

보급형 드론과 오픈소스를 활용한 참여형 지도제작*

홍일영** · 전보애***

Participatory Mapping Using Low-cost Drone and Open Source Software*

Ilyoung Hong** · Bo Ae Chun***

요약 : 본 연구에서는 보급형 드론과 오픈소스 소프트웨어를 활용하여 참여형 지도를 제작하는 과정을 통해 지역 정보를 수집하고 활용하는 방안을 모색하였다. 드론의 활용 수준과 사용자 참여의 방식을 구분하여 환경조사, 토지이용변화 조사, 지형특성조사 등의 사례 연구를 수행하였다. 연구결과, 참여자의 수준에 따라 드론을 활용한 지도제작의 차이점들을 확인할 수 있었다. 보급형 드론은 저비용으로, 신속한 자료 수집이 가능하다는 장점이 있으며, 오픈 소스 소프트웨어는 자동화와 편의성이 점차 증가하고 있다. 따라서, 드론을 활용한 참여형 지도제작은 지역사회의 변화를 모니터링하는 중요한 방안으로 확산될 것으로 기대된다.
주요어 : 참여형 지도제작, 드론, 오픈소스 소프트웨어

Abstract : In this study, we tried to collect and utilize local information through the process of making participatory maps using low-cost drone and open source software. Case studies such as environmental survey, land use change survey, and terrain characteristics survey were conducted by classifying the level of drone utilization and user participation. Through the case study, differences in cartography using drones could be identified according to the level of participants. Results show that low-cost drone can easily and quickly collect local data and open source software can promote automation and convenience. Therefore, commercial drones using open source software are expected to have an important role to monitor community changes in participatory mapping.
Key Words : Participatory Mapping, Drone, Open source software

I. 서론

저가의 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)가 일반 대중에게 드론이라는 애칭으로 대중화되면서 레이싱 및 영상촬영과 같은 비상업적인 목적의 활용이 증가하고 있다. 드론의 활용분야 중 지도제작은 중요한 응용분야 중 하나로서, 드론맵핑(Drone Mapping)은 사람이 접근하기 어려운 산악 지역과 재난 지역들에 대한 지도제작에 활

용되어 왔다(Lejot *et al.*, 2007; Neumann *et al.*, 2012). 드론의 가격이 낮아지고 드론에 장착된 카메라의 성능이 향상되기 시작하면서, 드론은 어른들의 장난감 수준을 넘어서 영상을 촬영하고 지도를 제작하며 영상을 공유하는 단계로 발전하고 있다.

참여형 지도제작(Participatory Mapping)은 지도의 사용자가 직접 지도제작에 참여하여 자신의 목적에 따라 자신이 속한 지역사회의 공간정보를 수집하여 지도를 제작

*이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A2A01024703). This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2016S1A5A2A01024703).

**남서울대학교 공간정보공학과 부교수(Associate Professor, Department of GIS Engineering, Namseoul University, ilyoung.hong@nsu.ac.kr)

***가톨릭관동대학교 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, College of Education, Catholic Kwandong University, boeahun@ccku.ac.kr)

하는 방식을 말한다(고준환, 2006; Quan *et al.*, 2001). 참여형 지도제작은 지역 커뮤니티의 환경보호, 문화재 보존, 기후변화, 도시변화 등과 같은 환경의 변화에 대해 커뮤니티 구성원들이 인지한 사항을 지도에 제시하는 기능을 담당한다. 따라서 참여형 지도제작은 구성원의 자발적인 참여를 통해 커뮤니티의 지속 가능한 성장을 지향한다(Chambers, 2006).

인문학과 사회과학 분야에서 드론을 활용하는 사례들은 드론의 영상과 사진을 이용하는 것이 주를 이루었고, 정사영상 및 3D 공간자료까지 활용하는 사례를 만들지는 못했다. 드론을 이용해 지리교육을 위한 교육자료를 제작하거나 공간분석을 하고자 하는 교사 및 연구자들의 경우 지도제작을 위해 드론 중 어떠한 드론으로 어느 정도의 데이터 취득이 가능하고 혹은 어떻게 지도를 제작하는 지에 대한 접근이 어려운 상황이다. 이와 함께, 드론 산업의 성장이 초기에 있는 우리나라의 경우, 드론은 일반인들의 활용이 급속히 성장하고 있는 것에 비해 드론으로 수집한 데이터를 활용하거나 공유하기 위한 기반이 약한 상황에 있다. 한편, 드론을 활용하여 다양한 인문 및 자연 지리의 개념에 대한 현장의 모습을 요구하는 지리교육 분야와 지역의 변화를 지속적으로 모니터링 하는 도시계획 분야에서 다양한 연구들이 등장하고 있다(전보애, 2018; 최광희, 2018; Birtchnel and Gibson, 2015).

본 연구의 목적은 보급형 드론과 오픈소스를 이용한 참여형 지도제작 방안을 마련하고 활용 사례를 개발하는 것이다. 이러한 활용사례를 개발하기 위해, 본 연구에서는 드론을 사용하는 수준에 따라 크게 두 가지의 사례 연구를 수행하였고 이를 통해서 참여형 지도제작 방안을 구체화하였다. 초급 수준에서는 중등교육과정의 학생들을 대상으로 커뮤니티의 모습을 인지하기 위한 지오비주얼라이징을 목적으로 하는 커뮤니티 지도제작을 수행하였고, 고급수준에서는 지도를 사용하는 사람이 직접 자신의 목적을 위한 신속한 현장지도를 작성하여 활용하는 사례 연구를 수행하였다.

II. 관련 연구

참여형 지도제작은 참여한 사용자의 수준에 따라 그리고 지도제작에 활용하는 기술적인 차이에 따라 다양한 사례들이 나타난다. 개발도상국들의 경우 국가 중심의 공간

정보의 구축이 미흡한 경우가 많기에 참여형 지도제작은 측량 중심의 공간 데이터베이스의 구축 혹은 공간자료 수집 등과 같은 내용이 주를 이룬다(Peluso, 1995; Hodgson and Schroeder, 2002; Herlihy and Knapp, 2003). 반면, 선진국들의 경우는 데이터베이스의 구축보다는 환경변화와 같은 지역사회 모니터링 혹은 시설물 입지에 대한 의사결정참여와 같은 시민참여의 주제들에 연구들이 주를 이룬다(Rambaldi and Weiner, 2004; Rambaldi *et al.*, 2006). 이와 함께 웹GIS에서부터 스마트폰을 활용하는 모바일 GIS까지 새롭게 등장하고 있는 IT기술을 공간의사결정에 활용하려는 연구들이 있다(Rinner, 2001; Rinner *et al.*, 2008; Rinner and Bird, 2009; D'Hondt *et al.*, 2013).

참여형 지도제작의 방식은 종이 지도제작에서부터 시작하였고, 2000년대 들어서 QGIS를 비롯한 오픈소스 소프트웨어들과 GPS(Global Positioning System)를 이용한 자료수집이 가능해지면서 디지털 방식으로 변화되었다(홍일영 등, 2014; Brovelli *et al.*, 2017). 참여형 지도제작에 있어서 가장 큰 걸림돌은 참여하는 사용자들의 GIS에 대한 기술적인 수준과 사용 가능한 데이터의 범위에 있다고 할 수 있다. 기존의 참여형 지도제작에 있어서 자료수집의 가장 대표적인 방식은 스마트폰을 비롯한 GPS의 활용이다. 이러한 방식은 사용자들의 관심지점, 이동경로, 지오태깅된 트윗이나 사진 등과 같은 소셜미디어 정보로서 사용자 경험 중심의 주제도 제작에 많이 활용된다. 지도제작에 있어서 크라우드소싱(crowd-sourcing) 및 VGI (Volunteered Geographic Information)은 일반인들의 참여를 통한 대표적인 제작의 사례로서 스마트폰의 GPS를 이용하여 수집한 자료를 이용한다(Goodchild, 2007; Elwood *et al.*, 2012). 이러한 사례들은 사용자들이 자신들의 경험과 관심이 반영된 대표적인 정보수집의 결과라고 할 수 있다.

이처럼 참여형 지도제작은 주로 벡터 중심의 공간정보 수집 및 활용에 있어왔고, 위성 및 항공사진과 같은 라스터 정보를 수집하여 활용하는 것에는 제약이 있다. 간접적으로 구글맵과 같은 웹사이트를 이용해 인공위성영상을 사용할 수 있지만, 이와 같은 자료들의 경우 영상의 해상도 및 촬영시점 등에 제약이 있다. 최신의 변화를 확인하기 위해서는 직접 항공사진을 수집하여 정사영상의 제작해야 하는 데 일반인들에게 있어서는 접근이 어려운 한계가 있어왔다. 비전문가들이 직접 항공사진을 취득하는 대표적인 방안으로는 벌룬맵핑(Balloon Mapping)의 방식이 있다(Breen *et al.*, 2015). 벌룬에 카메라를 달아 촬영한 영

상을 이용하여 항공사진을 취득하는 것으로 지역사회에 대한 모니터링을 위한 방안으로 활용되었다.

한편, DJI사의 팬텀과 같은 보급형 드론들이 등장하고 컴퓨터 비전 분야의 오픈 소스들이 활용되면서 드론을 이용하여 연구자들이 직접 자료를 수집하여 정사영상을 비롯한 공간정보를 제작하는 사례들이 등장하고 있다 (Niethammer *et al.*, 2011; Pajares, 2015). 이러한 변화는 항공사진과 같은 라스터 데이터를 수집하여 연구할 수 있는 참여형 지도제작의 기회를 제공하고 있다. 기존에 GPS를 이용한 공간정보 수집방식은 쉽게 사용할 수 있는 환경을 제공하는 장점이 있지만, 지도제작 방식이 주로 점형 위치정보를 활용한 공간정보 구축에 제한되는 한계점을 갖는다. 이와 함께, 스마트폰을 활용한 VGI 형태의 정보나 소셜미디어의 정보 활용은 주관적이고 비공식적인 공간 정보이기에 신뢰도에 한계를 갖는다.

반면, 드론을 활용한 지도제작은 기존의 참여형 지도제작 방식과 달리 직접 촬영한 항공영상을 통해 정확하고 신뢰할 수 있는 원시정보에 대한 자료수집을 가능하게 하는 장점을 갖는다. 커뮤니티 구성원들이 드론을 이용하여 지도를 제작하는 것은 기존의 지도제작 방식과 다른 차이점을 갖는다. 첫째는 드론의 사용법을 학습해야만 지도제작이 가능하는 점이고 둘째로는 촬영한 영상을 처리할 수 있는 방법을 숙지해야 한다는 데 있다. 최근 보급형 드론과 영상처리 오픈소스 소프트웨어에 있어서의 기술적인 발전은 커뮤니티 구성원들이 자신의 지역사회에 대한 정사영상을 직접 제작하여 활용할 수 있는 방안들을 제공하고 있다(홍일영, 2016; Watts *et al.*, 2010; Koh and Wich, 2012; Hill, 2013).

III. 보급형 드론을 활용한 참여형 지도제작 방안

무인항공기는 크게 무동력과 동력으로 구분할 수 있는데 무동력의 경우 벌룬을 이용하는 방법 그리고 동력의 경우 드론이 대표적이다. 무동력의 사례인 벌룬을 이용하는 경우에는 Public Lab의 벌룬맵핑의 사례(<https://publiclab.org/wiki/balloon-mapping-kit>)를 통해 확인할 수 있다. 벌룬맵핑의 경우 저비용으로 누구나 직접 벌룬맵핑 도구를 이용하여 지도를 제작할 수 있다는 장점으로 환경오염 탐사 및 지역사회 모니터링과 같은 분야에 적용한 사례들이 있다.

한편 드론의 경우, 드론은 기체를 신고 및 등록을 해야 하는 사업용 드론과 신고 없이 레저와 같은 목적으로 사용하는 비사업용 드론으로 구분할 수 있다. 비사업용 드론의 경우에도 12.5kg 무게를 넘는 경우 안전한 사용을 위해 신고 및 등록을 해야 한다. 따라서 일반적으로 개인의 취미 및 레저를 위해 구매하여 사용하는 보급형 드론은 12.5kg 이하의 경량 드론으로서 이들은 다시 가격 및 성능에 따라 구분할 수 있다. 다양한 보급형 드론 중 시각화 및 지도제작을 위해서 가장 중요한 기능은 영상촬영을 위한 카메라의 성능과 안정적인 영상 취득 및 경로비행을 위한 기능을 중심으로 구분할 수 있다. 이와 같은 드론의 기능에 따라 취득한 영상을 이용해 제작한 결과물에 큰 영향을 주기 때문이다.

카메라가 장착된 보급형 드론들은 영상촬영의 기능에 따라 시각화 드론과 지도제작 드론으로 구분할 수 있다 (표 1 참고). 시각화 드론의 경우는 영상촬영 보다는 레저 활동이 목적인 경우가 많으며, 사진 및 영상촬영은 부가적인 기능으로 포함된 경우가 많다. 이와 같은 드론의 경우

표 1. 벌룬 및 보급형 드론의 특징 및 활용사례

구분	주요특징	활용사례
벌룬맵핑	<ul style="list-style-type: none"> • 경량 카메라 활용 • 최대 1km 고도 촬영 • 예) public lab balloon mapping 	<ul style="list-style-type: none"> • 환경변화 탐지 • 소지역 영상촬영
입문자용 시각화 드론	<ul style="list-style-type: none"> • 500g 무게, HD 카메라 • 50 - 300m, 10-15분 비행 • 예) Tello, Syma x5c 	<ul style="list-style-type: none"> • 파노라마 이미지 • 소지역 영상촬영
지도제작 드론	<ul style="list-style-type: none"> • 1.0 - 1.5 kg무게, 방송급 고해상도 • 1 km, 20-25분 비행 • 예) DJI Phantom 3, Inspire 	<ul style="list-style-type: none"> • 2D 정사영상 지도제작 • 3D 영상제작

표 2. 드론 지도제작을 위한 주요 소프트웨어 및 특징

주요 기능	주요 활용 소프트웨어	특징
지오비주얼라이징	<ul style="list-style-type: none"> • MapKinnter • MS Image Composite Editor 	<ul style="list-style-type: none"> • 모자이크 및 파노라마 이미지 • 소지역 영상 • 공개소프트웨어
정사영상 및 3D 공간정보	<ul style="list-style-type: none"> • OpenDroneMap • Meshlab • VisualSFM • RBRU Orthomaker 	<ul style="list-style-type: none"> • 3D 공간정보 처리(Point Clouds, Digital Surface Models, Textured Digital Surface Models, Digital Elevation Models) • 2D 정사영상 (Orthorectified Imagery) 제작 • 오픈소스 소프트웨어
정사영상 및 3D 공간정보	<ul style="list-style-type: none"> • pix4d • photoscan • DroneDeploy 	<ul style="list-style-type: none"> • 2D 정사영상 및 3D 공간정보 처리 • DEM, DSM • 상용소프트웨어

카메라를 통해 수집한 영상의 처리 방식에 있어서도 이미지의 모자이크(Mosaic) 처리 및 비주얼라이징을 위한 사용이 가능하다. 이러한 드론들은 대부분 입문자들을 위한 초급형 드론인 경우가 많으며 카메라를 이용한 영상촬영이 가능하고, 자이로 평형센서 등을 갖추고 있으며 100~300미터 수준의 비행거리, 7~10분 정도의 비행이 가능하다. 촬영 범위 및 촬영능력에 있어서 지도제작에는 한계가 있지만, 초보적인 수준에서의 지오비주얼라이징을 목적으로 한 활용이 가능하다.

다음으로는 지도제작이 가능한 고급형 드론으로 이들은 GPS(Global Positioning System) 및 IMU(Inertial Measurement Unit) 센서와 같은 고성능 센서를 갖고 있기에 강한 바람에도 안정적인 호버링이 가능하고 스마트폰을 이용한 경로비행이 가능하다. 이와 함께 짐벌(Gimbal)을 이용하여 카메라의 촬영 각도의 조절이 가능하고, 방송용 고화질 카메라를 갖는 특징이 있다. 비행시간 및 비행거리에 있어서도 15~20분 정도의 비행시간과 1km의 비행이 가능하다. 드론 비행에 있어서 특정한 연령 제한을 두지는 않지만, 고급형 드론들의 경우 사고위험 및 안전한 사용을 위해 18세 미만의 미성년자들에게는 사용을 권장하지 않고 있다.

드론으로 촬영한 영상의 시각화와 지도제작을 위한 다양한 오픈소스 및 영상 처리 소프트웨어들이 보급되고 있다(표 2 참고). 우선 지리적 시각화를 위한 방안은 데이터의 정확도 보다는 촬영한 영상의 가시적 분석과 사용자들 간의 정보 공유를 목적으로 한다(Hochmair and Zielstra, 2014). 비교적 간단한 데이터 처리과정으로, 전문 영상 처리 소프트웨어가 아닌 일반적인 이미지 처리 소프트웨어를 이용하여 영상을 처리하는 것으로 비전문가들의 활용

이 가능한 방안이라고 할 수 있다. Microsoft사의 ICE(Image Composite Editor)는 가장 대표적인 영상 접합 프로그램으로서 촬영한 영상을 이용한 연속 파노라마 사진을 작성할 수 있다. 모자이크를 통해 얻어낸 접합 영상을 기존의 지도 상에서 확인하는 방법으로는 MapKnitter를 사용하는 방법이 있다. 이와 같은 소프트웨어들은 이미지들의 접합과 모자이크 등과 같은 간단한 이미지처리 기능이 중심이기에 영상처리의 과정이 간단하고 고성능의 컴퓨터가 아닌 일반 컴퓨터에서 활용이 가능하다. 보급형 드론 중 고급형 드론을 이용해 촬영한 영상들에 대해서는 정사영상 및 3D 공간자료의 제작이 가능하다. Visual SFM 및 OpenDroneMap 등은 가장 대표적인 오픈소스 소프트웨어로 정사영상 및 DEM(Digital Elevation Model) 제작, Point Cloud 편집, 텍스처드 메쉬 생성, 정사영상제작, 및 3D 모델링 등의 기능을 제공한다. 이러한 공간데이터 생성의 과정은 비교적 여러 단계의 자료처리가 요구되고 많은 자료처리를 위해 고성능의 컴퓨터와 자료처리 시간이 요구된다.

본 연구에서는 드론을 사용하는 수준에 따라 세 가지의 활용 사례연구를 통해서 참여형 지도제작 방안을 구체화 하였다(그림 1 참조). 첫째는 특별한 지도관련 지식 없이도 누구나 쉽게 활용하는 사례로서, 일반 대중들을 대상으로 커뮤니티의 모습을 인지하기 위한 지오비주얼라이징을 목적으로 하는 커뮤니티 지도제작이다. 이러한 커뮤니티 지도제작은 중등교육 과정의 학생들을 대상으로 한 사례 연구를 수행하였고, 학생들은 직접 지도제작과정에 참여하여 지도제작에 대한 학습과 함께 자신의 커뮤니티에 대한 이해를 함께 학습할 수 있는 교육적인 효과를 제공한다. 둘째는 지도를 사용하는 관련 직종의 사람이 직접 자신의 목적을 위한 신속한 현장지도를 작성하여 활용하는 사례

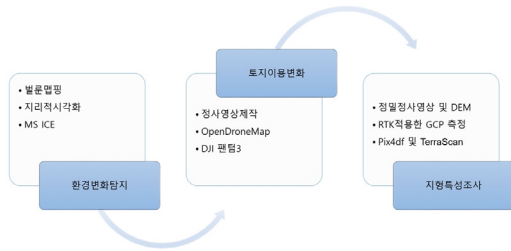


그림 1. 사용자 수준에 따른 참여형 지도제작

이다. 토지이용의 변화가 많은 경우, 시스템에서 제공하는 항공영상은 최근의 변화를 반영하지 못하게 된다. 이러한 소지역은 드론을 이용한 신속한 현장 확인이 가능하며, 지역에 대한 정사영상을 직접 제작해보는 사례를 통해 참여형 지도제작을 활용하는 방안을 모색하였다. 셋째는 공간분석을 위한 목적으로 연구자가 직접 공간정보를 수집하는 사례이다. 공간분석을 위해서 데이터의 정확성을 보장하면서, 연구자가 직접 자신의 연구사례지역에 대한 자료를 수집하여 활용하는 사례를 탐색하였다.

IV. 사례연구

드론을 이용한 참여형 활용 사례 개발을 위해서 고등학교생들을 대상으로 하는 교육용 활용사례와 토지이용의 변화 및 공간분석의 사례를 실행하였다. 각 사례의 상세한 내용은 다음의 소절에서 설명하고자 한다.

1. 환경조사를 위한 별론맵핑

교육용 사례는 2016년 6월 15일 ~ 7월 6일, 강릉 소재 K고등학교 창의학술동아리 학생들(n=25)을 대상으로 경포호 주변의 경관에 대한 영상을 촬영하고 시각화하는 별론맵핑 프로그램을 수행하였다. 전체 프로그램은 사전활동, 야외조사활동, 사후활동으로 3차시(총 12시간)에 걸쳐 진행되었다. 상세한 프로그램의 내용은 표 3과 같다.

다음의 그림 2는 PublicLab의 별론맵핑 제작도구를 보여주고 있다. 별론맵핑에 있어서 중요한 요소들로는 별론, 카메라, 카메라 지지대, 연결선, 장갑 등이 있다. 별론맵핑 키트를 이용하는 경우 최대 1km의 고도에서 촬영 가능하지만, 이를 위해서는 많은 비용을 요구하는 대용량 헬륨가스가 필요하다. 본 연구에서는 이것을 참고하여 학생들이



그림 2. PublicLab의 별론맵핑 제작도구

표 3. 교육용 별론맵핑 창의학술동아리 프로그램

차시	일자	탐구 내용	수업방식	준비물 및 특이사항
1회차 (4시간)	6/15	1. Balloon Mapping의 이해 • Balloon Mapping에 숨어 있는 과학 • 지도 제작의 원리 이해 • 헬륨가스와 풍선을 이용한 Balloon Mapping 도구 제작 실습 • 운동장에서 동영상 촬영 테스트	강의 및 실습	• 헬륨가스 • 풍선 100개
2회차 (4시간)	7/2	2. Balloon Mapping의 실습 • 경포호에서 대형 풍선을 이용한 동영상 및 사진 촬영 • 드론을 이용한 조사활동	야외조사 (경포호)	• 헬륨가스 • 대형 풍선 • 드론
3회차 (4시간)	7/6	3. Balloon Mapping의 적용 • 운동장에서 촬영한 테스트 동영상을 이용한 이미지 프로세싱 • 경포호에서 촬영한 동영상 편집 • MapTiler를 이용한 원격탐사 이미지 업로드 및 공유 • 일제 강점기 지도, 시대별 항공사진과의 비교를 통해 경포호의 변화과정을 이해	강의 및 실습	• PC실 • 일제 강점기 지도 • 시대별 항공사진



그림 3. 벌룬 제작 및 영상촬영

주변에서 쉽게 구할 수 있는 도구들을 이용하여 실험을 하였다. 우선 카메라는 경량으로 고화질 촬영이 가능한 액션 카메라를 이용하였고, 학생들의 아이디어로 지지대를 제작하였으며, 일회용 헬륨가스 (4kg) 및 대형 고무풍선을 사용하였다.

다음의 그림 3은 K고등학교의 창의학술동아리 학생들과 함께 벌룬을 이용한 참여형 지도제작의 모습을 보여주고 있다. 드론을 이용하기 위해서는 사전에 충분한 조중법

에 대한 교육이 필요하기에 처음 접하는 고등학생들이 바로 촬영을 하는 것에는 어려움이 있다. 이에 비해, 벌룬 지도 제작은 간단한 사전 교육으로 지도제작에 있어서 초보자들 누구나 쉽게 참여할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그림 3은 K고등학교 학생들이 직접 벌룬에 카메라의 장착을 위한 장치를 제작하는 과정을 보여주고 있다. 학생들이 직접 벌룬 맵핑의 과정에 직접 참여하고 촬영한 영상을 이용한 시각화를 수행하였다. 이를 통해, 학생들은 지도제작의 원리를 이해하고, 실제로 지도제작 과정에 참여하였다.

그림 4는 벌룬을 이용한 영상처리 결과를 제시하고 있다. 사후활동에서는 영상처리를 위해 Microsoft사의 ICE를 사용하였고, MapTiler를 이용하여 기존의 지도에 영상을 접합하는 과정을 실습하였다. 일반 개인용 컴퓨터에서 사용이 가능하고 특별한 사전학습이 없어도 직관적으로 사용할 수 있는 쉬운 사용방법으로 학생들이 직접 영상을 제작할 수 있었다. 영상촬영의 목적은 경포호의 환경변화 모니터링을 목적으로 했지만 지도제작의 결과물의 해상도가 높지 않아 효과적이지는 못했다. 비록 드론에 비해



그림 4. 벌룬을 이용한 지도제작 모습 및 영상처리 결과

촬영의 범위나 성능에 있어서 부족한 점이 발견되었지만, 학생들이 직접 지도제작에 참여하였다는 점과 지도제작의 원리에 대해 실제로 학습할 수 있었다는 점에서 의의를 갖는다고 할 수 있다. 이와 함께 벌론은 드론에 비해 촬영에 있어서 사고의 위험이 적고, 연령 제한, 비용, 조종 기술과 같은 여러 가지 제약이 상대적으로 적다는 장점을 확인할 수 있었다.

2. 토지이용변화 탐지 사례

두 번째 사례는 드론을 활용한 토지이용변화에 대한 탐지 사례이다. 벌론과 같은 무동력의 무인항공기의 경우 특별한 기술적 방법에 대한 학습 없이 쉽게 접근이 가능하지만, 모터와 같은 동력을 기반으로 하는 드론을 이용한 지도제작은 우선 드론 사용법을 숙지해야만 가능하다. 본 사례 연구에서는 드론 및 지도제작에 경험이 없는 2학년 대학생들을 대상으로 지도제작을 수행하였다. 2017년 10월부터 11월까지 약 한 동안 천안 소재 N대학교 드론동아리 학생들을 대상으로 드론 조종법을 학습하고 영상제작 소프트웨어를 이용하여 지도제작을 수행하였다. 남서울대학교 캠퍼스 지도제작 연구로서, 공간정보학과 학생들이 직접 팬텀을 이용해 정사영상 및 3D 공간정보를 제작하였다. 약 1km²의 지역을 대상으로 여러 차례의 드론 비행을 통해 수집한 1,773장의 영상을 취득하여 영상처리를 하였다. 영상 취득에 있어서 학생들은 드론 조종법을 학습하고 조별로 팀을 이루어 여러 대의 드론을 이용하여 영상을 촬영하여 자료를 수집하였다(그림 5 참고).

영상촬영에는 DJI사의 팬텀 3를 이용하였고, 공간정보의 취득을 위해 OpenDroneMap 소프트웨어들을 사용하



그림 5. 드론을 활용한 영상촬영

였다. OpenDroneMap은 드론 이미지 처리를 위한 오픈소스 소프트웨어로서 웹기반의 사용자 친화적인 사용 환경을 제공하고 정사영상, 포인트클라우드 및 3D 모델 생성이 가능하다. 그림 6은 OpenDroneMap으로 작성한 정사영상과 3D 텍스처 모델을 보여주고 있다. 국토지리정보원의 정사영상과 드론을 통해 제작한 영상간의 합성을 통해 캠퍼스의 최신지도를 작성하였고 3차원 공간정보를 이용한 지리적 시각화를 수행하였다. 정사영상 제작과 같은 영상처리에는 그래픽 영상처리를 위해 CUDA(Compute Unified Device Architecture)를 지원하는 하드웨어 환경을 필요로 한다. 촬영한 양이 많고 수집한 영상파일의 크기가 크기에 영상처리에 있어서도 단순한 영상접합에 비해 상대적으로 많은 시간이 소요되었다. 다음의 그림 8은 드론영상촬영 지역을 표시하는 것으로 총 11차례의 드론 비행을 통해 영상을 수집하였다. 영상촬영에 있어서 건물이 밀집한 지역의 경우 영상수집에 있어서 신호미흡과 같은 문제가 발생하는 경우를 확인할 수 있었다(그림 7 참고).

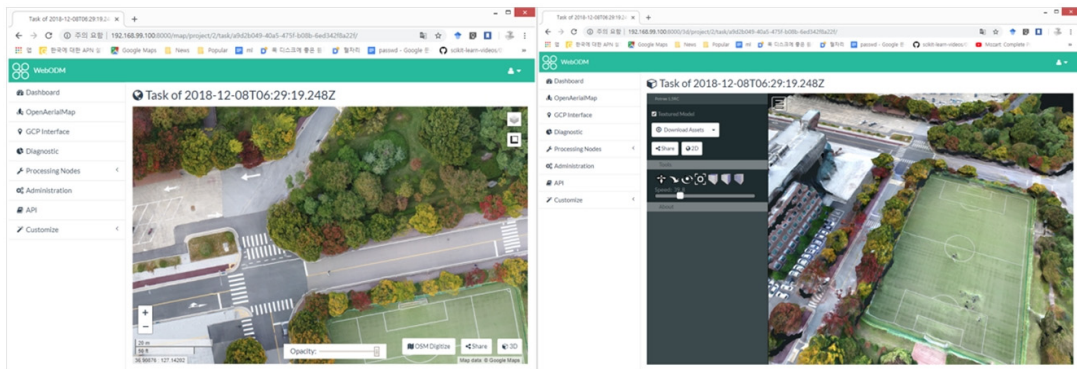


그림 6. OpenDroneMap으로 작성한 정사영상과 3D 텍스처 모델

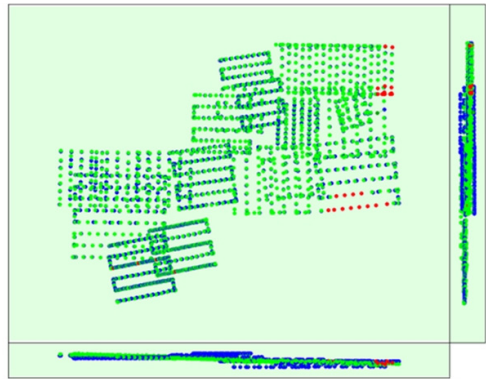
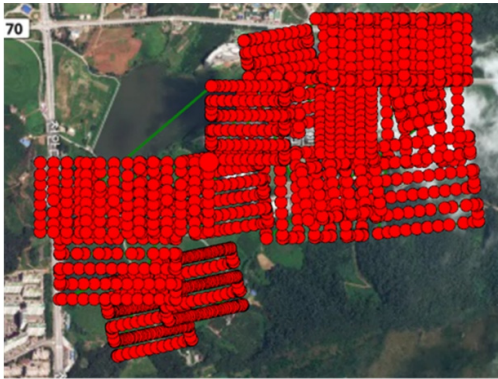


그림 7. 남서울대학교 캠퍼스 드론비행경로(좌) 및 영상수신 신호(우)

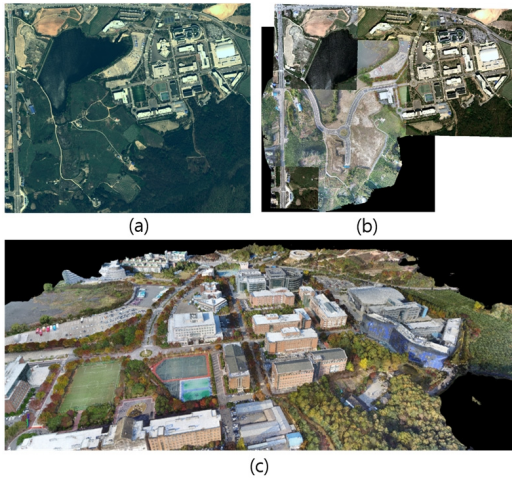


그림 8. 남서울대학교 캠퍼스 정사영상 및 3D 시각화

그림 8은 영상정합의 과정을 통해 얻어낸 정사영상의 결과를 보여주고 있다. 그림 8(a)는 국토지리정보원의 2016년 촬영영상이고 (b)는 드론으로 촬영한 정사영상과 국토지리정보원의 영상을 합성하여 제작한 영상을 보여주고 있다. 그림을 통해 남서울대학교의 제2캠퍼스 부지에 조성한 도로망도를 확인할 수 있었고, (c)는 이를 3D로 시각화한 것으로 캠퍼스의 입체적인 시각화를 제시하고 있다. 토지이용의 변화가 많이 발생하는 지역의 경우 시스템에서 제공하는 항공영상은 최근의 변화를 반영하지 못하는 경우가 있다(박기홍 · 홍일영, 2017). 이러한 소지역의 경우 드론을 이용한 신속한 현장 확인이 가능하며 소지역에 대한 정사영상 제작을 통해 보완이 가능하다.

한편 캠퍼스 사례연구에서는 드론에 장착된 GPS수신기의 위치정보를 이용하여 정사영상을 제작하였다. DJI 드



그림 9. 국토지리정보원 정사영상과 드론 정사영상 간의 중첩

론의 경우 촬영한 영상에는 WGS 1984 좌표계에 따른 경위도의 좌표값이 자동으로 지오태킹 되어 있기에 영상처리에 있어서 부가적인 작업이 없이도 위치 참조된 정사영상 및 공간정보 취득이 가능하다. 그러나 드론의 GPS는 수평 $\pm 1.5m$, 수직 $\pm 0.5m$ 수준의 정확도를 갖고 있기에 기존에 구축된 정사영상과 함께 사용하는 경우 정확도에 있어서 오차를 포함하게 된다. 다음의 그림 9는 국토지리정보원의 정사영상과 DJI 팬텀을 이용해 제작한 정사영상을 함께 제시한 것으로 축구장의 경계선이 서로 일치하지 않고 있는 모습을 확인할 수 있다. 이러한 문제점의 개선을 위해서는 높은 고정밀의 GCP 측정을 통한 위치보정의 작업이 필요하다.

3. DEM 제작을 통한 지형특성조사

세 번째 사례연구는 DEM 제작을 통한 지형특성조사이다. 이전 사례연구의 경우 인지의 관점에서 지도의 특징을 갖고 있지만 측량의 관점에서 정확도를 갖는 공간정보로서는 부족하다고 할 수 있다. 이러한 점들을 보완하기 위

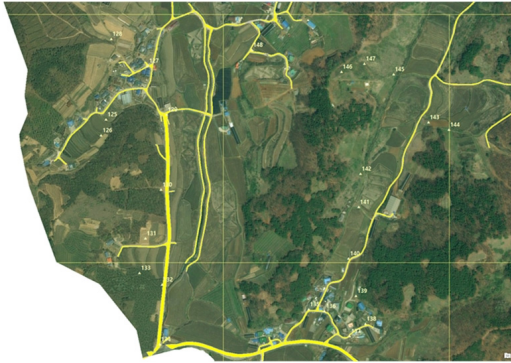


그림 10. 아산시 인주면 도흥리 연구지역과 GCP 측량지점

해서는 수집한 영상들에 대해 정확한 측량지도로서의 정사영상 제작 및 정확도의 개선에 대한 것과 수집한 영상을 통해 얻어낸 포인트 클라우드와 같은 3D 자료를 이용한 보다 심화된 공간분석 방안을 마련하는 것 등이 있다. 드론 영상에 대한 처리에 있어서 보다 심화된 활용을 위해서는 기존의 공간정보와 함께 활용하기 위한 정확도의 개선이 필요하고 드론을 이용한 영상에 대해서 심화된 분석방안이 요구된다. 주요 연구수행 내용은 지도를 전문적으로 사용하는 관련 직종의 사람이 직접 자신의 연구 목적을 위한 신속한 현장지도를 제작하고 취득한 공간정보를 활용에 대한 사례연구를 수행하였다.

사례연구는 아산시 인주면 도흥리 지역을 대상으로 사례지역에 대한 정사영상 및 DEM 추출을 하였다(그림 10 참고). 도흥리 지역의 사례 연구는 3D 지형분석에 있어서 기초가 되는 수치표고모형(DEM) 추출을 위해 연구자가 직접 자료를 확보하는 연구이다. 영상촬영은 2018년 5월 12일과 19일 2차례에 걸쳐 촬영하였다. 무인항공기는 팬텀과 인스파이어를 사용하였고, 이들은 GPS/INS 센서를 내장하고 있어서 자동비행이 가능하며 자세와 위치정보를 알 수 있다. 그림 11은 무인항공촬영지역으로 산림, 농지 및 촌락이 분포하고 있다. 촬영범위는 약 1.2km×0.9km(가로×세로)이고 횡중복도 80%, 종중복도 70%로 촬영을 수행하였다. 촬영영상은 622개의 영상이고 GSD (Ground Sampling Distance)는 4.5cm이다. 20개의 점을 VRS-RTK(Real Time Kinematic)로 측량하고 10개는 지상기준점, 10개는 검사점으로 선정하여 영상을 취득하였다.

지상기준점(GCP, Ground Control Point)는 지면에 설치하는 물리적인 마크로 지리적으로 지도의 정확도를 유지하는 데 사용된다(그림 11 참고). GCP의 좌표 취득에는

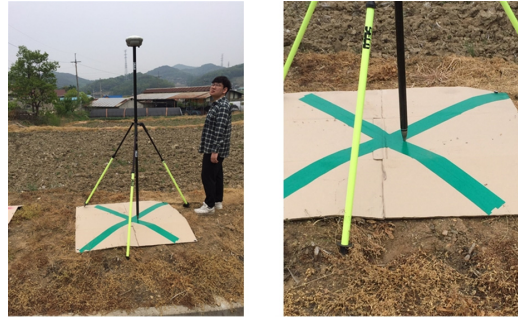


그림 11. 대공표지를 이용한 GCP 측량

VRS RTK로 알려진 실시간이동측위 위성 항법을 사용하는 데 GPS 데이터를 얻는데 있어서 mm 수준의 정확도를 갖는 기술이다. 지형특성에 표고와 경사도를 조사하기 위한 방안으로는 공간정보를 활용한 공간분석방법이 있다. 그런데 표고와 경사도를 나타내는 수치표고모델은 국가에서 제공하거나 표고점이나 등고선을 이용하여 모델을 제작하는 방법으로 사용되지만 수치정확도가 낮은 한계점을 가지고 있다. 무인항공영상은 무인항공사진 측량방법에 의해서 기존보다 정확한 수치표고모델을 제작할 수 있고 지형특성조사에 적용이 가능하다. 드론영상처리 및 공간데이터 구축을 위해 상용소프트웨어인 Pix4D와 TerraScan을 사용하였다. Pix4D의 경우 포함한 건물, 수목 등이 함께 포함된 DSM(Digital Surface Model)을 제공하기에 지형적 특성만을 나타내는 수치표고모델로 제작을 위한 부가적인 작업이 필요하다. 정확성을 보장하는 공간정보 구축과 같은 전문적인 분야에서 활용하는 경우, 적절한 오픈소스를 확인하지 못해 상용소프트웨어를 사용하였다.

수치표면모델을 수치표고모델로 제작하는 방법은 Terrasolid사의 TerraScan에서 사용하는 ATIN(Adaptive TIN)알고리즘의 임계값을 입력하고 지물(건물, 수목 등)과 지형을 분류를 수행하였다. 제작된 수치표고모델의 평균제곱근오차(RMSE: Root Mean Square Error)는 X: ±0.115m, Y: ±0.107m, Z: ±0.248m로 나타났다. 평균제곱근오차를 비교해보면, 수치지형도의 등고선과 표고를 사용한 DEM 제작은 ±2.410m이고 국토지리정보원에서 항공 LIDAR 자료를 추가하여 제작한 것은 ±1.2381이다. 국토지리정보원에서 제작한 수치표고모델과 무인항공의 사진측량으로 제작한 수치표고모델을 비교해보면, 무인항공영상에 의한 제작방법이 ±0.852m가 보다 정확하게 제작되었다(그림 12 참고). 항공영상에 의한 수치표고모델은 지형특

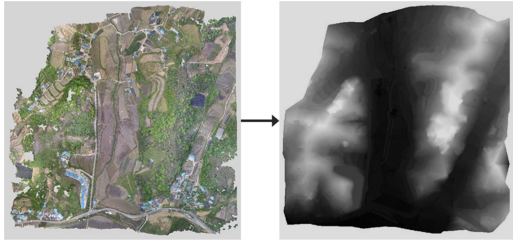


그림 12. 드론영상을 이용한 DEM 제작

성을 나타내는 표고와 경사도를 추출하는 데 사용되며 지형특성조사에 있어서 중요한 자료로 활용된다. 지형특성을 조사하는 것은 표고와 경사도에 따라서 분류가 되고 공간정보와 공간분석에 따른 분류에는 수직정확도가 중요한 요인으로 판단된다. 무인항공영상을 활용하여 취득한 수치표고모델은 기존에 사용하는 모델보다 최신성과 높은 정확도를 제공함으로써, 표고와 경사도를 활용하는 지형특성조사와 같은 공간분석에 객관성을 보다 확보해주는 역할을 수행할 것이다.

V. 결론

본 연구의 목적은 보급형 드론과 오픈소스 소프트웨어를 이용한 참여형 제도제작 방안을 마련하고 활용사례를 개발하는 것이다. 지금까지 수행한 연구와 사례연구들은 일반인 및 공간정보 사용자가 직접 보급형 드론을 활용하여 참여형 지도제작과 관련한 방안들에 대하여 기초적인 단계에서 전문적인 수준에 대한 활용방안과 사례연구들을 수행하였다.

기초적인 단계에서는 비주얼라이징을 목적으로 하는 영상자료의 수집과 영상처리에 관한 것이고, 전문적인 단계에서는 정사영상 및 3D공간정보를 구축하여 이들을 활용한 공간분석의 사례연구를 수행하였다. 경포호에서 이루어진 고등학교 학생들을 대상으로 한 사례 연구에서는 별문맵핑이 이용하여 영상을 촬영하였고, MS ICE를 이용한 영상처리를 통해 지오비주얼라징을 수행하였다. 이러한 방식의 장점은 초보자들도 쉽게 창의적 지도제작 및 지오비주얼라이징이 가능하고 지도제작에 대한 교육적 효과가 크다는 점에 있다. 한편 단점으로는 영상의 촬영 및 지도의 제작 범위가 제한적이고, 측량 지도로서의 가치가 떨어지는 점이 있다. 한편 대학생들을 대상으로 DJI 팬텀

을 이용한 사례 연구의 경우 OpenDroneMap과 같은 영상처리 소프트웨어를 활용을 통해 정사영상 및 3D 지도의 제작이 가능하였지만, 팬텀에 기본 장착된 위치정확도 문제점이 있다. 셋째로, 대학원들과 함께 진행한 지형특성조사의 경우 GCP를 활용한 고정밀도의 지도제작을 통해 수치표고모형을 취득하여 표고 및 경사도와 같은 지형공간 분석을 위한 3D 공간정보 취득 후 지형분석이 가능하였다. 반면 이러한 방식의 경우 GCP활용과 관련한 전문지식이 필요하고 RTK와 같은 부가적인 측량장비에 대한 활용과 같은 전문적인 지식이 필요한 단점을 갖는다.

드론을 이용한 지도제작방식의 보급은 드론의 활용을 높여 관련한 산업을 활성화하는 데 기여할 수 있다. 교육 및 연구에 있어서 별문을 이용한 지도제작의 사례는 지리교육 분야의 교사는 학생들을 위한 학습자료 구축에 있어서 드론을 이용해 자연 및 인문환경의 정관 사진 및 영상을 작성하고 지도제작과정의 참여를 통해 보다 현장감 있는 학습을 가능하게 한다. 연구에 있어서는 드론을 이용하여 수치표고모형과 같은 최신의 정확한 공간정보 취득을 통해 공간분석에 적용함으로써 계획수립과정에 필요한 의사결정정보를 도출하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 고준환, 2006, “참여형 GIS (PPGIS) 에 관한 연구,” 한국지적학회지, 22, 23-32.
- 박기홍·홍일영, 2017, “보급형 회전익 무인항공기를 이용한 토지행정 지원 연구,” 한국지리학회지, 6(1), 93-100.
- 전보애, 2018, ““드론을 활용한 지도 만들기”자유학기제 수업 모듈 개발과 적용,” 한국사진지리학회지, 28(4), 49-66.
- 최광희, 2018, “보급형 드론을 이용한 도서지역 초등학교의 지리교육: 환경과학체험 프로그램을 사례로,” 한국지리학회지, 7(1), 1-14.
- 홍일영·한선화·정진규, 2014, “교육과 연구에 있어 FOSS4G의 활용에 대한 검토. 한국공간정보학회지,” 22(4), 1-9.
- 홍일영, 2016, “오픈소스 소프트웨어를 이용한 마이크로 UAV 영상 처리,” 한국지도학회지, 16(3), 139-151.
- Birtchnell, T. and Gibson, C., 2015, Less talk more drone: social research with UAVs, *Journal of*

- Geography in Higher Education*, 39(1), 182-189.
- Breen, J., Dosemagen, S., Warren, J., and Lippincott, M., 2015, Mapping Grassroots: Geodata and the structure of community-led open environmental science, *ACME: An International E-Journal for Critical Geographies*, 14(3), 850-873.
- Brovelli, M. A., Minghini, M., Moreno-Sanchez, R., and Oliveira, R., 2017, Free and open source software for geospatial applications (FOSS4G) to support Future Earth, *International Journal of Digital Earth*, 10(4), 386-404.
- Chambers, R., 2006, Participatory mapping and geographic information systems: whose map? Who is empowered and who disempowered? Who gains and who loses?, *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 25(1), 1-11.
- D'Hondt, E., Stevens, M., and Jacobs, A., 2013, Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring, *Pervasive and Mobile Computing*, 9(5), 681-694.
- Elwood, S., Goodchild, M., and Sui, D., 2012, Researching volunteered geographic information: Spatial data, geographic research, and new social practice, *Annals of the Association of American Geographers*, 102(3), 571-590.
- Goodchild, M., 2007, Citizens as sensors: the world of volunteered geography, *GeoJournal*, 69, 211-221.
- Herlihy, P. and Knapp, G., 2003, Maps of, by, and for the peoples of Latin America, *Human organization*, 303-314.
- Hill, A., 2013, UAVs at Marj Rabba, Israel: Low-cost high-tech tools for aerial photography and photogrammetry, *SAA Archaeological Record*, 13(1), 25-29.
- Hochmair, H., and Zielstra, D., 2014, Analysing user contribution patterns of drone pictures to the dronestagram photo sharing portal, *Journal of Spatial Science*, 60(1), 79-98.
- Hodgson, D., and Schroeder, R., 2002, Dilemmas of counter-mapping community resources in Tanzania, *Development and Change*, 33(1), 79-100.
- Koh, L., and Wich, S., 2012, Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation, *Tropical Conservation Science*, 5(2), 121-132.
- Lejot, J., Delacourt, C., Piégay, H., Fournier, T., Trémélo, M. L., and Allemand, P., 2007, Very high spatial resolution imagery for channel bathymetry and topography from an unmanned mapping controlled platform, *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(11), 1705-1725.
- Neumann, P., Bartholmai, M., and Hernandez Bennets, V., 2012, Adaptive gas source localization strategies and gas distribution mapping using a gas-sensitive micro-drone, in *Proceedings of the 16th ITG/GMA Conference*. 800-809.
- Niethammer, U., Rothmund, S., Schwaderer, U., Zeman, J., and Joswig, M., 2011, Open source image-processing tools for low-cost UAV-based landslide investigations, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38, 1-6.
- Pajares, G., 2015, Overview and current status of remote sensing applications based on unmanned aerial vehicles (UAVs), *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81(4), 281-330.
- Peluso, N., 1995, Whose woods are these? Counter-mapping forest territories in Kalimantan, Indonesia, *Antipode*, 27(4), 383-406.
- Quan, J., Oudwater, N., Pender, J., and Martin, A., 2001, GIS and participatory approaches in natural resources research, *Socio-economic Methodologies for Natural Resources Research Best Practice Guidelines*, Chatham, UK: Natural Resources Institute.
- Rambaldi, G., and Weiner, D., 2004, Summary proceedings of the "Track on International PPGIS Perspectives", in *Third International Conference on Public Participation GIS (PPGIS)*, University of Wisconsin-Madison, 18-20.
- Rambaldi, G., Kyem, P., McCall, M., and Weiner, D., 2006, Participatory spatial information management

- and communication in developing countries, *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 25(1), 1-9.
- Rinner, C., 2001, Argumentation maps: GIS-based discussion support for on-line planning, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(6), 847-863.
- Rinner, C., and Bird, M., 2009, Evaluating community engagement through argumentation maps—a public participation GIS case study, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(4), 588-601.
- Rinner, C., Kessler, C., and Andrusis, S., 2008, The use of Web 2.0 concepts to support deliberation in spatial decision-making, *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(5), 386-395.
- Watts, A., Perry, J., Smith, S., Burgess, M., Wilkinson, B., Szantoi, Z., and Percival, H., 2010, Small unmanned aircraft systems for low-altitude aerial surveys, *The Journal of Wildlife Management*, 74(7), 1614-1619.
- 교신: 전보애, 25601, 강원도 강릉시 범일로579번길 24 (내곡동), 가톨릭관동대학교 지리교육과(이메일 boaechun@cku.ac.kr)
- Correspondence: Bo Ae, Department of Geography Education, College of Education, Catholic Kwandong University 24, Beomil-ro 579 beon-gil, Gangneung-si, Gangwon-do, 25601, Republic of Korea (Email: boaechun@cku.ac.kr)
- 투 고 일: 2020년 4월 3일**
심사완료일: 2020년 4월 14일
투고확정일: 2020년 4월 15일