

조립식 소형 드론을 이용한 Orthomosaic 및 DSM 생성 연구

Analysis of Orthomosaic and DSM Generation Using an Assembled Small-sized Drone

김종찬¹⁾ · 김병국²⁾

Kim, Jong Chan · Kim, Byung-Guk

Abstract

Ortho images created by aerial photogrammetry have been used in large areas but they are uneconomical for small areas and continuous change observation. The drones have been developed for military purposes, and recently they are being used crop management and analysis, broadcast relay, meteorological observation and disaster investigation and so on. Also there were a lot of studies of expensive commercial drone. In this paper, lower price self-assembly drone usable for in small areas, Obtained images and produced Orthomosaic and DSM using mission planner which is a normal digital camera and open source program, and postprocessing was used Pix4d software. GCP errors are X-coordinate 3.4cm, Y-coordinate 2.4cm, Z-coordinate 4.2cm. It seems like the self-assembly drone can be used for various fields.

Keywords : Drone, Orthomosaic, DSM, Digital Camera, Mission Planner, Pix4d

초 록

기존의 넓은 면적 지역에 대한 정사영상은 항공사진측량을 이용하였으나 이 방법은 작은 면적 지역에 대한 정사영상 및 짧은 주기의 지속적인 변화 관측 측면에서는 비경제적이다. 드론은 군사목적으로 개발되어 활용되었으나 최근 농작물 관리 및 분석, 방송 중계, 기상 관측 그리고 재난 조사 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 드론은 가격이 비싼 상업용 드론을 이용한 사례가 많았다. 본 연구에서는 Orthomosaic과 DSM을 제작하기 위하여 소규모 지역에서 활용이 유용한 저가형 조립식 드론, 일반 디지털카메라와 오픈 소스 프로그램인 Mission planner를 이용하여 영상을 취득하고 후처리 작업은 Pix4d 소프트웨어를 사용하였으며 제작된 정사영상의 GCP는 각각 평균 오차 X 좌표는 3.4cm, Y 좌표는 2.4cm, Z 좌표는 4.2cm로 나타났다. 조립식 소형 드론은 소규모 지역에서의 조립식 드론은 빠르게 영상을 취득하고 다양하게 활용 할 수 있을 것으로 보인다.

핵심어 : 드론, 정사영상, DSM, 디지털카메라, 미션플래너, Pix4d,

Received 2017. 05. 31, Revised 2017. 06. 13, Accepted 2017. 06. 26

1) Member, Dept. of Geoinformatic Engineering, Inha University (E-mail: jongchan8008@inha.edu)

2) Corresponding Author, Member, Dept. of Geoinformatic Engineering, Inha University (E-mail: byungkim@inha.ac.kr)

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.

1. 서론

공간정보 데이터를 취득하기 위해 토달스테이션(Total Station), GNSS(Global Navigation Satellite System), 사진측량(Photogrammetry), 원격탐사(Remote Sensing), 지상 LiDAR(Terrestrial Light Detection and Ranging), MMS(Mobile Mapping System) 등 다양한 기법들이 사용되고 있다. 원격탐사와 항공사진을 이용한 방법의 넓은 지역의 자료를 취득하는 장점이 있지만, 소규모 지역의 경우 원하는 시간에 취득이 어렵고 짧은 주기의 반복 촬영이 어렵고, 25cm~1m급 영상으로 제공되기 때문에 영상 판독 시 해상도에 한계가 있다 (Park and Lee, 2016). 이러한 단점을 해결하기 위해 드론을 활용 할 수 있으며 소규모 지역을 원하는 시기 및 주기에 맞춰 영상을 획득할 수 있다.

드론은 고정의 또는 회전익 항공기와 유사한 형태로 제작된 무인 비행체를 지칭한다. 용어상으로는 ICAO(국제민간항공기구)에서는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle), FAA(미연방항공청)에서는 UA(Unmanned Aircraft)라는 명칭을 사용하고 있으며 일반적으로 드론(Drone)도 많이 쓰이고 있다(Han et al., 2015).

드론 분류는 국제적인 기준이 없어 국가마다 적용하는 기준도 다양하다. 보편적으로 드론의 분류는 무게, 운용 고도, 기체 형태에 따라 분류 한다.

Yun and Lee(2014)에 따르면 무게에 따른 분류는 드론 분류에서 가장 보편적인 분류기준이지만 아직까지 국제적인 기준이 없고 국가마다 적용하는 중량기준이 다르다. 운용 고도에 따른 분류는 군사적 목적 등 활용목적에 따라 사용되는 분류이며, 보통 Table 1과 같이 4단계로 분류한다.

Table 1. Classification by operating altitude

Classification	Maximum Operating Altitude(ft)
Very Low Altitude	< 5,000
Low Altitude	5,000~20,000
Medium Altitude	20,000~45,000
High Altitude	> 45,000

기체형태에 따라 드론은 고정익과 회전익으로 분류한다. 고정익 드론은 연료소모가 회전익 드론 보다 적어 장기체공이 가능하고 넓은 면적을 한 번에 촬영할 수 있으나 활주로나 넓은 개활지가 필요하다. 주로 연직영상만 촬영이 가능하고

정지체공이 불가능하다.

회전익 드론은 헬리콥터와 같은 형태의 드론으로 10km 이하에서 가장 최적화되어 있으며 고정익 드론과 다르게 수직 이착륙이 가능하여 좁은 공간에서 이착륙이 쉽고 정지비행이 가능하다. 하지만 연료 효율이 낮아 장기 체공이 제한적이다.

드론의 활용은 기상관측, 항공촬영, 재난구호, 교통 상황 모니터링, 국토 모니터링 등 여러 분야에서 빠르고 인간이 접근하기 어려운 지역을 안전하게 촬영할 수 있다는 장점이 있어 다양한 산업에서 성장하고 있다(Park et al., 2016).

국내외에서 드론을 이용한 다양한 연구가 진행되고 있다. Lee et al.(2015)은 GNSS/INS와 같은 항법 장치를 이용한 드론의 위치 및 자세정보 성능의 향상과 디지털 카메라 성능의 발달로 드론을 이용한 측량 및 공간정보 생성을 위한 연구를 수행 하였다. 또한 Lee and Choi(2015)는 기술 발전에 의해 드론이 측량 장비들을 대체하거나 보완할 수 있게 됨으로써 노천광산 현장에서 지형측량 작업 시 실질적으로 활용될 수 있다는 연구 결과를 발표하였다.

Lee et al.(2015)은 해안지역과 같이 육지간의 지속적인 상호작용으로 변화속도가 매우 빠르고 직접적인 관찰이 제한되는 경우가 많은 경우 원격탐사 자료를 이용하였지만 드론을 이용하여 해안선 추출을 하였다.

Daniele et al.(2016)은 연안 어육 식별을 위한 지도를 작성하기 위해 저비용 무인항공기를 이용한 연구를 수행하였으며 Julian et al.(2015)는 지형 매핑과 폭발성 지뢰와 같은 물체의 지리 정보 검출을 위해 저가의 드론과 알고리즘을 이용하여 공중 시스템을 개발하는 연구를 수행하였다.

드론을 이용하여 수변구역의 지상 및 수중 생태계에 대한 외래종 증가에 따른 대책을 세우기 위한 연구 및 드론을 이용하여 눈 깊이 분포에 대한 정보를 취득하여 눈사태에 대한 지형 변화에 대한 연구를 진행하였다(Adrien et al., 2016; Nolan et al., 2015).

기존 연구에서는 상업용 드론을 이용한 지형 측량, 정사영상, DEM(Digital Elevation Model)을 생성하여 정확도 평가 및 활용에 대한 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 조립식 소형 드론을 이용하여 연구 지역의 영상을 취득하고 GPS측량을 이용하여 GCP(Ground Control Point)를 취득 후 정사영상 및 DSM을 생성하여 저가의 조립식 드론이 공간정보 데이터를 획득하는데 활용을 할 수 있는지 알아보았으며 원격탐사 영상과 항공사진 영상을 대체할 수 있는지에 대한 활용 가능성을 확인하고 저비용 조립식 드론이 상업용 드론을 대체 할 수 있는지 알아보고자 한다.

2. 연구방법

본 논문에서는 조립식 소형 드론이 공간정보 데이터 취득에 유용한지 알아보았다. DJI F450을 조립하여 교정작업을 거쳐 드론을 안정화 시켰으며 연구지역을 선정하여 고도 70m에서 촬영을 하였다. GPS 측량을 이용하여 GCP 데이터를 취득하여 정사영상과 DSM 제작에 이용하였으며 연구 흐름도는 Fig. 1과 같다.

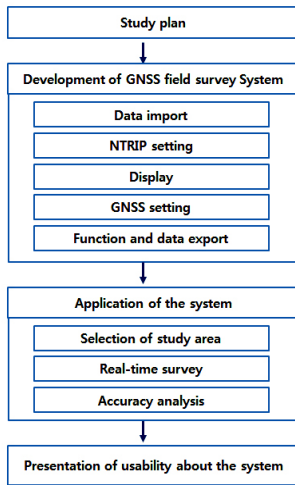


Fig. 1. Flow of study

2.1 연구장비 및 드론 보정





2.1.1 연구장비

연구에 사용된 조립식 소형 회전익 드론 기체와 컨트롤러

는 Table 2와 같다. 연구 장비의 경우 선정하는데 중점을 준 부분은 비용과 성능, 호환성 3가지 부분이다. 가격의 경우 높은 비용의 장비를 선정할 경우 상업용 드론과 비용은 비슷하면서 성능은 떨어지는 경우가 생기기 때문이다. 성능의 경우 너무 낮은 성능의 장비를 선정하게 되면 고장이 쉽게 나거나 각각의 장비들 간의 호환성이 낮기 때문이다. 호환성은 조립식 드론의 장점중 하나인 여러 센서, 장비들을 연구 목적에 맞게 선택할 수 있기 때문이다. 연구에 사용된 각각의 기체 및 컨트롤러 다음과 같이 각각의 장점을 통해 선정하였다. 기체는 DJI F450을 이용하였으며 다른 회사의 조립식에 비해 F450기체의 조립이 수월하며 일반인들의 드론 입문용, 연구 목적으로 많이 사용되어 선정하였다. GPS 모듈은 3DR 사의 UBlox GPS를 사용하였으며 Compass기능을 함께 사용할 수 있고 GPS관련 보정이 필요하지 않고 GPS수신이 자동으로 된다. 또한 Pixhawk와의 호환성이 높아 3DR 사의 UBlox제품을 선정하였다. 배터리는 ZIPPY Compact 4000mAh 4S 25C Lipo를 사용하였다. 용량은 4000mAh이며 단위 무게당 효율이 좋기 때문에 ZIPPY 배터리를 사용하였다. Pixhawk는 기체를 안정적으로 제어할 수 있는 빠른 반응속도가 특징이며 고도 및 자세 센서를 사용하여 기체의 3축제어가 가능하다. 또한 저비용 및 고가용성으로 실내 주행 로봇, 자율 주행 등 여러 분야의 연구 목적으로 사용하기 때문에 선정하였다. 드론 운용 소프트웨어로는 Mission planner를 사용하였는데 카메라의 고도와 화각을 고려할 수 있어 비행 계획을 쉽게 할 수 있는 특징이 있다. 후처리 이미지 소프트웨어로는 빠른 처리속도와 높은 정확도를 보여주는 Pix4D를 사용하였다.

영상취득을 위해 디지털 카메라 Canon IXUS 870 IS를 사

Table 2. Frame and controller

	DJI F450	Drone weight	282g
		Battery weight	264g
	3DR UBlox GPS + Compass Module	Intake weight	1,600g
		Frame size	Wheelbase : 450mm Total length : 495mm
	ZIPPY Compact 4000mAh 4S 25C Lipo Pack	Update rate	5Hz
		Weight	16.8 g
	Pixhawk	Dimensions	5 x 3 x 2 in
		Capacity	4000mAh
		Weight	425g
		Dimensions	147 x 44 x 31 mm
		Dimensions	99 x 73 x 18 in
		Weight	17g

용하였으며 카메라 제원은 Table 3과 같으며 연구에 사용된 드론의 최종 기체는 Fig. 2와 같다.

Table 3. Cannon IXUS 870IS data


	Size	• 93.8 x 56.8 x 23.6mm (Width x height x depth)
	Weight	• 155g
	Shooting mode	• 3648 x 2736 / 2816 x 2112 / 2272 x 1704 / 1600 x 1200 / 640 x 480 / 3648 x 2048 (16:9)
	Diaphragm	• F2.8~5.8
	Image sensor	• 1/2.3inch CCD • 10M Effective pixel
	Sensitivity	• ISO 80 / 100 / 200 / 400 / 800 / 1600



Fig. 2. Drone used in the study

2.1.2 드론 보정

비행을 시작하기 위해서는 드론의 보정 작업이 필요하다. 드론 보정 작업은 총 가속도계, 무선, ESC(Electronic Speed Controller), 나침반 4종류의 보정 작업이 필요하다. 교정 작업을 거치지 않으면 드론이 비행을 못하며 여러 오류가 발생하므로 매우 중요하다(Tyler, 2016).

먼저 보정을 하기 위해서는 Fig. 3의 화면에서 조립한 드론의 유형을 선택하여야한다. 그렇지 않을 경우 오류가 발생하



Fig. 3. Select drones type

여 처음부터 다시 보정 작업을 해야 하는 경우가 발생한다.

첫 번째 가속도계 보정은 드론의 자세를 잡아주는 과정이며 여러 방향을 순차적으로 잡아 주어야한다. 이 과정에서 조심해야하는 부분은 각 방향을 정확하게 잡아야 한다. 가속도계 보정이 제대로 되었는지에 대한 확인은 Fig. 4의 표시한 부분으로 확인한다. 드론을 수평으로 놓았을 때 표시한 부분이 어긋나면 가속도계 보정을 다시 하여 정확하게 일치하도록 한다.

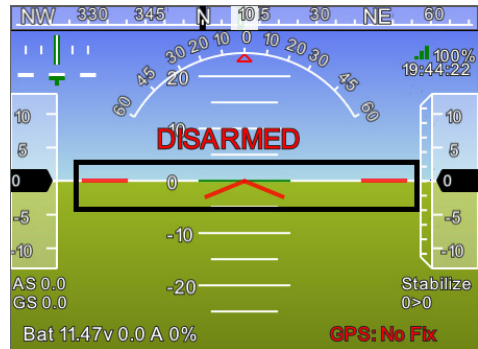


Fig. 4. Accelerometer calibration accuracy check

두 번째 무선 보정은 송신기와 Pixhawk와의 신호를 찾는 과정이다. Fig. 5의 화면에서 송신기의 신호를 받아 송신기의 조이스틱, 스위치 및 노브를 맞춰 주는 과정이다. 이 과정에서 신호를 찾을 수 있으며 각각의 조이스틱 값의 중간점을 맞추어야 한다.



Fig. 5. Radio calibration

세 번째 ESC 보정은 드론의 비행이 안 될 경우 또는 송신기를 이용하여 스틱을 최대로 올렸을 때 드론이 높이 날아오르지 못할 경우 시행하면 된다. ESC 보정은 모터의 회전 방향과 4개의 모터에 동일한 전원이 들어갈 수 있도록 하는 작업이다. ESC 보정은 안전상의 이유로 작업 시 날개를 분리시킨 후 작업을 시행하여야한다. 마지막으로 나침반 보정이다. 나침반 보정은 자동 비행 시 방향을 정확히 알기 위해서 꼭 필요하다.

보정 방법은 Fig. 6과 같이 화면에서 하얀색 점에 데이터가 수집 되도록 드론을 여러 방향으로 360도를 회전하여 각 축에 대해 원을 완성하게 되면 완료된다.

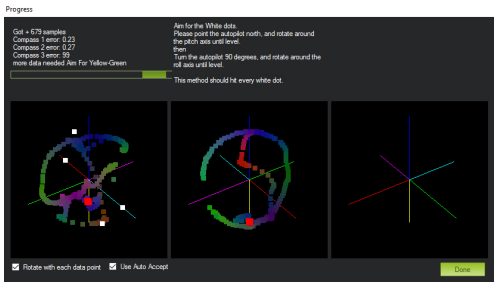


Fig. 6. Compass calibration

2.2 연구지역

본 논문에서는 조립식 회전의 소형 드론을 이용하여 영상을 취득하였다. Fig. 7에 표시한 인하대학교 대운동장 영역을 연구 지역으로 선정하였으며 드론 영상의 해상도에 대응되는 정확도를 갖기 위하여 VRS(Virtual Reference Station) 측량 방법을 이용하여 GPS 측량을 실시하였다.



Fig. 7. Target area in Inha university
(Source : National Geographic Information Institute On Map)

2.3 영상 취득 및 분석

Table 4는 최종 작업 결과 요약표이다. 연구지역의 면적은 0.0369 km²이었으며 평균 GSD는 0.0229m값을 얻었다. 3D 포인트의 수는 총 4031903개를 취득하였으며 6개의 GCP 평균 RMS는 3.9cm이다. 총 작업 소요 시간은 21분이 소요되었다.

Table 4. Quality report

Area Covered[km ²]	0.0369
Average Ground Sampling Distance (GSD)[m]	0.0229
Number of 3D Points	4031903
Georeferencing	6 GCPs Mean RMS error = 3.9cm
Time for Processing	0h, 21m, 0s

Fig. 8은 Mission planner를 이용하여 자동 촬영하기 위해 경로를 설정한 것이며 충분한 중복 영상과 높은 해상도를 얻기 위해 촬영 고도는 70m, 중중복도와 횡중복도는 80%로 하였으며 총 51장의 영상을 취득하였다.

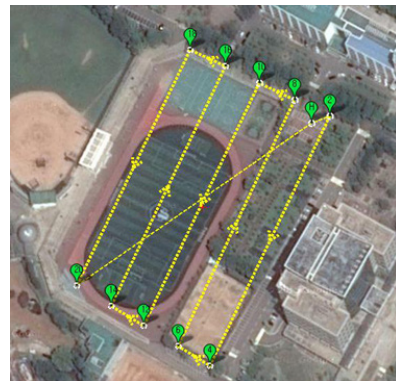


Fig. 8. Photograph route

Fig. 9은 조립식 드론을 이용하여 취득한 영상을 상용소프트웨어 Pix4D를 이용해 모델로 나타낸 결과이다. Fig. 9에서 point cloud를 추출하여 제작한 영상의 결과는 Fig. 10과 같다. 빨간색으로 표시 된 부분은 GCP로 사용한 점이다. GCP

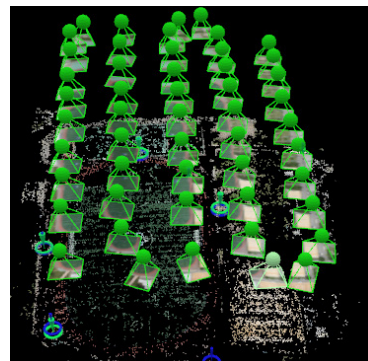


Fig. 9. Photograph model result



Fig. 10. Point cloud and GCP using Image

Orthomosaic의 6개의 GCP 오차와 RMSE를 나타내었다.



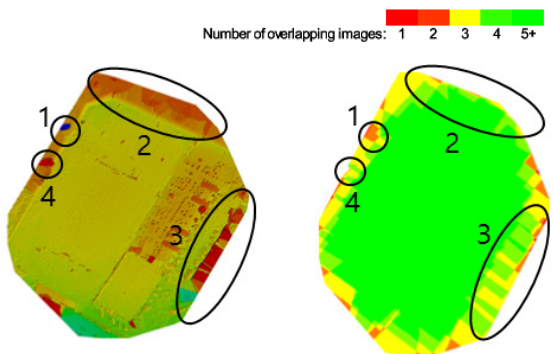
Fig. 12. Final orthomosaic production

의 경우 WGS84, UTM zone 52N (egm96) 좌표 시스템을 이용하여 취득하였다.

Fig. 11(a)는 point cloud를 이용하여 Digital Surface Model(DSM)을 제작한 결과이다. DSM의 해상도는 2.29cm 값을 얻었으며 Fig. 11(b)와 비교 하였을 때 중첩이 적은 외곽 부분에서 오류가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 1번 부분의 경우 2장의 영상이 중첩되었지만 제작한 DSM에서 파란색으로 나타나는 현상이 발생했다. 2번은 4장 이상의 영상이 중첩되었으나 Fig. 11(a)에서 색상이 일정하지 않았다. 그 이유는 저 지점은 나무들이 분포되어있어 색상이 일정하지 않았다. 3번 오류 부분은 3장에서 4장의 영상이 중첩되었으나 건물 옆면이 촬영되어 오류가 발생하였으며 마지막으로 4번의 경우 1번 지점의 오류와 같은 현상이다.

Table 5. Ortho image accuracy

GCP Name	Error X[cm]	Error Y[cm]	Error Z[cm]
GCP 001	3.6	4.9	0.7
GCP 002	4.6	2.5	2.0
GCP 003	0	1.2	1.9
GCP 004	4.0	1.6	7.6
GCP 005	0.8	2.4	0.4
GCP 006	7.4	1.7	12.8
Mean [cm]	3.4	2.4	4.2
RMSE [cm]	4.2	2.7	6.2



(a) Digital surface model(DSM)

(b) Number of overlapping images

Fig. 11. Point cloud used in DSM making

Fig. 9와 Fig. 11(a)의 결과를 이용하여 만든 최종 Orthomosaic은 Fig. 12과 같고 Table 5는 최종 제작된

3. 결론

본 논문은 최근 다양한 분야에 활용되는 드론 종류 중에서 조립식 소형 드론을 직접 조립하여 보정 작업을 거쳐 영상을 취득 후 Orthomosaic과 DSM을 생성 하고 데이터 취득을 위해 조립식 드론 장비 선정 및 고려사항에 대해 알아보았으며, 결론은 다음과 같다.

첫째, DSM 제작 시 영상의 외각 부분에서 영상 중첩이 적은 지점에서 오류가 발생하는 것을 확인 하였으며 이는 촬영 계획 시 고려하여 촬영에 필요한 면적보다 좀 더 넓혀 촬영을 한다면 오류를 보완 할 수 있을 것으로 보인다. 평균 GSD의 값은 2.29cm였으며 6개 GCP의 각각 평균 오차 X 좌표는 3.4cm, Y 좌표는 2.4cm, Z 좌표는 4.2cm로 나타났다. 총 작업 소요 시간은 21분이 소요되어 빠른 시간에 자료 취득 및 데이터 처리가 가능하였다.

둘째, 조립식 드론을 연구에 활용하기 위해서는 비용, 성능, 호환성에 중점을 두어야한다. 비용의 경우 높은 비용의 기체, 컨트롤러, 센서를 이용하게 되면 상업용과 비용은 비슷하면서 성능은 떨어지는 결과가 발생할 수 있다. 성능은 비용이 적게 드는 낮은 성능의 장비들을 이용하게 되면 잔고장이 많고 고장이 생겼을 때 재구매가 어려울 수 있다. 마지막으로 호환성은 장비를 모두 선정한 후 기체와 컨트롤러, 카메라 및 GPS 등 각각 장비들 간의 호환이 되어야 한다. 호환이 되지 않으면 장비를 바꾸어야 한다. 따라서 조립식 드론을 조립하기 전 장비 선정을 할 때 가격 위 3가지를 모두 확인하고 구매하여 조립해야한다.

셋째, 조립식 드론을 조립 후 해야 하는 과정 중 중요한 과정은 보정과정이다. 총 4개의 가속도계, 무선, ESC, 나침반 보정 과정을 거쳐야 드론을 운용할 수 있으며 영상을 취득할 수 있다.

조립식 소형 드론은 저고도 소규모 지역에서 빠른 시간에 저비용으로 데이터를 취득할 수 있을 것으로 보인다. 또한 최근 저가의 LiDAR, 음파 탐지 센서, Depth 센서 등 다양한 조합을 통해 다양한 연구 분야에서 활용 될 것으로 보인다.

향후 연구에서는 상업용 드론과 조립식 드론의 동향과 동일 연구 지역을 선정하여 비용과 성능을 통합적으로 비교하고 취득한 데이터의 정확도를 분석하여 조립식 드론이 실제 현장에서 사용가능 한지 알아볼 필요가 있다.

References

- Adrien, M., Hervé, P., Lisein, J., Hugues, C., and Philippe, L. (2016), Mapping of riparian invasive species with supervised classification of unmanned aerial system (UAS) imagery, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 44, pp. 88-94.
- Daniele, V., Michele, B., Giovanna, J., Andrea, B., and Giandomenico, A. (2016), A low-cost drone based application for identifying and mapping of coastal fish nursery grounds, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 171, pp. 85-98.
- Han, S.C., Jang, J.C., and Lee, S.I. (2015), *Drone Technology Trend and Industry Outlook*, Issue Report, Vol. 15, No. 7, Korea Evaluation Institute Of Industrial Technology, Daegu, pp. 51-69.
- Julian, C., Ivan, M., Juan, R., and Carolina, C. (2015), Geo-mapping and visual stitching to support landmine detection using a low-cost UAV, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 12, Issue. 9, pp. 1-12.
- Lee, K.S., Choi, J.M., and Jo, C.H. (2015), Method to extract coastline changes using unmanned aerial vehicle, *Journal of The Korean Society Of Cadastre*, Vol. 50, No. 5, pp. 473-483. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.A., Kim, T.J., Kim, J.I., Kim, M.C., and Jang, H.J. (2015), DSM generation and accuracy analysis from UAV images on river-side facilities, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 31, No. 2, pp. 183-191. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.J. and Choi, Y.S. (2015), Topographic survey at small-scale open-pit mines using a popular rotary-wing unmanned aerial vehicle (Drone), *Tunnel and Underground Space*, Vol. 25, No. 5, pp. 462-469. (in Korean with English abstract)
- Nolan, M., Larsen, C., and Sturm, M. (2015), Mapping snow depth from manned aircraft on landscape scales at centimeter resolution using structure-from-motion photogrammetry, *The Cryosphere Discuss*, Vol. 9, pp. 333-381.
- Park, J.H. and Lee, W.H. (2016), Ortho photo and DEM generation in small slope areas using low specification UAV, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 34, No. 3, pp. 283-290. (in Korean with English abstract)
- Park, J.P., Park, K.H., and Hong, S.E. (2016), A study on acquisition of parcel boundary information in inaccessible area using UAV, *Journal of The Korean Society Of Cadastre*, Vol. 32, No. 1, pp. 91-102. (in Korean with English abstract)
- Tyler, D. (2016), *Antenna Radiation Pattern Measurement Using an Unmanned Aerial Vehicle*, Master's thesis, Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA, 66p.

Yun, B.Y. and Lee, J.O. (2014), A study on application of the UAV in Korea for integrated operation with spatial information, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 22, No. 2, pp. 3-9. (in Korean with English abstract)