

## 드론영상을 이용한 지형 현황도 제작 및 정확도 분석

### Production and Accuracy Analysis of Topographic Status Map Using Drone Images

김 두 표<sup>1)</sup> · 백 기 석<sup>2)</sup> · 김 성 보<sup>†</sup>

Doopyo Kim · Kisuk Back · Sungbo Kim

Received: December 23<sup>rd</sup>, 2020; Revised: January 6<sup>th</sup>, 2021; Accepted: January 21<sup>st</sup>, 2021

**ABSTRACT** : Photogrammetry using drone can produce high-resolution ortho image and acquire high-accuracy 3D information, which is useful. Therefore, this study attempted to determine the possibility of using drone-photogrammetry in park construction by producing a topographic map using drone-photogrammetry and analyzing the problems and accuracy generated during production. For this purpose, we created ortho image and DSM (digital surface model) using drone images and created topographic status map by vectorizing them. Accuracy was compared based on topographic status map by GPS (global positioning system) and TS (total station). The resulting of analyzing mean of the residuals at check points showed that 0.044 m in plane and 0.066 m in elevation, satisfying the tolerance range of 1/1,000 numerical maps, and result of compared lake size showed a difference of about 4.4%. On the other hand, it was difficult to obtain accurate height values for terrain in which existed vegetation when producing the topographic map, and in the case of underground buried objects, it is not possible to confirm it in the image, so direct spatial information acquisition was necessary. Therefore, it is judged that the topographic status map using drone photogrammetry can be efficiently constructed if direct spatial data acquisition is achieved for some terrain.

**Keywords** : Drone, Drone photogrammetry, Ortho image, Digital surface model

**요 지** : 드론을 이용한 사진측량은 고해상도의 정사영상을 제작할 수 있고 높은 정확도의 3차원 위치정보를 취득할 수 있어 토목 건설 분야에서의 활용성이 높다. 이에 본 연구에서는 드론사진측량을 이용하여 지형 현황도를 제작하고 제작 시 발생하는 문제점과 정확도를 분석하여 공원 조성에 드론사진측량의 활용 가능성을 판단하고자 하였다. 이를 위하여 드론 영상으로 정사영상과 수치표면모델(DSM: Digital Surface Model)을 제작하고 벡터화하여 지형 현황도를 작성하였다. 정확도 분석은 GPS(Global Positioning System)와 TS(Total Station)으로 제작한 지형 현황도를 기준으로 비교하였다. 검사점을 이용한 정확도 분석 결과 잔차의 평균이 평면에서 0.044m, 표고에서 0.066m로 나타나 1/1,000 수치지도 허용오차 범위를 만족하였으며 연구 대상지 내 호수의 면적을 비교한 결과 약 4.4%의 면적의 차이를 보여 지형현황도 작성 가능성이 있다고 판단된다. 한편, 지형 현황도 제작 시 식생이 존재하는 지형의 경우 높이 값을 정확하게 취득하기 어려웠으며 지하 구조물 같은 경우 영상에서 확인할 수 없기 때문에 현장에서 직접적인 공간정보 취득이 필요하였다. 따라서, 드론사진측량을 이용한 지형 현황도 작성은 일부 지형에 대하여 직접적인 공간정보 취득이 같이 이루어지면 효율적으로 제작 될 수 있을 것으로 판단된다.

**주요어** : 드론, 드론사진측량, 정사영상, DSM

## 1. 서 론

최근 무인비행기(Unmanned Aerial Vehicle) 즉 드론이 4차 산업혁명의 주요 산업 중 하나로 자리 잡으면서 활용성 또한 높아지고 있다. 드론은 사람이 기체에 직접 탑승하지 않고 원격으로 조정하거나 프로그램으로 계획한 경로를 자동비행할 수 있는 비행체를 의미한다.

무인 항공사진측량이라고도 불리는 드론사진측량은 드론에 디지털카메라, GPS(Global Positioning System), INS

(Inertial Navigation System)와 같은 센서를 탑재하여 영상 및 촬영 시 위치정보를 취득하고 영상처리를 통하여 3차원 공간정보를 생성할 수 있는 방법이다. 드론사진측량은 기존 유인 항공사진측량보다 고해상도의 영상을 신속하고 정확하게 취득할 수 있어 고품질의 3차원 공간정보를 취득할 수 있다는 장점이 있다. 이에 드론사진측량을 이용한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

드론사진측량은 컴퓨터 비전을 기반으로 영상을 처리하여 3차원 공간정보를 생성할 수 있는 방법으로 영상 매칭

1) Doctor's Course, Department of Civil Engineering, Dong-A University

2) Adjunct Professor, School of Building & Environment Design, Ulsan College

† Adjunct Professor, Department of Energy & Mineral Resources Engineering, Dong-A University (Corresponding Author : tamsabo@donga.ac.kr)

에 주로 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)기법이 이용된다(Lowe, 1999). 3차원 포인트 클라우드 생성은 영상에 기록되어 있는 메타데이터를 기반으로 SfM(Structure from Motion)을 이용해 생성하며 이를 기반으로 DSM이 제작된다(Ulman, 1979). 이러한 과정에서 사진측량학에 중요한 이론 중 하나인 공선조건과, 공역기하학이 이용된다(Wolf & Dewitt, 2000).

드론사진측량을 이용한 연구로는 생태복원지역의 변화 모니터링을 위한 식생분포, 산림의 훼손 현황 분석, 드론을 이용한 영상 취득 및 계도 방송을 통하여 도서지역 관리에 활용한다(Kang et al., 2020; Lee et al., 2016; Lee et al., 2016). 또한, 갯벌 지형정보 생성 및 시계열 정보 취득에 활용하였으며, 비탈면에 대한 3차원 모델을 제작하고 품질을 분석하여 GCP(Ground Control Point)가 정확도에 미치는 영향을 연구하였다(Kang & Kim, 2020; Oh et al., 2017). 여기서 GCP는 지상기준점으로 항공삼각 측량에 사용되며 절대 좌표의 정확도를 높여준다.

일반적으로 드론사진측량으로 제작되는 3차원 공간정보는 DSM으로 지형·지물이 노출되는 상단부를 묘사하기 때문에 모든 대상을 다 표현하는데 제한적인 부분이 발생하며 이로 인해 모든 지형정보를 정확하게 생성하는데 어려움이 있다. 이에 본 논문에서는 공원 조성을 위하여 지형정보가 필요한 지역을 대상으로 드론사진측량의 적용 가능성을 평가하고자 하였다. 이를 위하여 드론을 이용하여 공원을 대상으로 영상을 취득하고 영상처리를 통해 정사영상, DSM 및 3차원 포인트 클라우드를 제작하였다. 제작된 3차원 공간정보의 활용 가능성을 판단하기 위하여 첫 번째, 검사점을 이용한 정확도를 분석하였다. 두 번째로는 연구 대상지 내 존재하는 저수지의 면적을 이용하여 정확도를 분석하였으며 세 번째로 드론사진측량의 문제점 및 장점을 판단하여 드론사진측량으로 제작된 3차원 공간정보의 활용 가능성을 판단하였다.

## 2. 드론 영상 취득 및 처리

### 2.1 연구대상지

본 연구의 연구 대상지는 Fig. 1과 같이 경남에 위치한 모 지역의 공원을 대상으로 하였다. 해당 대상지는 새로운 테마 공원으로 조성을 위하여 지형현황측량이 필요한 곳으로 드론사진측량을 이용한 지형현황도 작성에 대한 분석뿐만 아니라 다양한 분석이 가능한 지역을 선정하였다. 본 연구대상지의 총 면적은 약 0.3km<sup>2</sup>이다.



Fig. 1. Study area

### 2.2 영상취득

3차원 공간정보 생성을 위한 드론 영상은 회전익 기체인 DJI Phantom4 pro를 이용하여 취득하였다. 평균 고도 70m로 영상을 취득하였으며 이에 따른 이론적 GSD는 1.92cm이다. Table 1은 영상 취득에 활용된 기체와 센서의 모습 및 제원을 나타낸 것이다.

Table 1. Specifications of drone and camera

Drone model	DJI Phantom 4 pro
Camera model	FC6310
Focal length	8.8mm
Image resolution	5472×3648pix

정확한 공간정보 생성을 위하여 영상 취득 전 지상 기준점측량을 수행하였으며 향후 정확도 분석을 위하여 검사점측량도 같이 수행하였다. 지상 기준점은 연구 대상지 내 총5개를 설치하였으며 검사점은 3개 설치하였다. Fig. 2는 연구대상지 내 지상기준점과 검사점 설치 위치를 나타낸 것이다. 드론사진측량에서 지상기준점을 연구대상지 외곽에 배치시킬 경우 가장 높은 정확도를 취득할 수 있다(Patiricio et al., 2018). 이에 본 연구에는 지상기준점을 연구 대상지 외각 및 변곡점에 설치하였다. 영상은 총 256장 취득하였으며 폐색지역을 최대한 줄이기 위하여 경사사진을 일부 취득하였다. Fig. 3은 실제 취득한 영상 일부를 나타낸 것이다.



Fig. 2. Arrange of GCPs and CPs

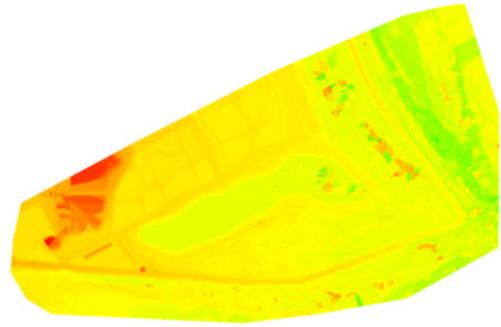


Fig. 6. Digital surface model of study area

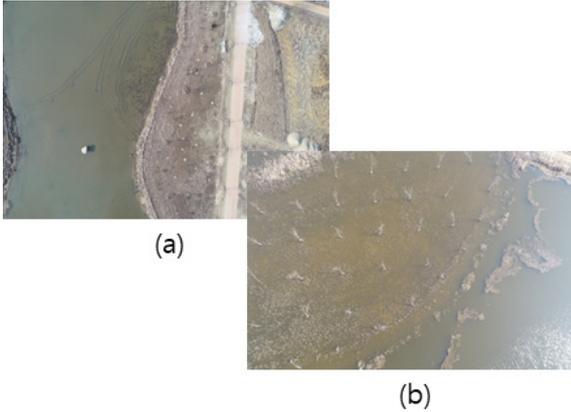


Fig. 3. Drone images : (a) orthogonal image, (b) slope image

### 2.3 영상처리

영상처리는 Pix4D mapper를 이용하였다. 초기 포인트 클



Fig. 4. Dense pointclouds of study area



Fig. 5. Ortho image of study area

라우드를 생성하고 지상기준점 측량 성과를 입력하였다. 이후 DSM 및 정사영상을 제작하고 최종적으로 3D 모델을 제작하였다. 제작시간은 약 2시간 40분 가량 소요 되었으며 Fig. 4는 제작된 포인트 클라우드를 나타내고, Figs. 5와 6은 제작된 정사영상과 DSM을 나타낸 것이다.

## 3. 지형현황도 제작

본 연구는 드론사진측량으로 현황도 제작의 가능성을 판단하기 위하여 정사영상과 DSM을 제작하고 이를 이용하여 현황도를 제작하고 비교분석을 위하여 GPS 및 토탈스테이션을 이용하여 기준자료를 취득하였다.

### 3.1 Global Positioning System 및 Total station을 이용한 기준자료 취득

먼저 비교분석을 위한 기준자료를 GPS 및 TS를 이용하여 취득하였다. 대상지 내 도로와 식수 그리고 물의 경계에 대한 3차원 위치 정보를 직접 취득하여 Fig. 7과 같이 수치화 하였다.

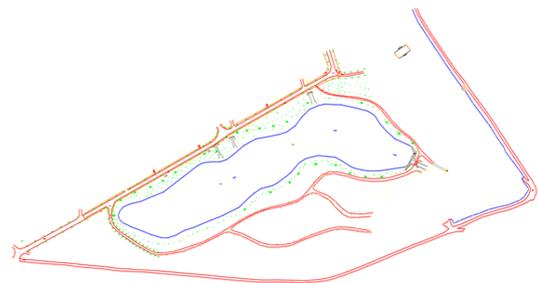


Fig. 7. Topographic status map using GPS and TS

### 3.2 드론 성과물을 이용한 현황도 제작

드론 성과물을 이용한 현황도는 정사영상과 DSM을 기반으로 벡터화하여 제작하였다. 벡터화란 정사영상을 기반

으로 지형·지물을 점·선·면으로 묘사하고 높이 값은 필요 시 DSM에서 취득하는 방법을 의미한다. 정사영상과 DSM을 이용한 현황도 제작은 Global Mapper의 Vector tool을 이용하였다. 대상지 내 도로 및 호수, 식수를 묘사하였으며 Fig. 8은 제작된 현황도를 나타낸 것이다.

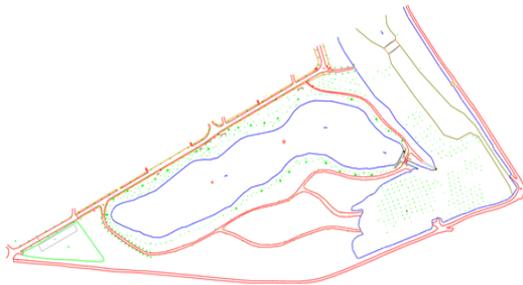


Fig. 8. Topographic status map using drone photogrammetry

## 4. 결과 분석

드론사진측량을 이용한 현황도 제작 및 정확도 분석을 위하여 검사점 및 지형·지물을 이용한 면적을 산출하여 분석하였다. 또한, 드론사진측량으로 현황도 작성 시 발생된 문제점과 장점을 분석하였다.

### 4.1 검사점을 이용한 정확도 분석

검사점 총 3개를 이용하여 정확도를 분석하였다. 검사점의 개수가 적기 때문에 RMSE(Root Mean Square Error)를 제시하지는 못하였지만 잔차의 평균값으로 정확도를 판단하였다. 분석 결과 Table 2와 같이 잔차의 평균이 평면에서 0.044m, 표고에서 0.066m로 나타났다. 이는 국토정보지리원에서 고시한 「수치지도 작성작업내규」의 1/1,000 수치지도 허용오차 범위인 평면 0.200m, 표고 0.150m를 충분히 만족할 수 있을 것으로 보이며, 따라서 현황도 작성 가능성이 있다고 판단된다.

Table 2. Residuals of CPs

CPs No.	$\Delta XY$	$\Delta Z$
1	0.046	0.068
2	0.044	0.067
3	0.041	0.062
Average	0.044	0.066

### 4.2 지형·지물을 이용한 정확도 분석

지형·지물을 이용한 정확도 분석은 연구 대상지 내 호수

의 경계를 이용하여 면적을 비교하였다. GPS 및 TS를 이용하여 취득된 성과를 기준으로 면적을 산출하고 드론사진측량으로 취득된 성과를 기준으로 산출된 면적을 비교하였다. 그 결과 GPS 및 TS의 경우 면적이 19,534.07m<sup>2</sup>으로 나타났으며 드론사진측량은 18,711.85m<sup>2</sup>으로 나타나 Fig. 9와 같이 4.4%의 차이를 보였다. 이러한 면적 차이가 나타내는 의미를 분석하기 위하여 면적 차이를 제곱근하여 길이로 환산하고 면적을 구성한 포인트의 개수인 152개로 나누어 각 포인트당 평면 위치오차를 계산하였다. 그 결과 평면오차가 18.865m로 「수치지도 작성작업내규」의 1/1,000 수치지도 허용오차 범위인 평면 0.200m를 만족하고 있음을 알 수 있다.

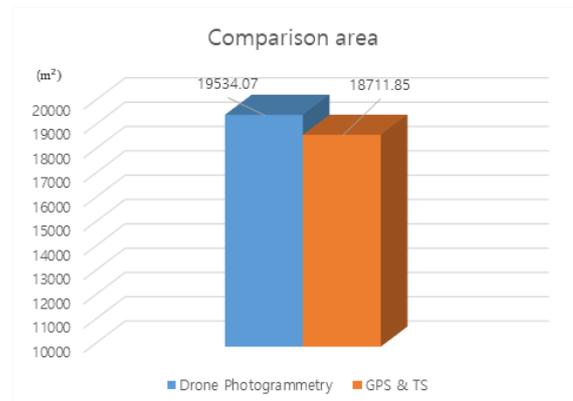


Fig. 9. Comparison of lake size by drone photogrammetry and GPS/TS

### 4.3 드론사진측량을 이용한 현황도 작성 문제점 분석

드론사진측량을 이용한 현황도 작성은 영상 취득에 소요되는 시간과 경제적인 측면에서 유리하다. 하지만 드론사진측량으로 취득되는 공간정보는 DSM으로 즉 지상의 지형·지물을 포함한 표면의 정보를 취득하기 때문에 아래 Fig. 10



Fig. 10. Height value acquisition restriction area due to vegetation

과 같이 식생으로 우거진 부분의 지형·지물들과 매설된 관의 경우 정확한 3차원 공간정보를 취득하기 어렵다. 이로 인하여 본 연구에서도 드론사진측량으로 현황도를 제작할 때 확인이 필요한 부분이 발생하여 보완 측량을 수행하였다. 이렇게 식생으로 지형 높이를 확인하기 어려운 지역에 대하여 보완 측량한 결과를 활용하여 지형의 높이를 부여한다면 활용성이 더욱 높아질 것으로 판단된다.

반면, Fig. 11과 같이 실제 현장에서 취득하기 어려웠던 물속에 존재하던 나무의 경우 드론사진측량으로 손쉽게 존재 여부 및 위치정보를 취득할 수 있었다.

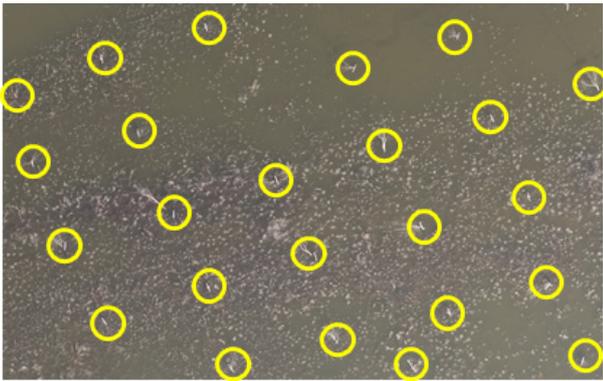


Fig. 11. Underwater tree

## 5. 결 론

본 연구는 드론사진측량으로 현황도 작성 시 문제점을 확인하고 정확도를 판단하기 위하여 정사영상과 DSM을 이용해 벡터화하여 현황도를 작성하였다. 정확도 분석은 검사점과 연구대상지 내 호수의 면적을 비교하여 분석하였으며 현황도 제작 시 발생하는 문제점을 분석하였다. 분석 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 검사점을 이용한 정확도 분석 결과 잔차의 평균이 평면에서 0.044m, 표고에서 0.066m로 나타나 1/1,000 수치지도의 허용오차를 만족할 것으로 보인다. 따라서, 드론사진측량을 이용한 수치지도 제작이 가능하다고 판단된다.
- (2) 물의 경계선에 대하여 GPS와 TS로 취득한 성과와 드론사진측량으로 취득한 성과를 비교한 결과 약 4.4%의 면적의 차이를 보여 드론사진측량의 활용 가능성이 충분하다고 판단된다.
- (3) 현황도 제작 시 발생하는 문제점을 살펴보면 식생으로

우거진 부분은 드론사진측량이 DSM을 제작하기 때문에 지형의 높이 값을 정확하게 취득할 수 없었다. 또한, 지하매설물의 경우 드론영상을 이용하여 확인할 수 없기 때문에 이러한 부분은 영상 취득 시 현장에서 공간정보를 취득해야한다.

따라서 드론사진측량을 이용한 현황도 제작은 충분히 가능하지만 일부 제한적인 부분에 대해서는 작업자가 판단하여 현장에서 직접 정보를 취득할 필요가 있다. 하지만 본 연구는 일부 대상지에 대하여 단편적으로 분석하였기 때문에 더 다양한 조건의 지형을 이용해 분석할 필요가 있다.

## References

1. Kang, B. S., Song, C. M. and Han, G. S. (2020), A study on the utilization of drone for the management of island areas in marine national park, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 23, No. 3, pp. 12~25 (In Korean).
2. Kang, I. K. and Kim, T. S. (2020), Accuracy evaluation of 3D slope model produced by drone taken images, *Journal of the Korean Geo-Environmental Society*, Vol. 21, No. 6, pp. 13~17 (In Korean).
3. Lee, D. G., Bang, D. S., Yoon, O. J. and Lee, H. J. (2016), A study of change monitoring in ecological restoration area using a rotary-wing drone, *Proceedings of Korean Society for Geospatial Information Science*, Korean Society for Geospatial Information Science, pp. 102~105 (In Korean).
4. Lowe, D. G. (1999), Object recognition from local scale invariant features, *Proceedings of the International Conference on Computer Vision*, IEEE, Kerkyra, Greece, Vol. 2, pp. 1150~1157.
5. Lee, Y. S., Lee, D. G., Yu, Y. G. and Lee, H. J. (2016), Application of drone photogrammetry for current state analysis of damage in forest damage areas, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 24, No. 3, pp. 49~58 (In Korean).
6. Oh, J. H., Kim, D. J. and Lee, H. S. (2017), Use of a drone for mapping and time series image acquisition of tidal zones, *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 27, No. 2, pp. 119~125 (In Korean).
7. Patricio, M. C., Francisco, A. V., Fernando, C. R., Francisco, J. M.C., Alfonso, G. F. and Fernando, J. PP. (2018), Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points, *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, Elsevier, Vol. 72, pp. 1~10.
8. Ulman, S. (1979), The interpretation of structure from motion, *Proceedings of the Royal Society of London*, Royal Society, London, England, Vol. 203, No. 1153, pp. 405~426.
9. Wolf, P. R. and Dewitt, B. A. (2000), *Elements of photogrammetry with applications in GIS*, McGraw-Hill, N.Y. pp. 233~253.