

# 드론 삼각측량에서 전문 소프트웨어의 공간정보 정확도 비교 분석

박동주\*, 최연성\*\*

## Comparison and analysis of spatial information measurement values of specialized software in drone triangulation

Park, Dong Joo\*, Choi, Yeonsung\*\*

**요약** 드론 사진 측량의 경우 통상 상용 전문 SW인 Metashape, Pix4D Mapper, ContextCapture 및 간이 SW인 Global Mapper GIS의 “픽셀 to 포인트 도구” 모듈 등을 널리 사용하고 있다. 각 SW마다 고유의 항공 삼각측량법 해석에 대한 로직을 보유하고 있지만, 사용자가 SW를 선택하기 위해서는 지형공간정보의 좌표 값에 대한 비교 분석이 필요하다. 이를 위하여 드론 사진 측량을 위한 항공사진을 촬영하고, VRS-GPS 측량을 통하여 GCP 기준점 측량을 하여, 취득된 기초 데이터를 각 SW를 이용하여 데이터 처리를 한 후 정사 이미지와 DSM을 구축하고, GCP 기준점 측량 성과와 각 SW에서 취득된 정사 이미지 상의 GCP 대공표지의 중심점의 좌표(X,Y) 및 DSM에 의한 GCP점의 높이 값(EL)을 비교했다. “공공측량 작업규정”에 따르면 각 SW의 결과치는 모두 오차범위 이내에 포함되어 어느 SW를 사용하더라도 규정에는 문제가 없는 것으로 판명되었다.

**Abstract** In the case of Drone Photogrammetry, the “pixel to point tool” module of Metashape, Pix4D Mapper, ContextCapture, and Global MapperGIS, which is a simple software, are widely used. Each SW has its own logic for the analysis of aerial triangulation, but from the user's point of view, it is necessary to select a SW by comparative analysis of the coordinate values of geospatial information for the result. Taking aerial photos for drone photogrammetry, surveying GCP reference points through VRS-GPS Survey, processing the acquired basic data using each SW to construct ortho image and DSM, and GCP survey performance and acquisition from each SW. The coordinates (X,Y) of the center point of the GCP target on the Ortho-Image and the height value (EL) of the GCP point by DSM were compared. According to the “Public Surveying Work Regulations”, the results of each SW are all within the margin of error. It turned out that there is no problem with the regulations no matter which SW is included within the scope.

**Key Words** : ContextCapture, Drone, GlobalMapper, Metashape, Pix4D, Photogrammetry

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

지형공간정보(Geospatial information)의 좌표정보(Coordinate information) 취득에는 재래식 방법인 점 측량(Point Survey)[1][2]과 현

대식 방법인 면 측량(Face Survey)이 있는데 면 측량의 대표적인 방법으로 사진측량(Photo - grammetry)[3]이 있다. 사진측량은 지상사진측량, 항공사진측량[4] 및 위성사진측량로 분류되며 항공사진측량에 사용되는 기본 기술이 GCP를 이

\* Drone Spatial Sensing Tech Inc.

\*\* Corresponding Author : Department of Information & Communication Engineering, Kunsan National University (ysc hoi@kunsan.ac.kr)

Received August 02, 2022

Revised August 08, 2022

Accepted August 19, 2022

용한 항공삼각측량(Aerial Triangulation)이다.

항공삼각측량(Aerial Triangulation)[5]이란 항공기에서 촬영된 사진을 입체 도화기나 정밀 좌표관측기로 사진상의 무수한 점들의 좌표를 지상 기준점 측량성과를 이용해 블록 조정기 및 도해적 방법으로 측지 좌표로 환산하는 방법이다. 항공사진이 아날로그에서 디지털로 전환된 후 대부분의 항공삼각측량은 컴퓨터에서 이루어지는데 특히 드론 사진측량[6]의 경우 통상 전문 SW인 Metashape[7], Pix4D-Mapper[8], ContextCapture[9] 및 간이 SW인 Global Mapper GIS의 “픽셀 to 포인트 도구” 모듈[10] 등을 널리 사용하고 있다. 각 SW 마다 고유의 항공삼각측량법 해석에 대한 로직을 보유하고 있지만 사용자의 입장에서 SW를 선택하려면 결과물에 대한 지형공간정보의 좌표 값에 대한 비교 분석이 필요하므로 본 논문에서는 상기 4가지 SW의 실행 결과물을 통한 비교 기준점의 공간 정보 정확도를 비교 분석한다.

## 1.2 연구의 방법

드론을 이용해 통상의 드론 사진측량을 위한 항공사진을 지상 150m 고도에서 촬영하고, 6점의 GCP(Ground Control Point)를 지상에 설치한 후 VRS-GPS 측량을 하여 GCP 기준점 측량을 한다.

취득된 기초 데이터(항공사진)를 각 SW를 이용하여 데이터 처리를 하여 정사이미지(Ortho-Image)와 3차원 점군(3D Point Cloud)을 취득하고, 이 작업이 사진을 이용하면 측량이므로 DSM(Digital Surface Model)을 구축한다[3].

GCP 기준점 측량 성과와 각 SW에서 취득된 정사 이미지 상의 GCP 대공표지 중심점의 좌표(X,Y) 및 DSM에 의한 GCP점의 높이 값(EL)을 비교한다[11].

## 1.3 연구의 주요 내용

동일한 기초 데이터(드론 항공촬영 영상)를 이용하여 각 SW 별로 사진측량 처리한 각 정사

이미지와 DSM을 이용하여 정사 이미지 상의 GCP 대공표지 중심점의 좌표(X,Y) 및 DSM에 의한 GCP의 높이 값(EL)을 추출[3]하여 GCP 기준점 측량 성과와 비교[11]한 결과 대공표지 중심점의 좌표(X, Y) 값은 Metashape가 가장 정확하였으며 각 GCP의 EL 값은 Context Capture가 가장 정확하였다. 상용 전문 SW의 결과는 모두 오차범위 내에 있다.

## 2. 기초자료 수집

Test Bed는 전라남도 순천시 장대길 64 부근(조곡동 263-345번지)에 200m X 200m 규모의 테스트 베드를 설치하였다.

6 점점의 GCP(Ground Control Point) 점 CP(Check Point)를 그림 1.과 같이 설정하고 VRS RTK GPS 측량을 그림 2.과 같이 6지점에 시행하여 표 1.의 결과를 취득하였다.



그림 1. 6점의 GCP 설정

Fig. 1. 6 points GCP settings



그림 2. GCP 상의 VRS RTK GPS survey  
Fig. 2. the VRS RTK GPS survey on GCP

표 1. GCP 상의 VRS RTK GPS Survey 절대 좌표값

Table 1. VRS RTK GPS Survey Absolute Coordinate Values on GCP

Name	Y Coord. (m)	X Coord. (m)	Z Coord. (m)
GCP01	261,913.447	245,287.005	38.123
GCP02	262,001.152	245,251.796	44.377
GCP03	261,958.343	245,293.495	41.709
GCP04	261,966.267	245,236.982	34.219
GCP05	261,840.821	245,251.648	18.346
GCP06	261,886.550	245,253.423	22.893

VRS-GPS 측량에 사용한 장비는 Canada Hemisphere사의 “S321 GNSS” 모델로 RTK Mode에서 수평오차 8mm+1ppm, 수직오차 15mm+1ppm의 정밀도를 가진다.

항공사진 촬영용 드론은 DJI 펜텀 4 프로를 사용하였고, 촬영고도는 지상 150m이다.

DJI 펜텀 4 프로 내장 카메라의 드론 항공촬영 카메라 3요소를 살펴보면, 센서는 1” CMOS로 구성되어 있으며, FOV (Field of View)가 84° (초점거리 8.8mm)이고 이미지 Size는 3:2 종횡비인 5472×3648 = 20M pixels로 구성되었다.

테스트 베드 지역을 총 190장(DJI\_0241.jpg ~ DJI\_0430.jpg)을 정사 촬영하여 그림 3.와

같은 결과를 취득하였다.



그림 3. 테스트 베드의 항공촬영 사진  
Fig. 3. Test Bed Ortho-Aerial Photography

### 3. 소프트웨어별 정사 이미지 및 DSM 추출

비교 분석하는 SW 중 Metashape는 개발이 3D 사진 모델링을 위하여, Pix-4D와 Context Capture는 항공측량 데이터 처리를 위하여, Global Mapper “픽셀 to 포인트 도구” 모듈은 GIS 분석의 보조 모듈로 개발되었다.

따라서 Metashape는 GCP 기준점 측량 성과물을 이용하여 카메라를 절대표정하여 3차원 점군을 추출하고, Pix-4D와 ContextCapture는 재래적인 삼각측량법을 사용하며, Global Mapper는 지형 자체를 GCP 기준점 측량 성과를 이용 절대표정 한다.

드론 사진측량 처리 전문 SW의 Process[5]는 공통적으로 다음과 같이 진행된다.

- 1) 디지털 사진(이하 “DP”) 로딩  
이 DP에는 GPS에서 수신된 경위도 좌표 및 고도값, 드론 FC에서 수신된 IMU의 회전값 ( $\omega, \phi, \kappa$ ), 내장 카메라의  $x_0, y_0, f$ (초점거리)가 기록되어 있다.
- 2) 정렬  
DP 이미지 화소를 분석하여 각 사진의 연결점들을 분석한 후 Tie 점들 추출한다. 이때

상호표정이 이루어진다.

3) 3차원 점군 추출

정렬된 이미지상의 무수한 점들의 좌표를 지상 기준점 측량성과(GCP 기준점 측량)를 이용해 블록 조정기 및 도해적 방법으로 측지 좌표로 환산(항공 삼각측량)하여 3차원 점군을 형성한다. 이때 항공사진에 대한 절대 표정이 이루어진다.

4) DSM 및 정사 이미지 생성

취득된 점군를 이용하여 삼각망 구조의 면을 추출하여 DSM(Digital Surface Model)을 생성하고, 이 면에 드론 사진을 이용, 텍스처 매핑을 하여 정사 이미지(Ortho-Image)를 생성한다.

서론에서 기술한 드론 사진측량 전문 SW의 처리[7][8][9][10]를 통해 다음과 같은 결과가 도출되었다.

Metashape SW로 처리한 결과 그림 4.의 결과를 얻었다.

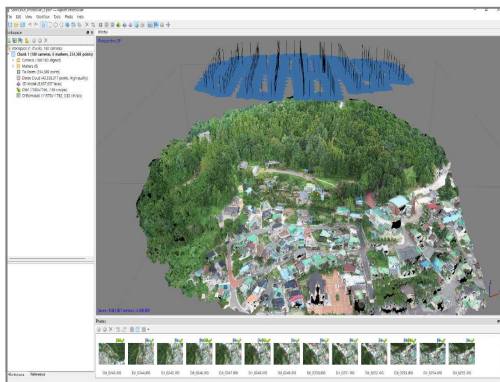


그림 4. Metashape 정사 이미지와 DSM 추출  
Fig. 4. Metashape OrthoImage and DSM Extraction

Pix4D SW로 처리한 결과 그림 5.의 결과를 얻었다.

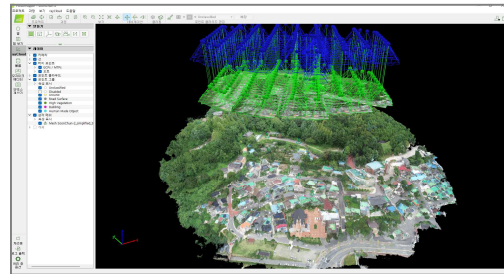


그림 5. Pix4D 정사 이미지와 DSM 추출  
Fig. 5. Pix4D Ortho-Image and DSM Extraction

ContextCapture SW로 처리한 결과 그림 6.의 결과를 얻었다.



그림 6. ContextCapture의 정사 이미지와 DSM 추출  
Fig. 6. ContextCapture Ortho-Image and DSM Extraction

Global Mapper SW로 처리한 결과 그림 7.의 결과를 얻었다.

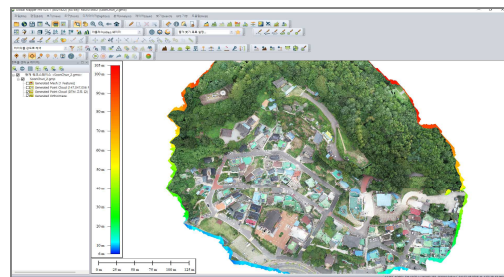


그림 7. Global Mapper의 정사 이미지와 DSM 추출  
Fig. 7. Global Mapper Ortho-Image and DSM Extraction

### 4. 결과물 분석

도출된 결과를 분석하기 위해 아래와 같은 선행작업을 시행하였다.

- 1) X,Y 값에 대한 위치오차는 GCP 기준점 측량 성과 6점의 좌표와 각 정사 이미지상의 지상 대공표지의 중심 좌표를 비교하였다.
- 2) Z 값에 대한 위치오차는 GCP 기준점 측량 성과 6 점의 좌표와 각 SW 결과물의 DSM에서 추출한 Z 좌표(EL) 값을 비교하였다.
- 3) 1), 2) 항을 위해 각 SW 별로 도출한 정사 이미지와 DSM을 Global Mapper SW를 사용하여 GCP 기준점 측량점을 사용하여 검증 을 위한 검정선을 설정(그림 8., 표 2., 검정 기준)하고, 각 DSM으로 부터 검정점(Check Point 이하 CP)의 X, Y, Z 좌표를 추출하였고, 각 정사 이미지에서 지상 대공표지의 중심 좌표(X, Y)를 추출 하였다.

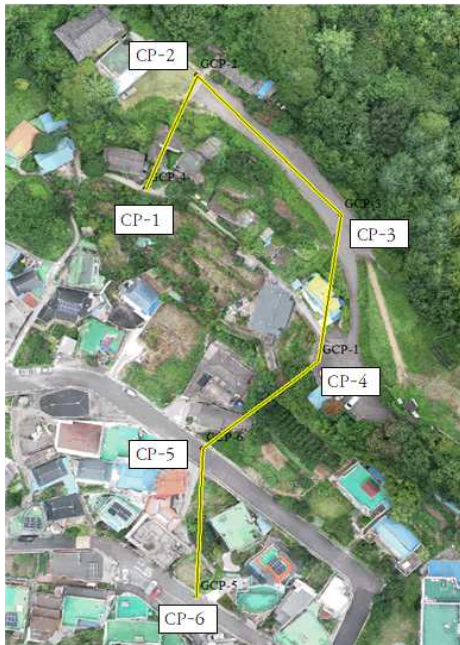


그림 8. 비교 데이터 추출을 위한 검정선  
Fig. 8. Verification Line for Profile Extraction

표 2. Check Point(검정선)의 3D 좌표

Table 2. Check Point Surveying 3D Coordinate

Check Point	GCP Ref.	Y Coord.(m)	X Coord.(m)	Z Coord.(m)
CP-1	GCP4	261,966.267	245,236.982	34.219
CP-2	GCP2	262,001.152	245,251.796	44.377
CP-3	GCP3	261,958.343	245,293.495	41.709
CP-4	GCP1	261,913.447	245,287.005	38.123
CP-5	GCP6	261,886.550	245,253.423	22.893
CP-6	GCP5	261,840.821	245,251.648	18.346

Metashape의 DSM에서 취득한 좌표값은 [표 3.]과 같다.

표 3. Metashape의 체크점 좌표

Table 3. CP coordinates in Metashape

Check Point	X Coord.(m)	Y Coord.(m)	Elevation
CP-1	245,236.982	261,966.267	34.171
CP-2	245,251.800	262,001.150	44.428
CP-3	245,293.500	261,958.340	41.611
CP-4	245,287.010	261,913.450	38.213
CP-5	245,253.420	261,886.550	22.910
CP-6	245,251.650	261,840.820	18.310

Pix-4D의 DSM에서 취득한 좌표값은 [표 4.]과 같다.

표 4. Pix4D의 체크점 좌표

Table 4. CP coordinates in Pix4D

Check Point	X Coord.(m)	Y Coord.(m)	Elevation
CP-1	245,236.982	261,966.267	34.223
CP-2	245,251.800	262,001.150	44.401
CP-3	245,293.500	261,958.340	41.629
CP-4	245,287.010	261,913.450	38.080
CP-5	245,253.420	261,886.550	22.929
CP-6	245,251.650	261,840.820	18.259

ContextCapture의 DSM에서 취득한 좌표값은 [표 5.]과 같다.

표 5. ContextCapture의 체크점 좌표

Table 5. CP coordinates in ContextCapture

Check Point	X Coord.(m)	Y Coord.(m)	Elevation
CP-1	245,236.982	261,966.267	34.192
CP-2	245,251.800	262,001.150	44.461
CP-3	245,293.500	261,958.340	41.634
CP-4	245,287.010	261,913.450	38.110
CP-5	245,253.420	261,886.550	22.955
CP-6	245,251.650	261,840.820	18.315

Global Mapper의 DSM에서 취득한 좌표값은 [표 6.]과 같다.

표 6. Global Mapper의 체크점 좌표

Table 6. CP coordinates in Global Mapper

Check Point	X Coord.(m)	Y Coord.(m)	Elevation
CP-1	245,236.982	261,966.267	34.000
CP-2	245,251.800	262,001.150	44.000
CP-3	245,293.500	261,958.340	41.630
CP-4	245,287.010	261,913.450	38.000
CP-5	245,253.420	261,886.550	22.197
CP-6	245,251.650	261,840.820	18.000

각 SW에서 추출된 정사 이미지상의 대공표지 중심점의 위치 좌표 값(X,Y)은 [표 7.]과 같이 취득되었다.

표 7. 각 정사 이미지 상 대공 표지의 중심점 좌표

Table 7. Center point coordinates of each SW Ortho-Image Targets (U: X 좌표 D: Y 좌표)

CP	Metashape	Pix4D	Context Capture	Global Mapper
CP1	245,236.979	245,236.924	245,236.999	245,236.921
	261,966.232	261,966.268	261,966.240	261,966.286
CP2	245,251.779	245,251.695	245,251.738	245,251.663
	262,001.138	262,001.152	262,001.093	262,001.187
CP3	245,293.566	245,293.546	245,293.539	245,293.564
	261,958.322	261,958.397	261,958.337	261,958.373
CP4	245,286.998	245,286.939	245,286.927	245,286.991
	261,913.432	261,913.454	261,913.442	261,913.405

CP5	245,253.414	245,253.385	245,253.391	245,253.423
	261,886.556	261,886.574	261,886.561	261,886.543
CP6	245,251.629	245,251.655	245,251.619	245,251.640
	261,840.818	261,840.839	261,840.837	261,840.797

실측 VRS GPS 기준점 측량 데이터인 [표 2.]을 기준으로 각 SW 처리 결과물의 정사 이미지 상 대공표지의 중심점 위치 좌표 값(X,Y)을 비교 분석하여 [표 8.]의 결과가 도출되었다.

표 8. 검정 기준점과 각 SW 도출 정사 이미지 대공표지 중심점의 평면 좌표 값(X, Y) 오차량

Table 8. Amount of error in plane coordinate values (X, Y) of the center point of the Ortho-Image targets (U: ΔX, D: ΔY, 단위: m)

CP	Metashape	Pix4D	Context Capture	Global Mapper
CP1	0.007	0.066	0.078	0.014
	0.015	-0.007	0.005	0.042
CP2	0.017	0.101	0.058	0.133
	0.014	0.000	0.059	-0.035
CP3	-0.071	-0.051	-0.044	-0.069
	0.021	-0.054	0.006	-0.030
CP4	0.003	0.058	-0.017	0.061
	0.035	-0.001	0.027	-0.019
CP5	0.019	-0.007	0.029	0.008
	0.003	-0.018	-0.016	0.024
CP6	0.009	0.038	0.032	0.000
	-0.006	-0.024	-0.011	0.007

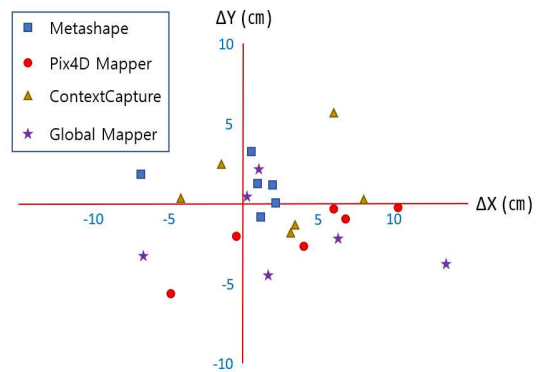


그림 9. 검정 SW의 평면 좌표 값(X, Y) 오차량 분포도  
Fig. 9. Distribution diagram of plane coordinate values (X, Y) error amount of verification SW

실측 VRS GPS 기준점 측량 성과물인 [표 2.]을 기준으로 각 SW 처리 결과물의 DSM에서 추출한 검정 위치의 고도 값(EL)을 비교 분석하면 [표 9.]의 결과가 도출되었다.

표 9. 검정 기준점과 각 SW 도출 DSM 상의 검정 위치 고도 값(EL) 오차량

Table 9. Elevation value (EL) error amount on the test reference point and each SW derivation DSM (ΔEL, 단위: m)

CP	Metashape	Pix4D	Context Capture	Global Mapper
CP1	-0.090	0.043	0.013	0.123
CP2	-0.051	-0.024	-0.084	0.377
CP3	0.098	0.080	0.075	0.079
CP4	0.048	-0.004	0.027	0.219
CP5	0.036	0.087	0.031	0.346
CP6	-0.017	-0.036	-0.062	0.696

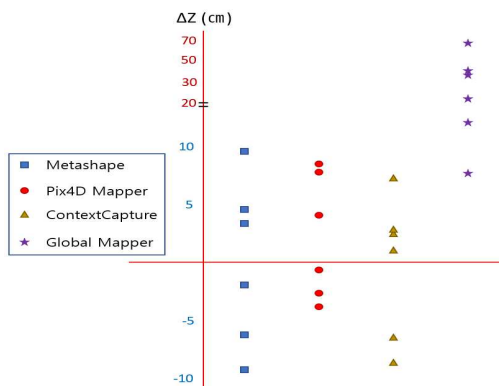


그림 10. 검증 SW의 고도 값(EL) 오차량 분포도  
Fig. 10. Distribution of altitude(EL) error amount of verification SW

“공공측량 작업규정”[시행 2021. 7. 1. / 국토지리정보원 고시 제2021-2701호] 제3편 지형 측량, 제37조 (지형도의 정확도) 기준[11]은 다음과 같다.

1. 지형도의 축척이 1:500 이상 시 평면위치(X, Y) 오차는 0.5mm X 500 = 250mm 이내이다.

2. 표고점(EL) 오차는  $1h / 4 = 1,000\text{mm} / 4 = 250\text{mm}$  이내이다.

### 5. 결론

각 SW의 결과는 모두 오차범위 이내에 포함되어 어느 SW를 사용하더라도 규정에는 문제가 없는 것으로 입증된다.

Global Mapper의 경우는 전문 SW가 아닌 이유도 있지만, 표 9.에서처럼 표고점(EL)이 허용오차 범위보다 큰 경우가 많으므로 참고용으로 한정하여 사용되어야 한다.

부가적으로 분석된 추가 사항은 다음과 같다.

- 1) 평면 위치(X,Y)의 정확도는 Metashape > Pix4d > ContextCapture 순서이다.
- 2) 표고점(EL)의 정확도는 ContextCapture > Pix4D > Metashape 순서이다.
- 3) 정사이미지(Ortho-Image)의 해상도(선명도)는 ContextCapture가 가장 선명하였다.
- 4) Metashape는 GCP 기준점 측량 성과의 추가나 수정이 가장 용이 하며 Pix4D와 Context Capture는 상당히 불편하였다. 또한 용도에 따라 작업 결과물의 수준을 Lowest < Low < Middle < High < Highest의 5단계로 차등화하여 작업시간을 조절할 수 있다.
- 5) Pix4D는 보고서 제작을 위한 항공 뷰 동영상 제작, 등고선 추출 등 각종 편리한 모듈을 포함하고 있다.
- 6) ContextCapture는 별도의 3D View SW가 제공되고, 이 Viewer에서 각종 데이터를 추출할 수가 있어 결과물의 사용성이 높다.

### REFERENCES

[1] Tsuchiya, Atsushi, Hiroshi Tsuji, “Global Positioning System”, pp. 170-188 , Korea Surveying Association, 2015 ISBN:89-953256-1-5 (93530)  
[2] Japan Surveying and Investigation Technolog

y Association, "Aerial Laser Surveying", pp. 26-44, Korea Surveying Association, 2009, ISBN:978-89-953256-5-0(93530)

[3] Lee Kang-won, Howoong Shon, Kim Deok-in "Drone (unmanned aerial vehicle) remote sensing and photogrammetry", pp. 349-405, Book publishing Gumi Library ,2016, ISBN:978-89-8225-151-1(93530)

[4] Youngsuk Kim, Howoong Shon, "The Study of Efficient Estimation of GPS Photo -grammetry", pp. 121-128, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography Vol. 38, No. 6, 2020, <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.663>

[5] Han, Soohee·Hong, Chang-Ki, "Accuracy Assessment of Aerial Triangulation of Network RTK UAV", pp. 663-670, Journal of Korea Geophysical Soc Vol. 9, No. 2, 2006

[6] Lee Jae One, SUNG SANG MIN, "Assessment of Positioning Accuracy of UAV Photo -grammetry based on RTK-GPS", pp. 63-68, Journal of the Korea Academia -Industrial cooperation Society Vol. 19, No. 4, 2018 <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.4.63>,

[7] metashape-pro\_1\_8\_users manual\_en.pdf [Internet]. Available : <https://www.agisoft.com/downloads/user-manuals>

[8] Pix4Dmapper 4.1 USER Manual.pdf [Internet]. Available : <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204272989-Offline-Getting-Started-and-Manual-pdf>

[9] contextcapture\_quick\_start\_guide.pdf [Internet]. Available : [http://www.bentley.com/-/media/files/documents/miscellaneous/contextcapture\\_quick\\_start\\_guide.pdf](http://www.bentley.com/-/media/files/documents/miscellaneous/contextcapture_quick_start_guide.pdf)

[10] global mapper getting started guide.pdf [Internet]. Available : <https://www.blumarblego.com/docs/guides/global-mapper-23-getting-started-guide-en.pdf>

[11] "Public Surveying Work Regulations" [Enforcement 2021. 7. 1. / National Geographic Information Service Notice No. 2021-2701] Part 3 Topographic Survey, Article 37 (Accuracy of Topographic Maps)

---

## 저자약력

---

### 박 동 주 (Park, Dong Joo)



- 2020. 8. 군산대학교 대학원 정보통신공학부(공학석사)
- 2022. 7. 군산대학교 대학원 정보통신공학부(박사과정)
- 2022. 7. 드론공간정보기술(주) 대표이사

〈관심분야〉 산학융합, 드론원격탐사,

### 최 연 성 (Choi, Yeonsung)



- 1989 중앙대학교 대학원 전자공학과 공학박사(Ph. D.)
- 1988 국립 제주대학교 정보공학과 조교수
- 1991 국립 군산대학교 교수
- 2018 한국지식재산교육연구학회 회장

〈관심분야〉 AI, 인지과학, 미용정보기술, 모빌리티