

초분광 영상의 최대 강도값과 하천 수심의 상관성 분석

Correlation Analysis on the Water Depth and Peak Data Value of Hyperspectral Imagery

강준구¹ · 이창훈² · 여홍구¹ · 김종태^{2*}

¹한국건설기술연구원 국토보전연구본부, ²주식회사 자연과기술

Joongu Kang¹, Changhun Lee², Hongkoo Yeo¹ and Jongtae Kim^{2*}

¹Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang 10223, Korea

²Nature and Technology Inc., Yecheon-gun 36849, Korea

Received 24 September 2019, revised 26 September 2019, accepted 26 September 2019, published online 30 September 2019

ABSTRACT: The hyperspectral images can be analyzed in more detail compared to the conventional multispectral images so they can be used for analyzing surface properties which are difficult to detect. Therefore, the purpose of this study is to obtain information on river environment by using actual depth data and drone-based images. For this purpose, this study acquired the image values for 100 points of 1 survey line using drone-based hyperspectral sensors and analyzed the correlation in comparison with the actual depth information obtained through ADCP. The ADCP measurements showed that the depth tended to get deeper toward the center and that the average water depth was 0.81 m. As a result of analyzing the hyperspectral images, the value of maximum intensity was 645 and the value of minimum intensity was 278, and the correlation between the actual depth and the results of analyzing the hyperspectral images showed that the depth increased as the value of maximum intensity decreased.

KEYWORDS: Correlation coefficient, Drone, Hyperspectral, Peak data value, Water depth

요 약: 초분광 영상은 기존 다중분광 영상에 비해 보다 세밀한 분석이 가능하며 감지가 어려운 지표 성질의 분석에 유용하게 활용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 수심에 대한 실측데이터와 드론 기반의 영상을 이용하여 하천환경 정보를 획득하는 것이 목적으로서 이를 위해 드론 기반의 초분광 센서를 활용하여 1개 측선 100개 지점에 대한 영상값을 취득하였으며 ADCP를 통해 확보된 실제 수심정보와 비교하여 상관관계를 분석하였다. ADCP 측정결과 중앙으로 갈수록 수심이 깊어지는 경향을 보이고 있으며 수심은 평균 0.81 m로 나타났다. 초분광 영상 분석 결과 최대 강도가 가장 높은 지점은 645, 가장 낮은 지점은 278이며 실제 수심과 초분광 영상분석결과 상관성을 분석한 결과 최대 강도값이 감소할수록 수심은 증가하는 것으로 나타났다.

핵심어: 상관계수, 드론, 초분광, 최대강도, 수심

1. 서론

최근 하천조사를 위한 다양한 첨단 장비와 계측기술이 개발되고 있다. 특히 초분광 센서 (Hyperspectral

Sensor)는 소형화 되면서 드론 탑재까지 가능하기 때문에 신속하고 정확한 하천정보 획득을 위해서는 이를 활용한 하천관리 및 평가가 반드시 선행되어야 한다.

초분광 영상은 목표대상물의 분광정보를 보다 유사

*Corresponding author: kjtt98@naver.com, ORCID 0000-0003-0865-4793

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하게 표현함으로써, 기존 다중분광 (multispectral) 영상에 비해 보다 세밀한 분석이 가능하다 (Van der Meer 2003, Kim et al. 2015). 또한 200개 이상의 연속된 밴드로 구성된 영상으로 밴드마다 지표물의 완전한 특성을 획득할 수 있는 장점을 가지고 있으며 다중분광 영상으로 감지가 어려운 지표 성질의 분석에 유용하게 활용될 수 있다 (Goetz 1991, Shaw and Burke 2003, Heo et al. 2010).

현재 초분광 센서는 수질분석 분야에서 가장 많이 사용되고 있다. 국내에서는 식물플랑크톤 모니터링을 위한 초분광 센서 적용성 검토에 대한 연구가 수행되었으며 부유성 녹조류에 대한 분광 특성을 분석하고 밴드 비율에 따른 부유성 녹조지수를 제시한 연구도 발표되었다 (Lee and Lee 2012, Park et al. 2014). Park and Choi (2017)는 항공 초분광 영상을 활용하여 토지에 대한 피복분류를 수행하였으며, 입력자료의 다양화를 통해 정확도를 향상시켰다. Seo (2017)는 초분광 영상을 활용하여 대상지역 토지피복도의 세분류 단계에 대한 평가 및 분석을 수행하고 토지피복분류에 대한 정확도 향상을 위해 데이터 마이닝 (Data Mining)을 통한 감독분류 분석을 실시하였다.

국외의 경우 초분광 센서를 이용한 연구들은 최초의 항공 영상분광계인 AVIRIS (Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer)를 시작으로 광물 및 식생에 대한 초분광영상 기법 연구가 진행되었다 (Kodikara et al. 2012, Haest et al. 2013, Lausch et al. 2013, Behmann et al. 2014). 또한 해양에서 조류에 대해 초분광 센서를 이용하여 분석하고 각 분광정보에 대한 비교 연구가 수행되었으며 초분광 영상을 활용해 지표면에 대한 피복 정도와 표적탐지를 위한 방법 연구도 발표되었다 (Mhanolakis and Shaw 2002, Mhanolakis et al. 2003, Dierssen et al. 2015). Stratoulis et al. (2014)과 Li et al. (2017)은 식생 분류를 위한 초분광 센서의 활용 가능성에 대해 연구하고 공간 분류 대상 및 목적에 따른 분류 필요성에 대해 발표하였다.

그러나 기존 연구는 초분광 영상에 대한 이론 및 활용가능성이 주를 이루고 있으며 정량적인 평가가 수행된 연구는 많이 부족하다. 또한 대부분 식생, 녹조 예측 등에 사용되고 있으며 하천환경 정보획득을 위한 상관성 분석 및 평가를 위한 연구 사례는 없는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 수심에 대한 실측데이터와 드론 기반의 초분광 영상을 비교하여 상관성을 분석하는 것이 목적으로써 이를 위해 드론 기반의 초분광 센서를 활용하여 1개 측선 100개 지점에 대한 영상값을 취득하였으며 ADCP를 통해 확보된 실제 수심정보와 비교하여 상관관계를 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 개요

본 연구에서는 미국 Headwall Photonics사의 초분광 센서 (Nano-Hyperspec)를 사용하였다. 드론용 초분광 센서로 뛰어난 공간 및 스펙트럼 해상도와 높은 SNR (Signal to Noise Ratio)을 가지고 있으며, 272개 밴드의 고해상도 초분광 영상을 획득할 수 있다. 초분광 센서는 입사되는 빛을 분광시켜 영상의 각 화소에 해당하는 지표물의 연속적이고 좁은 파장역으로 수심에서 수백 개의 분광 정보를 취득하므로 물질마다 존재하는 고유의 광학적 성질 및 물질의 흡수와 반사 특성을 분석하며 토지피복, 식생, 그리고 수질 등의 식별에 주로 이용된다 (Park et al. 2014). 또한 일반 RGB 카메라가 3개의 색상으로 영상을 나타내는데 반하여, 초분광 영상은 사용자가 원하는 파장 대역을 수심에서 수백 개로 나누어 각 대역의 분광 광도 (Luminous Intensity)를 수집할 수 있다. 영상 내에 고정된 반사율을 가지는 물체 (99% 바륨 반사판 등)를 배치하고, 그 물체가 영상에서 가지는 광도를 기준으로 전체 영상을 정규화하여 반사율을 얻은 후 스펙트럼을 분석하는 것이 일반적이다 (Landgrebe 2002, Shin and Lee 2011).

영상촬영을 위한 무인항공기는 독일 Aibotix의 Aibot X6 V2 드론을 사용하였다. 2축 짐벌이 장착되어 있으며 비행 가능한 적재하중은 최대 3.0 kg이고, GPS 수신 및 수동을 무선으로 제어하면서 빠르고 정확하게 영상을 획득할 수 있다. 영상분석은 Harris Geospatial Solutions사의 ENVI 5.5버전을 사용하였다. ENVI 프로그램의 기능은 기하보정을 통해 색상, 명암, 필터링 등을 다룰 수 있는 라이브러리를 제공, multispectral 자료와 hyperspectral 자료의 분석 및 정보추출, 다양한 이미지와 벡터 형식 지원, 기존의 전형적인 이미지 처리 기본 작업 등이 가능하다.

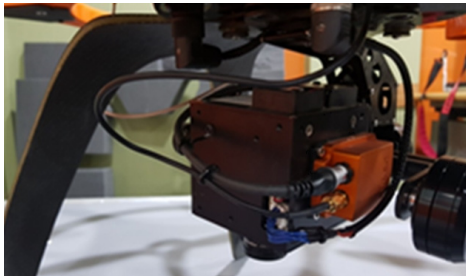
실제 수심 측정에 사용한 ADCP는 SonTek사의

Table 1. Specification of hyperspectral sensor

Wavelength range (nm)	Spectral bands	Spatial bands	Scan mode	Lens	Output	Sensor weight (kg)	Sensor size (m)
400 - 1000	270	640	Push-broom	17mm, FOV15.9°	16 bit	0.52	0.076 x 0.076 x 0.119

**Fig. 1.** Hyperspectral sensor (Nano-Hyperspec).

(a)



(b)

Fig. 2. Drone and sensor (a) drone (Aibot X6 V2) (b) hyperspectral sensor installed on UAV.

River Surveyer M9이 사용되었다. 진폭이 작은 음파를 사용하며 수심 0.2 m부터 30.0 m까지 저수심과 고수심에 사용이 가능하다 (Choi et al. 2018). 유속 및 수심 측정센서를 포함한 9개의 빔 (센서)으로 구성되어 있다. Table 1은 초분광 센서의 기능이며 Figs. 1 and 2는 본 연구에서 사용한 초분광 센서 및 드론을 나타낸다.

2.2 연구 방법

본 연구는 초분광 센서를 이용한 영상정보와 실제 하

천수심의 상관관계를 분석하는 연구로써 ADCP를 이용하여 하천 내 실제 수심을 측정하고 초분광 영상 결과와 비교하여 상관성을 평가하였다. 초분광과 ADCP 측정 위치는 낙동강 본류이며 1개 측선 내 임의의 100개 지점을 대상으로 비교분석을 실시하였다. 영상촬영은 2019년 6월 22일 실시하였으며 촬영 당시 기온은 23.4°C, 평균풍속은 2.3 m/s로 나타났다. 약 60 m 상공에서 수행하였으며, 0.026 m 공간해상도를 지닌 272개 밴드의 고해상도 초분광 영상을 획득하였다.

3. 연구 내용 및 결과

3.1 ADCP 측정 및 초분광 영상 촬영

낙동강 본류 연구지역 측선을 대상으로 ADCP를 이용한 수심측정과 초분광 영상촬영을 수행하였다. ADCP 측정결과 가장자리에서 중앙으로 갈수록 수심이 깊어지는 경향을 보이고 있다. 수심은 평균 0.81 m이며 최대 수심은 1.49 m, 최소 수심은 0.32 m로 나타났다 (Fig. 3). Fig. 4는 초분광 영상촬영 결과로써 정보획득의 용이함을 위하여 좌안과 우안을 구분하였다.

3.2 분석 결과

초분광 영상에 대한 ENVI 프로그램 분석 결과 임의의 100개 지점은 각각 272개 밴드와 밴드별 고유 파장이 나타났으며 파장별 최대 강도값을 분광정보로 선정하였다. 최대강도값은 분광 복사량으로써 기하보정을 통해 값을 선정하였다. Fig. 5는 100개 지점 중 최대 강도값이 가장 높게 나타난 100번 지점과 가장 낮게 나타난 1번 지점의 파장과 강도를 나타내는 그래프이다. 파장은 x축으로써 범위는 398 nm - 1003 nm이며 가시광선 등 각 파장에 대한 고유강도를 확인할 수 있다. 100번 지점에서 최대 강도값은 645로 가장 높게 나타났으며 1번 지점에서 최대 강도값은 278로 가장 낮게 나타났다. Table 2는 100개 지점에 대한 실제 수심측정 자료와 영상분석을 통해 확보한 각 지점의 최대 강도값을 비

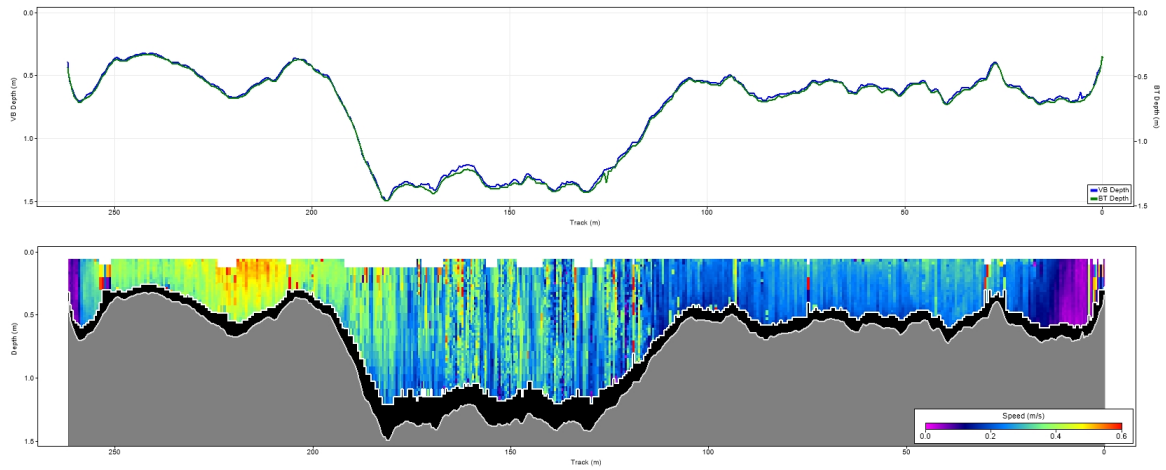


Fig. 3. Measurement result on the ADCP on the study area.

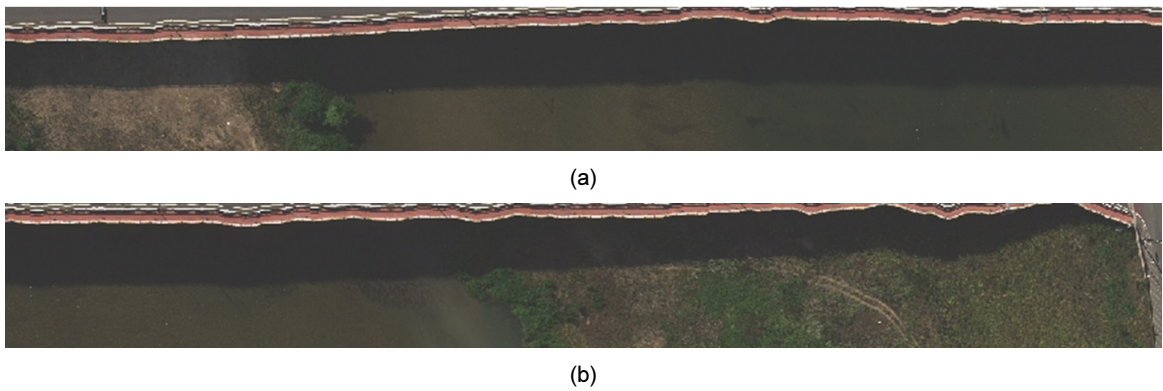


Fig. 4. Measurement result on the hyperspectral (a) left bank (b) right bank.

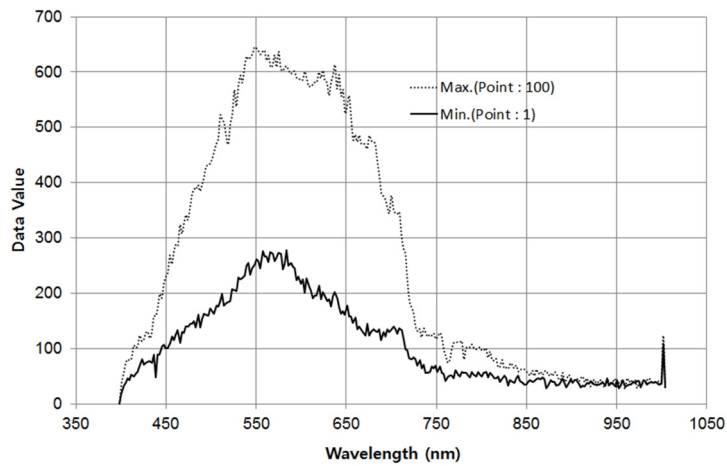


Fig. 5. Comparison of the peak data value.

Table 2. Comparison of the water depth measurement results and peak data value

Site	Peak data value	Depth (m)	Site	Peak data value	Depth (m)	Site	Peak data value	Depth (m)
1	278	1.49	35	453	1.14	68	541	0.63
2	289	1.46	36	453	1.12	69	544	0.62
3	317	1.42	37	457	1.11	70	556	0.61
4	338	1.42	38	458	1.10	71	559	0.60
5	338	1.41	39	458	1.08	72	560	0.59
6	339	1.40	40	459	1.06	73	566	0.58
7	344	1.39	41	465	1.05	74	571	0.57
8	360	1.38	42	468	1.03	75	573	0.56
9	362	1.37	43	470	1.00	76	576	0.55
10	369	1.37	44	471	0.99	77	577	0.55
11	371	1.36	45	478	0.97	78	580	0.54
12	383	1.36	46	488	0.95	79	583	0.53
13	392	1.35	47	490	0.95	80	586	0.52
14	393	1.35	48	493	0.91	81	590	0.51
15	396	1.34	49	493	0.90	82	594	0.50
16	398	1.34	50	494	0.86	83	595	0.49
17	405	1.33	51	496	0.83	84	595	0.48
18	412	1.32	52	498	0.82	85	600	0.47
19	412	1.31	53	498	0.81	86	603	0.46
20	412	1.30	54	501	0.79	87	604	0.45
21	421	1.29	55	505	0.77	88	612	0.44
22	422	1.28	56	506	0.75	89	613	0.43
23	427	1.27	57	506	0.72	90	613	0.42
24	428	1.25	58	515	0.70	91	616	0.41
25	432	1.24	59	516	0.69	92	619	0.40
26	433	1.23	60	519	0.69	93	621	0.39
27	435	1.22	61	522	0.68	94	621	0.38
28	435	1.21	62	523	0.67	95	624	0.37
29	442	1.20	63	533	0.66	96	627	0.36
30	443	1.19	64	536	0.66	97	629	0.35
31	444	1.18	65	538	0.65	98	633	0.34
32	444	1.18	66	540	0.64	99	640	0.33
33	446	1.16	67	541	0.63	100	645	0.32
34	452	1.15	-	-	-	-	-	-

Table 3. Correlation comparison on sections

Section	Depth (m)	Peak data value		Equation	Correlation coefficient	Coefficient of determination
		Range	Average			
A	0.32 - 0.70	515 - 645	580.21	$y = -327.87x + 751.16$	0.9918	0.9837
B	0.72 - 1.30	412 - 506	462.47	$y = -159.61x + 630.74$	0.9873	0.9748
C	1.31 - 1.49	278 - 412	362.95	$y = -828.22x + 1503.7$	0.9871	0.9744

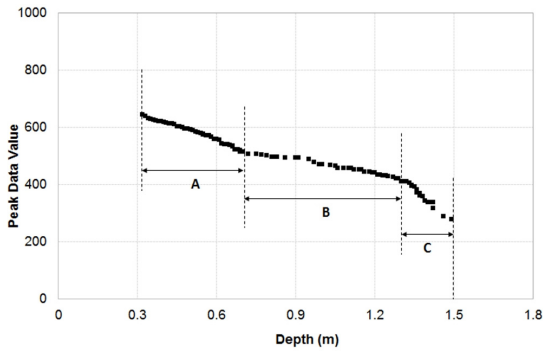
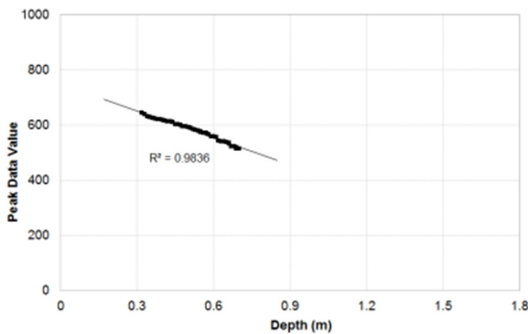
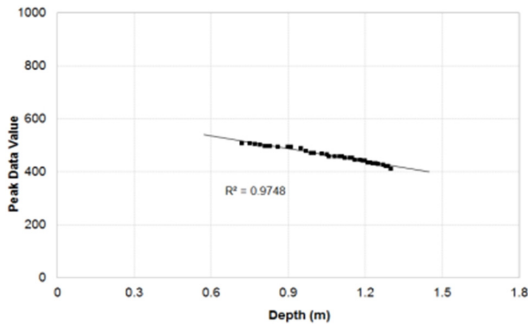


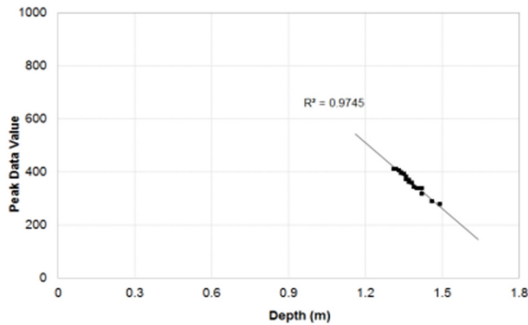
Fig. 6. Comparison graph on the water depth and peak data value.



(a)



(b)



(c)

Fig. 7. Comparison graph of the water depth and peak data value on sections (a) section A (b) section B (c) section C

교한 표이다. 100개 지점을 수심에 따라 번호를 지정하고 각 지점의 최대 강도값을 표시하였다. Fig. 6은 실제 수심과 초분광 영상분석결과의 상관성을 나타낸 그래프이다. 심도별 기울기의 차이는 있지만 최대 강도값이 감소할수록 수심은 증가하는 것으로 나타났다. 관계식은 아래의 Eq. 1과 같으며 결정계수는 0.9575로 매우 높게 나타났다.

$$y = -242.18x + 708.89 \quad (\text{Eq. 1})$$

본 연구에서는 Fig. 6에 의해 도출된 관계식의 정확도를 높이기 위해 수심별 3개 구간으로 구분하여 분석하였으며 엑셀프로그램을 이용하여 실제수심과 최대 강도값의 상관계수와 결정계수를 비교하였다(Table 3). 비교분석 결과 A 구간(Fig. 7 (a))의 경우 결정계수는 0.9837, B구간(Fig. 7 (b))은 0.9748, C 구간(Fig. 7 (c))은 0.9744로 나타나 모두 전체 구간 대비 상관성이 높아진 것으로 나타났다. 이는 수심에 따라 최대강도의 차이가 발생하고 이로 인해 결정계수가 차이를 보이는 것이며 향후 초분광 영상을 활용한 하천수심 예측시 이를 고려한 적용이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론 및 제언

본 연구는 초분광 센서를 이용한 영상정보와 하천 수심의 상관관계를 분석하는 연구로써 ADCP를 이용하여 하천 내 실제 수심을 측정하고 초분광 영상 결과와 비교하여 상관성을 평가하였다. 연구결과는 다음과 같다.

- ADCP 및 초분광 영상촬영 위치는 낙동강 분류이며 1개 측선 내 임의의 100개 지점을 대상으로 실시하였다. ADCP 측정결과수심은 평균 0.81 m, 최대 심도 1.49 m, 최소심도 0.32 m이며 초분광 영상 분석 결과 최대 강도가 가장 높은 지점의 강도값은 645, 가장 낮은 지점은 278로 나타났다.
- 100개 지점 전체에 대한 실제 수심과 영상분석결과인 최대 강도값을 비교한 결과 최대 강도값과 수심은 매우 높은 상관성을 보였으며 이는 수심차이에 따른 분광정보의 차이가 있음을 의미한다. 향후 하천 내 수생식물의 유무와 종류, 하상 재료 등에 따른 최대 강도값 분석이 추가로 요구되며 대리보정 등에 대한 기법 수행이 필요하다. 또한 가시광선과 근적외선

영역에서 심도별 차이가 발생하고 있어 조도차이에 따른 영상 변화 분석이 이루어지면 촬영정보의 오차를 줄일 수 있기 때문에 하천환경에 대한 정확한 정보 획득 및 평가가 이루어질 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 지원 (과제번호 19AWMP-B121100-04)으로 수행되었습니다.

References

- Behmann, J., Steinrücken, J. and Plümer, L. 2014. Detection of early plant stress responses in hyperspectral images. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 93: 98-111.
- Choi, J.W., Hong, C.S., Shin, K.Y., Lee, J.U., Kim, J.A., Cho, Y.C. and Yu, S.J. 2018 Comparative analysis of ADCP flow measurement according to river bed material. *Ecology and Resilient Infrastructure* 5: 156-162. (in Korean)
- Dierssen, H.M., Chlus, A. and Russell, B. 2015. Hyperspectral discrimination of floating mats of sea grass wrack and the macroalgae *Sargassum* in coastal waters of Greater Florida Bay using airborne remote sensing. *Remote sensing of environment* 167: 247-258.
- Goetz, A.F.H. 1991. Imaging spectrometry for studying earth, air, fire and water. *EARS&L Advances in Remote Sensing* 1: 3-15.
- Haest, M., Cudahy, T., Rodger, A., Laukamp, C., Martens, E. and Caccetta, M. 2013. Unmixing the effects of vegetation in airborne hyperspectral mineral maps over the Rocklea Dome iron-rich palaeochannel system (Western Australia). *Remote Sensing of Environment* 129: 17-31.
- Heo, A., Choi, S., Lee, J.H., Kim, T. and Park, D.J. 2010. Optical system design and image processing for hyperspectral imaging systems. *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology* 13: 328-335. (in Korean)
- Kim, S.H., Lee, K.S., Ma, J.R. and Kook, M.J. 2015. Current status of hyperspectral remote sensing: principle, data processing techniques, and applications. *Korean journal of remote sensing* 21: 341-369. (in Korean)
- Kodikara, G.R., Woldai, T., Van Ruitenbeek, F.J., Kuria, Z., Van der Meer, F., Shepherd, K.D. and Van Hummel, G.J. 2012. Hyperspectral remote sensing of evaporate minerals and associated sediments in Lake Magadi area, Kenya. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 14: 22-32.
- Landgrebe, D. 2002. Hyperspectral image data analysis. *IEEE Signal Processing Magazine* 35: 17-28.
- Lausch, A., Heurich, M., Gordalla, D., Dobner, H.J., Gwilym-Margianto, S. and Salbach, C. 2013. Forecasting potential bark beetle outbreaks based on spruce forest vitality using hyperspectral remote-sensing techniques at different scales. *Forest Ecology and Management* 308: 76-89.
- Lee, K.H. and Lee, S.H. 2012. Monitoring of floating green algae using ocean color satellite remote sensing. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15: 137-147. (in Korean)
- Li, Q.S., Wong, F.K.K. and Fung, T. 2017. Assessing the utility of UAV-borne hyperspectral image and photogrammetry derived 3D data for wetland species distribution quick mapping. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-2*: 209-215.
- Mhanolakis, D., Marden, D. and Shaw, G. 2003. Hyperspectral image processing for automatic target detection applications. *Lincoln Laboratory Journal* 14: 79-116.
- Mhanolakis, D. and Shaw, G. 2002. Detection algorithms for hyperspectral imaging applications. *IEEE Signal Processing Magazine* 35: 29-43.
- Park, H.L. and Choi, J.W. 2017. Accuracy evaluation of supervised classification by using morphological attribute profiles and additional band of hyperspectral imagery. *Journal of the Korean Society for Geo-Spatial Information Science* 25: 9-17. (in Korean)
- Park, Y.J., Jang, H.J., Kim, Y.S., Baik, K.H. and Lee, H.S. 2014. A research on the applicability of water quality analysis using the hyperspectral sensor. *Journal of the Korean Society for Environmental Analysis* 17: 113-125. (in Korean)
- Seo, J.J. 2017. The Study on land cover classification of hyperspectral image using decision tree method. Master's thesis, Chonbuk University, Chonju. (in Korean)
- Shaw, G.A. and Burke, H.K. 2003. Spectral imaging for remote sensing. *Lincoln Laboratory Journal* 14: 3-28.
- Shin, J.I. and Lee K.S. 2011. Development of target detection algorithm using spectral pattern observed from hyperspectral imagery. *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology* 14: 1073-1080. (in Korean)
- Stratoulas, D., Balzter, H., Zlinszky, A. and Toth, V.R. 2014. Assessment of ecophysiology of lake shore reed vegetation based on chlorophyll fluorescence, field spectroscopy and hyperspectral airborne imagery. *Remote Sensing of Environment* 157: 72-84.
- Van der Meer, F. 2003. Bayesian inversion of imaging spectrometer data using a fuzzy geological outcrop model. *International Journal of remote sensing* 24: 4301-4310.