

TECHNICAL NOTE

## 드론원격정보를 활용한 저수지 수생식물 분포 파악: 경북 문천저수지에서의 적용 예

이근상<sup>1)</sup> · 김성욱<sup>1)</sup> · 이길하<sup>2)\*</sup>

전주비전대학교 지적토목학과, <sup>1)</sup>지아이 지반정보연구소, <sup>2)</sup>대구대학교 건설시스템공학과

### Identification of Aquatic Plants in the Muncheon Water Reservoir Using Drone-based Information

Geun-Sang Lee, Sung-Wook Kim<sup>1)</sup>, Khil-Ha Lee<sup>2)\*</sup>

*Cadasree & Civil Engineering, Vision College of Jeonju, Jeonju 55069, Korea*

<sup>1)</sup>*Geo-information Institute, GI Co. Ltd., Busan 47598, Korea*

<sup>2)</sup>*Department of Civil Engineering, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea*

#### Abstract

Aquatic plants serve the crucial function of helping to balance water reservoir ecosystem, as they filter and remove major minerals required for algal growth such as nitrogen, ammonia, and nitrates. Aquatic plants provide food, shade, and protection for the aquatic biome in and around the reservoir. Thus, it is important to accurately determine the existence and areal extent of the aquatic plants. In the present study drone-based facilities were used for this purpose. In the Muncheon water reservoir, Gyeongbuk, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Surface Algal Bloom Index (SABI) were used to determine the existence status of the aquatic plants. The data so obtained exhibited reasonable accuracy; drone-based facilities can be used in future to identify the areal extent of aquatic plants.

**Key words** : Aquatic plant, Drone, NDVI, SABI

#### 1. 서론

일반적으로 수생식물(aquatic plants)은 네 가지로 분류된다. 조류(algae), 부수식물(floating plants), 침수식물(submerged plants), 수중식물(emergent plants)이 그것이다. 많은 저수지에서는 한 개 이상의 수생식물이 성장하므로 식별하기가 쉽지 않다. 수생식물은 단지 아름다운 정원을 가꾸거나 청정 자연주의의 보

여 주기 용도만으로 활용되지 않는다. 수생식물은 저수지의 생태균형에 중요한 역할을 한다. 생물학적으로 수생식물은 조류(algae)의 부영양화를 초래할 질소, 암모니아, 질산염과 같은 미네랄을 사전에 걸러내며, 저수지에 사는 물고기와 수생물에게는 식량, 그늘, 보호막을 제공한다(Sculthorpe, 1967; Cook, 1974; Hutchinson, 1975; Tomlinson, 1986; Westlake et al., 1998; Keddy, 2010). 수생식물은 토착형 또는 이동형

Received 16 March, 2017; Revised 25 April, 2017;

Accepted 26 April, 2017

\*Corresponding author: Khil-Ha Lee, Department of Civil Engineering, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea  
Phone: +82-53-850-6522  
E-mail: khil\_ha@yahoo.com

The Korean Environmental Sciences Society. 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.

야생동물의 생태환경에 밀접한 영향을 미치기 때문에 수생식물 그 존재 자체가 중요할 뿐 아니라 심지어 제거되어서는 안된다(<http://aquaplant.tamu.edu/plant-identification/>). 어떤 종류의 수생식물은 인간에 의해 식용으로 활용되기도 한다. 따라서 수생식물은 지역과 국토관리 차원에서 생태학적으로나 경제학적으로 중요한 영향을 미치므로 수생식물이 개인이나 공공장소에서의 관리여부에 깊은 관심을 기울여야 한다 (Sculthorpe, 1967; Cook, 1974; Hutchinson, 1975; Tomlinson, 1986; Westlake et al., 1998; Keddy, 2010).

수생식물은 물이나 포화된 흙에서 자란다. 수생식물의 성장과 분포는 물의 깊이와 물에 잠긴 시간에 의하여 좌우된다. 또 물에 함유된 영양분, 물결에 의한 성장억제, 식생밀도, 염분 등에 의해서도 좌우된다. 수생식물의 성장과 분포는 영양분을 포함한 저수지에서 성장조건에 대한 간접적인 지표가 될 수 있다.

이 연구는 드론 원격정보를 활용하여 저수지에서 수생식물이 차지하는 공간적 분포를 파악하는 시도를 한 것이다(Casbeer et al., 2008; Colomina et al., 2008; Everaerts, 2008). 초기단계의 연구인 관계로 비용과 시간의 제약으로 수생식물의 종류는 구분 하지않고 거시적인 관점에서 수직분포를 제외한 수평 2차원적인 분포를 시도해 보았다. 드론을 직접 운용하여 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)와 SABI (Surface Algal Bloom Index)를 식생지수로 추출 활용하였으며 연구대상지로는 경상북도 경산시 문천저수지로 선정하였다. 연구결과 식생지수는 문천지에서 수생식물의 분포를 잘 재현해 내는 것으로 평가되어 고무적이다. 즉, 드론을 활용하여 수생식물의 분포를 빠르고 정확하게 파악할 수 있는 가능성을 보았으며 향후 심화된 연구에서도 기능이 검증이 된다면 지자체나 공사기관에서 자체적으로 저렴하고 빠르게 수생식물의 분포를 파악하고 대처계획을 수립할 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 문천저수지를 대상지로 하였다. 문천 저수지는 농업용 저수지로 경상북도

진량읍 문천리에 위치하며 문천리와 평사리, 내리리, 양기리를 유역으로 하고 있다. 문천저수지는 1959년에 완공되어, 56년이 된 노후 저수지 중의 하나이다. 이는 필 댐(fill dam)이며, 유역면적은 1,800 ha, 만수면적은 130.4 ha이며, 제체의 길이는 593 m, 제체의 높이는 10 m, 총저수량은 2,533.24 천 톤으로 규모면에서 경북지역에서 가장 큰 저수지로 분류된다 (<http://rims.ekr.or.kr/index.aspx>).

영상자료 취득을 위한 드론장비(drone)는 스위스 SenseFly에서 제작한 eBee 모델이었다 (Grenzd et al., 2008; Nagai et al., 2008). eBee모델은 무게가 약 0.7 kg이며 최대 50분까지 촬영이 가능하다. RGB 영상 촬영을 위해 일본 Sony사의 WX220 카메라를 이용하였으며, 근적외선 밴드는 Canon사의 S110 근적외선(NIR) 카메라를 이용하였다. eMotion SW를 활용하여 비행계획을 수립한 후 GB와 근적외선(Nir) 영상의 해상도는 10 cm급으로 촬영하였으며, 중 횡 중복도는 각각 80%와 70%로 설계하였다. 대상지역에 대해 RGB 190매 그리고 근적외선 181매의 사진을 촬영하였으며, eMotion SW 내부에 탑재된 「flight data manager」 기능을 이용하여 사진파일에 GPS와 INS 정보를 연결하였다. 날장으로 촬영된 RGB와 근적외선 영상에 대해 Fig. 1와 같이 영상매칭과 사진측량

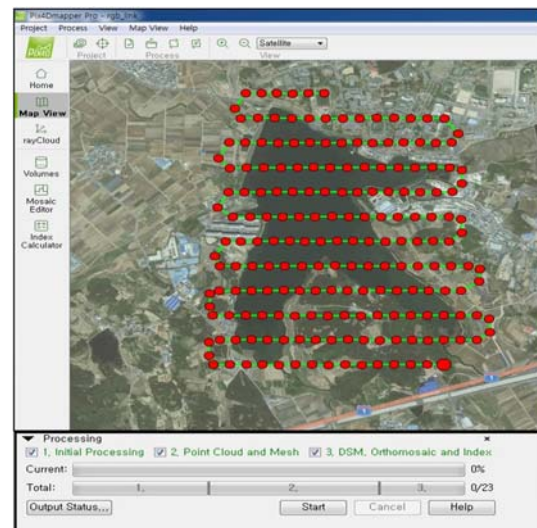


Fig. 1. x4D-based image matching processing in the study area.

알고리즘이 탑재된 Pix4D SW를 이용하여 영상을 접합하였다.

드론으로 촬영한 영상을 접합시 GRS80 TM 좌표 기준의 지상기준점(GCP; Ground Control Point) 선정을 위해 VRS (Virtual Reference Service) 측량을 실시하였다. 지상기준점 6개를 선정하여 영상 매칭을 실시하였으며 실제 좌표와 영상좌표간의 오차는 ±6.4 cm(X), ±5.9 cm(Y), ±8.9 cm(Z)로 나타났으며, 이러한 오차는 수치지도 작업규정상의 허용오차를 만족하는 수준이다.

### 3. 분석결과

드론을 이용하여 구축한 RGB와 근적외선 영상정보를 바탕으로 수생식물의 분포를 파악하기 위하여 NDVI와 SABI 식생지수를 분석하였다. 먼저 NDVI는 근적외선(NIR) 및 적색(R) 밴드를 기초로 식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$NDVI = \frac{(\ni R - Red)}{(\ni R + Red)} \quad (1)$$

이 SABI식은 원래 저수지의 녹조를 분석하기 위하여 개발된 식이다. 문천 저수지에서는 수생식물과 함께 일부 녹조가 확인되었는데, 이를 함께 검토하기 위해 다음과 같은 SABI 식을 활용하였다.

$$SABI = \frac{(\ni R - Red)}{(Blue + Green)} \quad (2)$$

식(2)에서 Blue와 Green은 각각 청색가시광선, 녹색가시광선을 나타낸다. NDVI와 SABI 식을 이용하여 분석한 저수지 수생식물의 분포 중 가장 유사한 경계값을 분석하기 위해 정밀도와 기능성을 고려하여 최적화라고 판단한 20 m 간격으로 검정점을 구축한 후 RGB로 접합한 영상을 중첩하여 각 검정점별로 식생(vegetation)과 비식생(non vegetation) 값을 입력하였다. 연구대상지 중 검정점을 배치하지 않은 공간은 저수지 경계에 인접되어 있는 수목이나 수풀지역을 비롯하여 일부 저수지를 개간하여 농경지로 활용하고

있는 곳으로서, 저수지의 수생식물이 서식할 수 없는 공간은 검정점에서 제외하였다. Fig. 2는 검정점 확대면으로서, RGB 접합영상과 중첩한 후 수생식물의 위치별로 검정점에 대해 데이터베이스를 구축한 것이다.

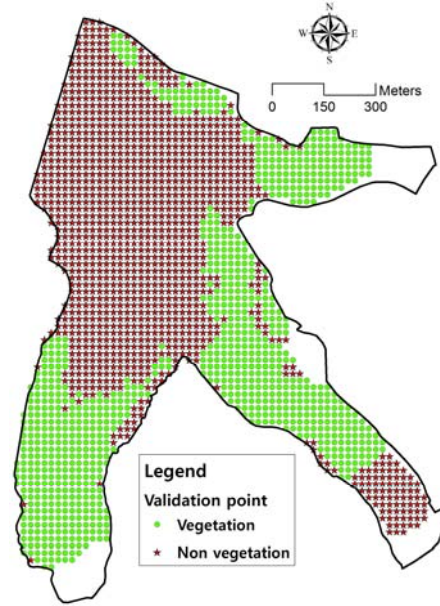


Fig. 2. Location of testing point.

Fig. 3에서는 각각 NDVI와 SABI 지수값을 바탕으로 하여 추정된 수생식물의 분포를 보여준다. 저수지 수생식물의 실제 분포는 현장점검을 통하여 실시하였으며 가시적으로 비교하면 두 지수로 추출한 분포결과가 실제 현장분포와 거의 동일한 분포를 보인다는 것을 확인하였다. Fig. 2에서 구축한 검정점을 이용하여 NDVI와 SABI의 카파(Kappa) 상관계수(이하 상관계수라 함)를 계산한 결과를 Table 1과 같다. NDVI와 SABI에서 상관계수는 각각 0.903과 0.846으로, SABI에 비해 NDVI 식을 적용한 상관계수가 약간 높게 나타났다. 문천저수지에는 수생식물과 함께 녹조가 국부적으로 분포하고 있어 미미한 차이가 나타난 것으로 추측해 볼 수 있다. SABI식의 경우 녹조를 모니터링하기 위해 개발되었기 때문에 식생을 주로 모니터링하는 NDVI식에 비해서 넓은 면적을 차지하는 수생식물을 모니터링하기에 그 값이 차이를 보일 수

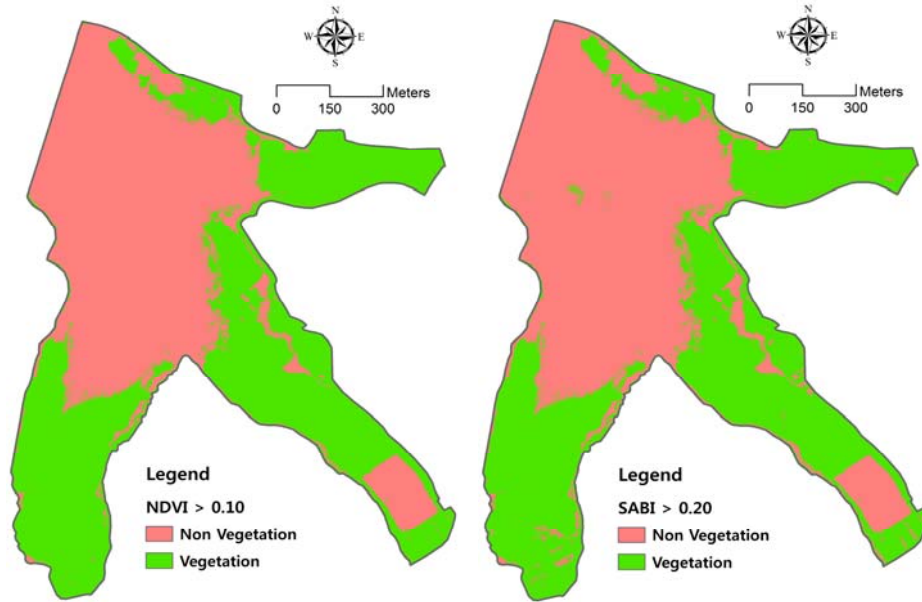


Fig. 3. Areal extent of aquatic plants extracted from NDVI (> 0.1) and SABI (> 0.2).

있다고 짐작해 볼 수 있다.

Table 2는 저수지의 수생식물(vegetation)과 수체(non vegetation) 면적 및 점유비율에 대한 기본 통계치를 보여준다. 문천저수지에 40% 이상의 수생식물이 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 문천저수

지에서 부영양화를 초래할 수 있는 영양소인 질소, 암모니아, 질산염과 같은 미네랄의 조절에 충분한 영향을 미칠 수 있는 양이다. 또 저수지에 사는 동식물의 기본공급, 보호막 등에 대한 변화를 주어 생태계에 밀접한 영향을 미칠 수 있는 것으로 사료된다.

Table 1. Kappa correlation coefficient for NDVI and SABI. Kappa correlation coefficient

NDVI > 0.10		Validation point		
		Vegetation	Non vegetation	SUM
Image point	Vegetation	902	63	965
	Non vegetation	41	1,181	1,222
	SUM	943	1,244	2,187
Kappa coefficient = 0.903				
SABI > 0.20		Validation point		
		Vegetation	Non vegetation	SUM
Image point	Vegetation	858	80	938
	Non vegetation	85	1,164	1,249
	SUM	943	1,244	2,187
Kappa coefficient = 0.846				

**Table 2.** Basic statistic of area of aquatic plants by NDVI and SABI

		Aquatic plant (Vegetation)	Water body (Non vegetation)	SUM
Area (m <sup>2</sup> , %)	NDVI > 0.10	386,000 m <sup>2</sup> (44.1%)	488,800 m <sup>2</sup> (55.9%)	874,800 m <sup>2</sup> (100.0%)
	SABI > 0.20	375,200 m <sup>2</sup> (42.9%)	499,600 m <sup>2</sup> (57.1%)	874,800 m <sup>2</sup> (100.0%)

#### 4. 결론

본 연구에서는 드론장비로 취득한 RGB 및 근적외선 밴드를 기반으로 NDVI와 SABI 지수를 활용하여 총 2,187개의 검정점에서 수생식물 분포를 파악하였으며 상관계수를 구하여 보았다. eMotion SW를 활용하여 비행계획을 수립하였으며 촬영으로부터 얻어진 RGB 190매 그리고 근적외선 181매의 사진을 Pix4D SW로 처리하여 RGB 및 근적외선 접합영상을 생성하였으며, 취득한 RGB 및 근적외선 접합영상에 대해 영상처리 기법을 활용하였다. 분석 결과 NDVI와 SABI 지수에서 상관계수가 각각 0.903과 0.846로 높은 정확도를 나타내었다. 저수지 수체 대비 수생식물 점유비율은 각각 44.1%와 42.9%로서 상당히 넓은 분포를 보이는 것으로 분석되었다. 이로 미루어보아 드론정보 영상자료를 기초로 NDVI와 SABI 지수식을 활용하여 저수지의 수생식물을 분석할 경우 간편하고 효과적인 수생식물 분포특성을 분석할 수 있을 것으로 판단된다. 드론정보를 활용할 경우 인공위성자료에 비하여 즉각적인 운영이 가능하며 시간 공간적 해상도 조절이 쉬우므로 지자체나 유관 기관 등이 현장에서 쉽게 접근하여 적용하는 것이 가능하다. 이러한 장점을 염두에 둔다면 드론장비를 활용한 수생식물의 분포 파악은 상당히 매력적이며 고무적이므로 향후 심화된 연구와 검증을 통하여 기능을 확인할 필요가 있을 것이다.

#### 감사의 글

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(폐기물 해상 최종처리 기술 개발).

#### REFERENCES

- Casbeer, D. W., Li, S. M., Beard, R. W., McLain, T. W., Mehra, R. K., 2008, Forest fire monitoring with multiple small UAVs, Proceedings of the American Control Conference, Portland, USA.
- Colomina, I., Blazquez, M., Molina, P., Pares, M. E., Wis, M., 2008, Towards a new paradigm for high-resolution low-cost photogrammetry and remote sensing, ISPRS XXI Congress, Beijing, China.
- Cook, C. D. K. (ed.), 1974, Water plants of the world, Dr W Junk Publishers, The Hague, Netherland.
- Everaerts, J., 2008, The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping, ISPRS XXI Congress, Beijing, China.
- Grenzd, O. G. J., Engel, A., Teichert, B., 2008, The photogrammetric potential of low-cost UAVS in forestry and agriculture, ISPRS XXI Congress, Beijing, China.
- Hutchinson, G. E., 1975, A Treatise on limnology, Vol. 3, Limnological Botany, John Wiley, New York.
- Keddy, P. A., 2010, Wetland ecology: Principles and conservation (2nd ed.), Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Nagai, M., Chen, T., Ahmed, A., Shibasaki, R., 2008, UAV borne mapping by multi sensor integration, ISPRS XXI Congress, Beijing, China.
- Sculthorpe, C. D., 1967, The biology of aquatic vascular plants, Reprinted 1985, Edward Arnold, London.
- Tomlinson, P. B., 1986, The botany of mangroves, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Westlake, D. F., Květ, J., Szczepański, A., 1998, The production ecology of wetlands, Cambridge University Press, Cambridge, UK.