https://doi.org/10.21289/KSIC.2023.26.6.1063

무인비행장치용 측량 및 관측용 탑재 카메라의 최적화 조건 연구

A Study on the Optimization Conditions for the Mounted Cameras on the Unmanned Aerial Vehicles(UAV) for Photogrammetry and Observations

이희우[1], 손호웅[2*], 김태훈[3]

Hee-Woo Lee[1], Ho-Woong Shon[2*], Tae-Hoon Kim[3]

〈Abstract〉

Unmanned aerial vehicles (UAVs, drones) are becoming increasingly useful in a variety of fields. Advances in UAV and camera technology have made it possible to equip them with ultra-high resolution sensors and capture images at low altitudes, which has improved the reliability and classification accuracy of object identification on the ground. The distinctive contribution of this study is the derivation of sensor-specific performance metrics (GRD/GSD), which shows that as the GSD increases with altitude, the GRD value also increases. In this study, we identified the characteristics of various onboard sensors and analysed the image quality (discrimination resolution) of aerial photography results using UAVs, and calculated the shooting conditions to obtain the discrimination resolution required for reading ground objects.

Keywords : Unmanned Aerial Vehicle, UAV, Drone, Photogrammetry, Camera, Resolution, Accuracy

1 대영드론솔루션(주), 대표이사
E-mail: heewoo5606@daum.net

2* 정회원, 교신저자, 대영드론솔루션(주), 연구소장
E-mail: hshon@daum.net

3 공간정보품질관리원 품질연구실 실장
E-mail: thkim@siqms.or.kr

1 Daeyoung Drone Solution Co. Ltd., CEO

2* Daeyoung Drone Solution Co. Ltd., CTO

3 Spatial Information Quality Management Service, Manager of Quality R&D

1. 서 론

무인비행장치(이하 “드론”이라 한다) 기술은 군사용으로 개발되었으나, 최근에는 다양한 분야로 활용 가능성이 커지면서 산업 및 민간용 시장으로 빠르게 확산되고 있다[1]. 특히, 4차 산업혁명은 기존 제조업과 정보통신기술(ICT)의 “융합”으로 새로운 기술 혁명이 일어날 것으로 기대되고 있으며, 최근 드론, 자율자동차와 같은 “무인이동체”가 급부상하고 있다[1].

드론은 20세기 초에 군사용으로 개발되어 정찰·감시 및 폭격과 같은 군사 임무를 수행했으나, 최근 들어 다국적 기업들이 상업적 용도로 활용을 선언하며 연구 개발에 뛰어들면서 그 시장이 예상보다 빨리 커지고 있다[2]. 또한, 드론 기술이 발전함에 따라, 여러 산업에서 드론을 활용하는 사례가 늘어나고 있다. 국토교통부에 등록된 국내 드론 등록 현황을 보면, 2015년에는 925대, 2019년에는 10,021대로 5년간 10배 이상 증가하였다[3]. 특히 건설 분야에서의 드론 활용이 가장 빠르게 확대될 것으로 전망되며[3], 현시점에서도 건설산업에 드론을 활용하기 위해 많은 연구가 진행 중이다[3].

이와 같은 다양한 분야에서 임무 활용을 위한 드론의 활용성이 증대되고 있다. 드론과 카메라 기술의 발전으로 초고해상도 센서의 탑재와 저고도 촬영이 가능해졌다. 이에 따라 지상의 대상체 식별 및 분류 정확도의 신뢰도가 향상되고 있다.

드론을 활용한 사진측량 및 조사는 비용 효율적이고 광범위하게 응용할 수 있다. 최근 광학센서가 장착된 드론으로 매우 높은 공간 해상도의 사진을 사진측량 및 조사에 활용하고, 정사영상의 지리적 위치를 최적화하는 연구가 진행되고 있다[4].

드론을 활용한 측량 및 모니터링은 측량은 물론 시계열 분석에 과학적이고 객관적인 관측 기술 개발의 해결책이 될 것으로 기대된다.

2. 드론탑재 센서

이 연구에서는 다수의 탑재 센서별 특성을 파악하고 드론을 활용한 항공촬영 결과의 영상 품질분석을 수행하였다. 이를 통해 지상의 대상체 판독에 필요한 식별 해상도를 획득하기 위한 촬영조건을 산출하고자 하였다. 즉, 가시광선 파장 영역 드론 탑재 센서의 운용 특성 평가에 있으며, 해당 연구를 위해 국내외 드론(고정익 및 회전익) 측량 및 관측용으로 많이 사용되고 있는 Table 1에 정리한 바와 같이 5개의 주요 모델을 우선 선정하였다.

탑재 센서들은 이미지 센서의 해상도가 높을수록 무게와 가격이 늘어나는 경향이 있다. 탑재 센서(카메라)를 무인항공기, 즉 드론에 탑재했을 때, 탑재 센서의 무게 증가는 체공 시간 감소 및 실속

Table 1. Five optical cameras for comparative analysis[5].

Model	RX1RI	RX1RII	A5100	A6000	RX100
Manufacturer	Sony	Sony	Sony	Sony	Sony
Sensor Type	EO	EO	EO	EO	EO
Weight	490g	507g	400g	468g	240g
Sensor Size	35.9×24mm	35.9×24mm	23.5×15.6mm	23.5×15.6mm	13.2×8.8mm
Resolution	6000×4000	7952×4472	6000×4000	6000×4000	1920×1080

속도의 상승 등의 비행안정성과 효율성 등에 영향을 미친다. 한편, 해상도 및 센서 크기의 증가는 촬영 영역이 증가하여 같은 지상표본거리(Ground Sampling Distance; GSD)를 목표로 할 때, 더 높은 고도에서 비행할 수 있다. 이에 따라 비행 요구 시간의 감소 효과를 줄 수 있다[6]. 이에 대한 비교 예시는 다음과 같다. 1 헥타르(ha) 영역을 목표 지상표본거리(GSD) 3cm로 설정하고 드론의 비행 속도 15m/s, 사진 중복도(overlap) 80%(종), 70%(횡) 조건으로 촬영할 때, 다음 두 종류의 센서의 예상 비행 소요 시간 및 필요 고도 등을 비교하면

Table 2. Altitude and flight time to capture 1 ha

Model	RX1R II	A5100
Required Height	230m	150m
No. of Strip	4	6
No. of Image	41	83
Flight Time	4'18"	5'57"

Table 3. Comparison of three selected sensors and their specifications

Classification			
Model	RX1R II	A5100	RX100
Resolution	7952 × 5304	6000 × 4000	5472 × 3648
Pixels	42MP	24MP	20MP
Sensor Size	35.9 × 24 mm	23.5 × 15.6 mm	13.2 × 8.8 mm
Aperture	35mm	16mm	24 ~ 70mm
f	F2	F2.8	F1.8 ~ F2.8
Shutter Speed	1/4000	1/4000	1/2000
Weight	507g	283g	290g
Dimension	113 × 65 × 72mm	110 × 63 ×36mm	102 × 58 × 41mm

Table 4. Field of view and ground sampling distance(GSD) per camera

H (m)	RX1R II			A5100			RX100		
	Area		GSD (mm)	Area		GSD (mm)	Area		GSD (mm)
	Horiz. (m)	Vert. (m)		Horiz. (m)	Vert. (m)		Horiz. (m)	Vert. (m)	
10	10.3	6.9	1.3	11.8	7.8	2.0	15.0	10.0	2.7
20	20.5	13.7	2.6	23.5	15.6	3.9	30.0	20.0	5.5
30	30.8	20.6	3.9	35.3	23.4	5.9	45.0	30.0	8.2
40	41.0	27.4	5.2	47.0	31.2	7.8	60.0	40.0	11.0
50	51.3	34.3	6.5	58.8	39.0	9.8	75.0	50.0	13.7
60	61.5	41.1	7.8	70.5	46.8	11.7	90.0	60.0	16.4
70	71.8	48.0	9.0	82.3	54.6	13.7	105.0	70.0	19.2
80	82.1	54.9	10.3	94.0	62.4	15.6	120.0	80.0	21.9
90	92.3	61.7	11.6	105.8	70.2	17.6	135.0	90.0	24.7
100	102.6	68.6	12.9	117.5	78.0	19.5	150.0	100.0	27.4

Table 2와 같이 정리할 수 있다.

이러한 비교분석에 따라 광학센서(Electro-Optical; EO) 카메라의 주요 성능지표인 해상도와 이미지 센서의 크기 및 드론의 비행 성능에 영향을 미치는 기준인 센서의 무게(중량)를 기준으로 하여 Table 3과 간이 3종을 선정하였다.

위와 같이 선정한 3종의 센서의 사양을 토대로 Table 4와 같이 드론으로 촬영한 단일 이미지(단영상)의 촬영 가능면적(shooting area)과 이론적 GSD를 산출했다. 이론적 GSD는 비행계획을 수립하고 실제 비행과 촬영을 통한 데이터 획득 및 식별 해상도를 분석하여 탑재 센서의 성능 비교를 진행하였다.

3. 무인비행장치 탑재 센서의 성능지표

「항공사진측량 작업규정[7]」제2조 제12호에서 GSD는 각 화소(Pixel)가 나타내는 X, Y 지상거리를 말한다(항공사진측량 작업규정 제2조 제12호). 무인항공기 촬영 사진의 이론(계산식) 해상도는 카메라의 이미지 센서에 처리되는 한 화소 (x_{ima})에 해당하는 지면의 크기(PS: Pixel Size)로 정의할 수 있다. 이는 비행고도(H)와 센서의 초점거리(f) 비를 이용하여 계산한다. 이들 관계를 비례식으로 표현하면 식 (1)과 같다. Fig. 1에 도시한 그림에서 삼각형 비례법칙에 따라 카메라 센서의 크기와 이론적 GSD를 다음 식과 같이 유도할 수 있다[8]. 즉,

$$H : f = GSD : PS \tag{1}$$

위의 식(1)로 부터 다음과 같이 이론적 GSD 수식 (2)를 산출해 낼 수 있다.

$$GSD = \frac{H}{f} \times \text{픽셀크기} = \frac{x_{image} \times H}{f} \tag{2}$$

영상의 시각적 해상도의 검정은「항공사진측량 작업규정[7]」제14조(검정)에 규정한 바와 같이 항공사진에 촬영된 분석도형의 시각적 해상도(l)와 영상의 선명도(c)를 검정하는 것을 말한다. 일반적으로 지멘스 스타(Simens Star) 도형을 이용한다. Fig. 2의 '지멘스 스타' 도형은 외부 직경이 2m인 원에 원의 중심을 기준으로 하여 32개의 흑백선을 부채꼴로 배열한 도형이다[10-13].

시각적 해상도(Ground Resolved Distance; GRD)

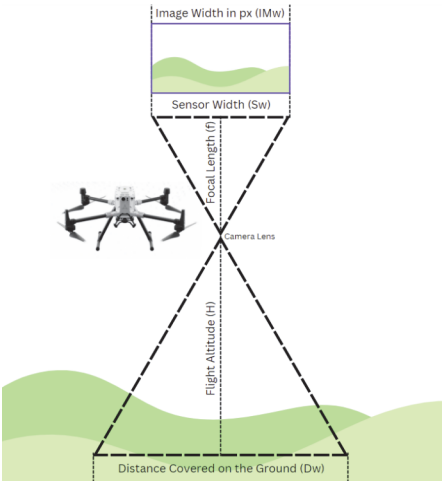

Fig. 1 Theoretical Ground Sampling Distance (GSD) Relationship Concept Diagram[9]

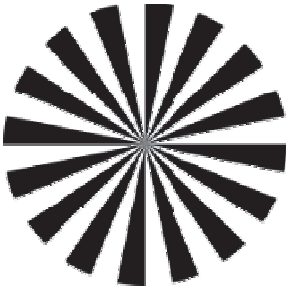

Fig. 2 Siemens Star
A Siemens star, or spoke target, is a device used to test the resolution of optical instruments

Table 5. Specification of fixed-wing UAV KD-2 Mapper[14]

Type	Fixed-wing UAV
Wing Width	1.8m
Body Length	1.1m
Flight Time	Above 60 min.
Operation Height	Above 100m
Cruise Speed	15~16 m/s

l은 '지멘스 스타' 도형이 촬영된 영상에서 지멘스 스타(Siemens Star) 또는 스포크 타겟(Spoke Target)의 전체 직경과 중심부의 흐릿해지는 경계 부분까지의 직경(d) 및 흑백선의 개수(n)를 이용하여 식 (3)과 같이 계산할 수 있다("항공사진측량 작업규정"제14조제2항).

$$l = \frac{\pi \times \text{직경비}\left(\frac{\text{내부 직경}(d)}{\text{외부 직경}(D)}\right)}{\text{흑백 선수}(n)} \times \text{실제 외부 직경} \quad (3)$$

GRD는 중심부의 흐릿해지는 원의 내부 직경(d)에 비례하고, '지멘스 스타'의 흑백선의 개수(n)에 반비례한다는 것을 알 수 있다[11-12].

영상의 선명도(c)는 「항공사진측량 작업규정[7]」 제14조 제2항에 따라 식 (4)와 같이 정의할 수 있다. 즉,

$$c = \frac{\text{시각적 해상도}(\ell)}{\text{지상표본거리}(GSD)} = \frac{GRD}{GSD} \quad (4)$$

따라서 영상의 선명도는 시각적 해상도GRD와 GSD의 비율(ratio)로서, 선명도 지표는 영상에서 식별되는 최소 개체의 픽셀 크기로 해석된다.

4. 활용 무인항공기

본 연구에서는 센서의 실제 성능 비교를 위해 고정익과 회전익 무인항공기를 제작하여 사용하였다. 고정익 기체는 KD-2 Mapper(케바드론)를 사용하였다(Table 5)[14]. 회전익 기체는 상용부품을 이용하여 개조 및 제작을 진행했다. 탑재 센서는 EO센서로 RX1R II, A5100, RX100 카메라를, 다분광센서는 Rededge, Altum를, 열화상 센서로는 FLIR VUE PRO R를 사용하였다.

5. 무인비행장치 탑재 센서 특성 평가

센서의 사양과 비행고도를 토대로 계산된 이론적 GSD는 센서의 모델 및 촬영 환경에 따라서 상이한 GRD가 나타날 수 있다. 따라서 획득한 영상의 영상품질 분석을 수행하여 그 영향의 유무와 정도를 분석할 필요가 있다. GSD는 탑재 센서의 화소 크기와 고도 등의 비율로 산출하나 GRD 산출은 렌즈 품질과 데이터 획득 시의 f스톱(f-stop) 그리고 촬영 순간의 자세변동에 영향을 받는다. 초점거리(f)는 렌즈의 시야를 나타내며, f스톱은 조리개를 열어 센서에 닿을 수 있는 빛의 양을 의미한다.

5.1 성능 평가 방법 및 조건

센서 성능 비교를 위한 비행은 이륙, 타겟으로 이동, 고도상승, 자세안정, 촬영, 복귀, 착륙의 순으로 진행되며, 각 단계는 미리 계획된 임무계획에

따라 자동으로 수행하였다. 고도 10~50m에서 목표고도 상승후 수동모드로 전환하여 실시간 영상을 이용하여 타겟 중심 위치 조정 후 촬영하였다[15].

촬영이미지의 성능평가를 위해 본 연구에서는 앞서 기술한 성능지표(GRD/GSD)를 성능평가 방법 및 조건에 따라 수행하였다. 성능지표는 드론의 자세안정 후 촬영단계에서의 성능평가를 실시하였으며, 다음의 식(5), 즉 성능지표(GRD/GSD),

$$\frac{GRD}{GSD} = \frac{\text{시각적 해상도}(\ell)}{\text{지상표본거리}(GSD)} \tag{5}$$

는 앞서 기술한 “영상의 선명도” 지표이다.

5.2 성능 평가 결과

Table 6은 RX1R II 센서의 드론의 자세안정 후 촬영단계에서의 성능평가를 정리한 표이며, Fig. 3은 Table 6으로부터 성능지표(GRD/GSD)를 도시한 것이다. Table 7은 RX100 센서의 드론 자세안정 후 촬영단계에서의 성능평가를 정리한 표이며, Fig. 4는 Table 6으로부터 성능지표(GRD/GSD)를 도시한 것이다.

5.3 성능 평가 결과 고찰

고도 증가에 따른 GRD 값은 Fig. 3과 같다. 고도가 높아질수록 GSD가 높아짐에 따라, GRD

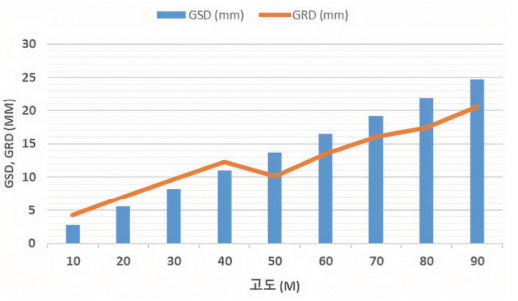

Fig. 3 GRD and GSD of RX1R II based on altitude

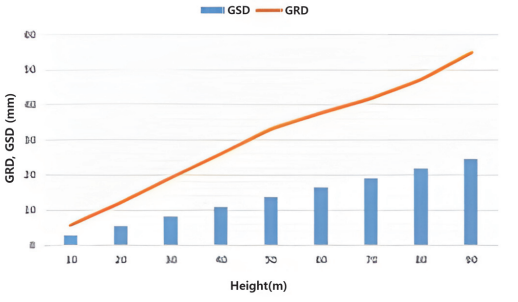

Fig. 4 GRD and GSD of RX100 based on altitude

Table 6. Example of an operational characterization of a drone-mounted RX1R II sensor

Height (m)	GSD (mm)	SNR	GRD (mm)	GRD/GSD
10	1.30	104.6	2.19	1.69
20	2.60	123.3	4.08	1.57
30	3.89	123.1	6.22	1.60
40	5.19	112.2	8.71	1.68
50	6.49	114.3	10.90	1.68
60	7.79	114.9	12.35	1.59
70	9.09	115.2	16.78	1.85
80	10.38	130.5	18.57	1.79
90	11.68	114.0	17.79	1.52

Table 7. Example of an operational characterization of a drone-mounted RX100 sensor

Height (m)	GSD (mm)	SNR	GRD (mm)	GRD/GSD
10	2.74	146.6	5.78	2.11
20	5.48	178.8	12.12	2.21
30	8.22	143.7	19.20	2.33
40	10.96	146.5	25.99	2.37
50	13.71	121.8	33.10	2.42
60	16.45	108.3	37.58	2.29
70	19.19	95.8	41.78	2.18
80	21.93	57.8	47.24	2.15
90	24.67	44.7	54.77	2.22

수치도 함께 상승하는 것을 확인할 수 있었다[16].

GSD는 각 화소가 나타내는 X, Y의 지상거리를 의미하므로, GSD가 낮을수록 지상 목표물에 대한 해상도가 높다는 것을 의미한다. 즉, GSD가 낮으면 GRD가 함께 낮아지는 경향이 있다는 것을 알 수 있다. RGB 카메라 센서의 성능지표인 GRD/GSD 수치를 비교하면 Fig. 4와 같이 일반적으로 50m 고도까지는 성능지표가 지속해서 떨어진 후, 150m 고도까지 큰 변화 추이는 나타나지 않았다는 것을 알 수 있다.

동일한 GSD로 촬영하더라도 목표물 식별 성능에는 차이가 있음을 의미하며, 목표물 식별 해상

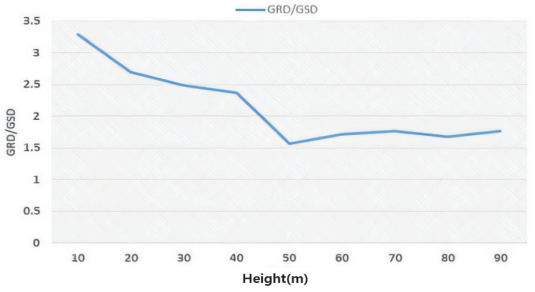

Fig. 5 Performance index(GRD/GSD) of RX1R II based on altitude

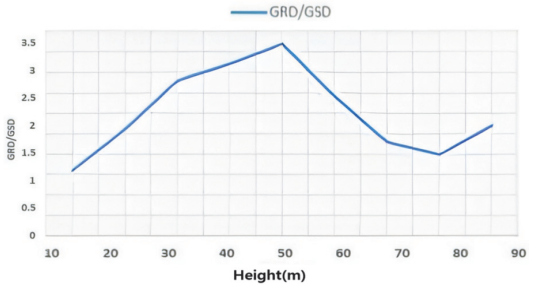

Fig. 6 Performance index(GRD/GSD) of RX100 based on altitude

Table 8. Mean Performance index of Sensors

Sensor	RX1R II	RX100
Performance index	2.275	2.125

도는 RX1R II 측이 RX100에 비해 나은 결과를 낼 수 있음을 확인할 수 있었다. 센서의 해상도 차이를 고려하지 않더라도 향상된 GRD를 획득하기 위해서는 낮은 고도의 비행이 필요하다는 것 또한 데이터의 추이를 통해 확인할 수 있었다.

따라서, 촬영의 효율성을 재고하기 위해 높은 고도에서 비행 및 촬영에서도 목표 GRD를 충족하기 위해서는 고성능의 가시광선 센서의 장착이 요구된다.

RX1R II는 GRD 12mm 이하의 영상을 획득하기 위해서는 초점거리를 '자동'으로 설정할 필요가 있다. Fig. 5와 같이 지형측량 등을 위해 요구되는 최대 GRD 30mm를 달성하기 위해서는 RX1R II는 약 125m 정도의 고도를 요구하는 반면, RX100은 약 45m의 고도가 필요하다. RX1R II을 장착할 경우, RX100에 비해 약 2.5배 높은 고도에서 촬영 가능한데(Table 7), 이는 매핑 촬영에 있어서 더 넓은 지역을 촬영할 수 있는 이점을 제공한다.

이는 넓은 지역의 조사(측량) 관측에 유리한 조건을 제공하며, 비행시간 단축 등의 운용 효율성 제고에 도움이 될 것으로 판단된다.

6. 결 론

무인비행장치의 기술적 발달 및 보급이 확대됨에 따라 수집된 영상의 전처리·활용성이 증대되고 있으며, 다양한 분야에서의 임무 활용을 위한 드론의 활용성이 증대되고 있다. 드론 및 카메라 기술의 발전으로 초고해상도 센서의 탑재와 저고도 촬영이 가능해졌다. 이에 따라 지상의 대상체 식별 및 분류 정확도의 신뢰도가 향상되고 있다.

드론을 활용한 사진측량 및 조사는 비용 효율적이고 광범위하게 응용할 수 있다. 최근 광학센서가 장착된 드론으로 매우 높은 공간 해상도의

사진을 사진측량 및 조사에 활용하고, 정사영상의 지리적 위치를 최적화하는 연구가 진행되고 있다.

본 연구의 차별화된 결과는 무인기 탑재체 센서에 따른 촬영 특성별 드론사진측량 및 관측 최적 기준을 제시한 것으로서, 과학적·객관적인 드론사진 측량 활용이 가능하다. 드론으로 수집된 영상분류 기술은 영상뿐만 고해상도 위성영상에도 직접적인 적용이 가능하기 때문에 확장성이 매우 높다.

드론을 활용한 조사에는 다중분광 센서를 활용한 식생분석 및 녹조발생 경보, 열화상 카메라를 활용한 건축물의 난방효과 검사, 태양광 패널 분석 및 수색·구조(Search and Rescue; SNR) 등 다양한 분야에서 활용이 가능하며, 시장성 또한 넓다.

지상측량 및 관측에 대한 최적의 촬영조건(탑재센서, 비행고도, 기후영향)을 제시함으로써 드론을 활용한 사진측량 및 대상체의 식별과 분류의 생산성 및 효용성이 증대될 것을 기대한다. 한편, 디지털 카메라 영상 활용 분야와 접목한 추가 기술 활용이 가능하다. UAV 영상 SW 기술개발을 통해 국방, 국토, 건설토목을 비롯한 다양한 분야의 경제적 시너지 효과 및 새로운 시장 창출이 가능할 것으로 판단된다[16].

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(스마트 건설기술 개발사업: 23SMIP-A158708-04).

참고문헌

[1] 국경완, “무인항공기(드론) 기술동향 및 시장 동향.”, KOSEN Report, pp. 1-7, (2019).

[2] 김문선, “드론(Drone) : 국내 시장 동향과 방향.”, 디지털비즈온, 2021.09.29. (2021).

[3] Kang. WT., Lee. SY., Kim. MJ., Yu. JH., “Keyword Analysis of Drone Research in Domestic Construction Industry.”, Spring Proceed., Korea Inst. of Building Construction, 21, 1, pp. 43-44, (2021).

[4] Ludwig. M., Runge. CM., Friess. N., Koch. TL., Richter. S., Seyfried. S., Wraase. L., Lobo. A., Christoph. V., Nauss. T., “Quality Assessment of Photo- grammetric Methods.”, Remote Sens. vol 12, no. 22,, pp. 3831-3840, (2020).

[5] Sony, “All Interchangeable-Lens Cameras.”, sony.com, https://electronics.sony.com/imaging/interchangeable-lens-cameras/c/all-inter changeable-lens-cameras, (accessed Oct. 27, 2023).

[6] Abufardeh. S., Magel. K. “The impact of global software cultural and linguistic aspects on Global Software Development process(GSD): Issues and challenges.”, IEEE Xplore Intl. Conf. on New Trends in Info. Science and Service Science, pp. 133-138, (2010).

[7] 국토지리정보원, “항공사진측량 작업규정.”, 국토지리정보원고시 제2020-5165호, 전부개정, (2020).

[8] Ban. S., Kim. T., “Development of brightness correction method for mosaicking UAV images.” Korean Jour. of Remote Sensing, 37, 5, pp.1071-1081, (2021).

[9] SkyCatch,“Business Inquiries.”, https://support.skycatch.com/hc/en-us/articles/, (accessed Nov. 2023).

[10] Fakhri. SA., Motayyeb. S., Saadatseresht. M., Mousavi. M.,“Comparison of UAV image spatial resolution based on the siemens star target.”, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Joint 6th SMPR and 4th GIResearch Conf., Tehran, Iran, pp. 289-301, (2023).

[11] Lim. PC., Kim T., Na. SI., Lee. KD., Ahn. HY., Hong. J., “Analysis of UAV image quality using edge analysis.”, Intern. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing &

Spatial Inform. Sciences, pp. 359-364, (2018).
[12] Lim. PC., Son. J., Kim. T., “Development and comparative analysis of mapping quality prediction technology using orientation parameters processed in UAV software.”, Korean Journal of Remote Sensing, 35, 6, pp. 895-905, (2019).
[13] Mafanya. MP., Tsele. J., Manyama. P., Swart. B., Monate. T., “Evaluating pixel and object based image classification techniques for mapping plant invasions from UAV derived aerial imagery: Harrisia pomanensis as a case study.”, ISPRS Jour. of Photogrammetry and Remote Sensing, no. 129, pp. 1-11, (2017).
[14] Keva Drone, “Products Introduction: KD-Mapper.” keva.kr, https://keva.kr/, (accessed Oct. 27, 2023).
[15] Son. J., Lim. PC., Seo. J., Kim. T. “Analysis of bundle adjustments and epipolar model accuracy according to flight path characteristics of UAV.”, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci, pp. 607-612, , (2019).
[16] Torres-Sánchez. J., Peña. JM., de Castro. AI., López-Granados. F., “Multi- temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV.”, Computers and Electronics in Agriculture, no. 103, pp. 104-113, (2014).

(접수: 2023.10.12. 수정: 2023.11.06. 게재확정: 2023.11.17.)