사·평가에 활용할 수 있을 것으로 기대

**감사합니다**

# Electromagnetic Waves: Spectral Regions & Detector Materials



# What's a Grating?



Gratings disperse color according to:

$$\sin(\alpha) + \sin(\beta) = m\lambda f$$

- $\alpha$  Angle of incidence
- $\beta$  Angle of diffraction
- $m$  Order number  
 $m = \pm 0, 1, 2, 3 \dots$
- $\lambda$  Wavelength
- $f$  Groove frequency