Photogrammetry를 위한 드론 임무비행 영향인자 고찰

*박동순 **김태민 ***소인호

*K-water연구원 **K-water연구원 ***충남대학교

*fulgent@kwater.or.kr

A Study on Factors Influencing Drone Mission Flight for Photogrammetry

*Park, DongSoon **Kim, Taemin ***Soh, Inho

*K-water Research Institute **K-water Research Institute ***Chungnam University

요약

드론 Photogrammetry는 높은 기술적 활용가치가 있는 기술로서, 결과물로 생성하는 3D 디지털 공간정보 모델이 시설물의 비육안 안전점검 및 진단에 활용될 수 있을 뿐만 아니라 디지털 트윈 구축을 위한 가장 기초적이고 핵심적인 수치 데이터를 제공하기 때문이다.

본 연구에서는 드론 Photogrammetry의 적정 품질을 구현하기 위한 임무비행의 다양한 영향인자에 대해 고찰하였다. K-water연구원 누수탐사실습장을 대상으로 드론 사진 촬영 시 비행고도, 비행속도, 중첩도, 카메라 Pitch각의 영향에 대해 연구를 수행하였다. 본 연구에서 비행시간에 영향을 미치는 인자로서 비행고도, 중첩도, 비행속도의 순으로 중요도가 있음을 알 수 있었다. 드론 임무 비행 시 후처리 결과에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 중첩도로 나타났다. 중첩도 60% 임무비행은 3D 모델의 geometry 왜곡이 큰 편으로 나타났다. 비행 고도는 GSD (Ground Sampling Distance)와 직접 연계되므로 중요하며, 낮은 고도일수록 높은 품질의 모델링이 가능하다. April Tag를 통한 지상기준점 자동 패턴 인식 기능은 후처리 과정에서 시간 절약이 가능하여 유용하였다. 비행속도에 의한 결과물의 품질은 큰 차이가 없었으나, 수직 구조물의 모서리 부분에 다소 차이가 있었다. 짐벌 Pitch각도에 의한 정사영상 품질의 차이는 크지 않았으나 수직구조물과 평면적 구조물에 따라 각기 다른 촬영각도를 적용하는 것이 바람직하다. 본 연구성과는 향후 보다 다양한 환경에서의 데이터 수집을 통해 최적 디지털 현실 모델링에 기여할 것으로 판단된다.

1. 서론

드론 Photogrammetry는 우리말로 보통 드론 사진측량 또는 드론 (디지털) 매핑으로 번역할 수 있다. “Photogrammetry”라는 단어의 어원적 뜻은 “Photo (빛)” + “Gram (형상)” + “Metry (측정하다)”의 합성어에서 유래한다. 즉 빛을 이용하여 대상물의 형상을 해석한다는 의미라 할 수 있다. 보다 직접적인 의미의 Photogrammetry는 2D 사진을 3D 모델링으로 변환하는 3D 모델링 과정을 의미한다.[1]

Photogrammetry 소프트웨어는 2D 이미지를 이용하여 고정밀 지리참조 지도와 3D 모델을 생성하는 프로그램이다. 일반 사진의 경우 3D 대상물의 반사광을 2D 센서에 투영시켜 3차원 정보 중 카메라와 물체 사이의 거리정보가 사라지게 되는데, 같은 물체를 서로 다른 위치에서 촬영한 여러 이미지에서 대상물의 3D 정보를 계산해내서 거리 정보를 복원해 낼 수 있는 원리를 갖고 있다.

일반적으로 이러한 사진측량은 사물의 위치를 알 수 있는 정량적 해석이 가능한 동시에 어떤 물체인지 특성을 파악할 수 있는 정성적 해석을 가능하게 한다. 또한, 균일한 측량 정확도와 3차원 측량을 가능하게 하고, 접근 제약지역에서의 작업이 가능하며, 경제적이면서, 시간과 노동력을 개선할 수 있는 장점을 지닌다. 단점으로는 기상조건의 영향을 받고, 피사체 식별이 난해하거나 흔들리는 경우는 사용이 어렵다.

드론을 활용한 사진측량에 있어 입력 자료로 사용되는 것은 촬영된 항공사진이며, 이러한 입력 자료의 품질이 결국 결과의 품질을 결정하므로 좋은 자료의 취득이 무엇보다도 중요하다. 하지만 사진측량을 위한 좋은 사진 자료를 취득하기 위해서는 비행에 대한 많은 노하우 및 사진측량에 대한 많은 지식을 요구한다.

사진측량 기술을 이용한 3D 모델링에 있어 입력자료로 활용되는 사진 자료의 품질은 결과물의 품질을 결정하므로 신중하게 취득되어야 할 필요가 있다. 이러한 사진 자료들은 드론의 비행고도, 비행속도, 비행경로 및 촬영각도 등을 통제한 상태에서 다양한 조건 하에서 촬영할 수 있으며, 촬영된 사진을 이용한 3D 모델 구축 시 결과물 품질에 영향을 미치게 된다.[2]

본 연구에서는 이러한 비행 및 촬영 조건에 따른 동일 지역에 대한 반복적 비행을 통해 각 매개변수에 따른 결과물의 차이를 비교하여 높은 품질의 3D 모델을 획득하기 위한 최적의 매개변수를 획득하고자 하였다. 이를 위해 K-water연구원 내의 누수탐사실습장(52×39 m 영역)을 대상으로 조건을 달리하며 반복적인 비행 및 촬영을 수행하였고, 이후 후처리를 통해 얻어진 결과물의 정확도와 품질에 대한 비교분석을 실시하였다(Fig. 1).

Fig. 1. K-water연구원 내 누수탐사실습장

2. 지상기준점(GCP) 측량

사진측량을 통한 3D 모델 구축에 있어 높은 정확도의 공간정보 구축을 위해서는 지상기준점(GCP; Ground Control Point)의 입력이 필수적이다. 이는 3D 모델에 사용될 3D 공간의 좌표계를 설정하고 생성할 3D 모델을 공간상에 정밀하게 위치시키는 작업이다. 드론에 탑재된 GPS만으로는 약 수 m의 부정확한 공간정보가 형성되므로 추가적으로 GCP 측량을 통해 보정을 실시하여 정확한 3D 모델을 구축할 수 있다. 또한, GNSS 수신기 자체의 위치오차 역시 존재하므로 국토지리정보원에서 운용 중인 통합기준점을 바탕으로 GNSS 수신기의 위치오차를 보정한 이후에 GCP를 설정하고 측량할 필요가 있다. 연구원 내 GCP를 설정하기 앞서 K-water 반경 3.5 km 내의 4개 통합기준점에 대한 측량을 실시하였으며, 이를 통해 위치보정(localization)을 실시하였다.

드론을 활용한 정밀 사진측량 수행에 있어 3D 모델의 공간 위치 보정을 위해 연구 지역에 총 5개의 지상기준점을 설치하고 측량을 수행하였다. 이때, 지상기준점에 April tag를 설치하여 해당 지점에 대한 측량을 실시하였다. 기존에는 3D 모델링 시에 수작업으로 각 기준점을 입력하는 것이 일반적이었으나, April tag 활용 시 포토모델링 소프트웨어에서 위치점을 자동 인식 가능하며 수작업으로 발생할 수 있는 오차를 최소화할 수 있다(Fig. 2). 또한, 지상기준점 외에도 누수탐사실습장 벽면부에 일정 간격의 April tag를 부착하여 거리에 대한 고정변수를 입력하였으며, 이를 통해 구축될 공간상의 위치 오차를 최소화하도록 하였다.[3]

Fig. 2. April tag 및 지상기준점 자동 인식 예시

3. 임무비행 수행

K-water연구원에서 보유하고 있는 DJI社 Mavic 2 Pro 기체를 이용해 연구 지역에 대한 사진 촬영을 수행하였다. 이 기체는 무인멀티콥터형태의 비행장치로 1인치의 CMOS센서, 5472×3648(20MP)의 해상도, 초점거리 28 mm (35 mm 환산)인 단렌즈 카메라를 탑재한 기체이다.

자동 비행 계획 어플리케이션인 Pix4D Capture를 통해 총 9번의 비행을 실시하였다(Fig. 3). Pix4D Capture를 통한 자동비행은 비교적 간단히 수행할 수 있는 임무 비행으로, 동일 영역에 대한 반복적인 촬영이 손쉽게 가능하다. 비행 경로에 따른 3D 모델 품질을 파악하기 위해서 Pix4D Capture 어플리케이션에서 설정 가능한 4개의 매개변수를 변화시키며 52×39 m의 동일한 영역에 대한 촬영을 실시하였다. 이때 변경한 매개변수는 총 4개이며, 비행고도, 비행속도, 중첩도, 카메라의 Pitch 각이다. 각 비행마다 설정한 매개변수를 Table 1에 정리하여 나타내었다.

Table 1. 비행 별 매개변수 조건

구분	비행 고도 (m)	비행 속도 (m/s)	중첩도 (%)	Pitch 각 (°)	GSD (cm/pixel)	사진수	비행 시간 (분:초)
#1	20	1.8	80	70	0.50	156	05:30
#2	30	1.1	80	70	0.75	76	08:30
#3	40	1.4	80	70	1.00	56	07:30
#4	50	1.8	80	70	1.25	43	06:30
#5	30	1.8	80	70	0.75	76	06:30
#6	30	1.8	60	70	0.75	33	04:09
#7	30	1.8	90	70	0.75	173	10:11
#8	30	1.8	80	45	0.75	98	06:30
#9	30	1.8	80	60	0.75	98	06:30

Fig. 3. Pix4D Capture 자동 비행 설정

매개변수가 변화함에 따라 각 비행경로별로 GSD와 촬영 사진 수, 비행시간에 차이를 보였다. GSD의 경우 비행고도에 따라 선형적으로 변화하는 양상을 보였으며, 그 외의 매개변수로부터는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 촬영 사진 수는 비행고도(#1, #4, #5)와 중첩도(#5, #6, #7)의 변화에 따라서 변화하는 것으로 나타났으며, 일정한 구역에 대한 촬영 시에 동일한 중복도 적용할 경우 비행고도에 상승에 따라서 더 적은 사진 수의 사진을 촬영하는 것으로 나타났다.

각 비행경로별 비행시간은 드론을 통한 임무 수행시에 중요한 의미를 가진다. 이는 현재 대다수의 Li-Po 계열의 배터리를 사용하는 드론은 최대 비행시간이 20-25분으로, 각 처리결과가 비슷한 품질을 보일 경우

에 추후 더 적은 시간을 할애할 수 있는 임무경로를 전략적으로 수립할 수 있기 때문이다. 비행시간에 영향을 미치는 매개변수는 비행고도, 중첩도. 그리고 비행속도로 나타났다. 카메라의 pitch각도는 사진 수와 비행시간과는 무관한 매개변수로 나타났다. 특히 중첩도가 높을수록 더 많은 거리를 비행하기 때문에 더 오랜 시간 비행하는 것으로 나타났다.

4. 결과 비교

각 비행경로별 사진 자료를 이용해 후처리를 수행하여 정사영상(orthoimage), DSM 모델, 그리고 3D mesh 모델을 획득하였다. 후처리에 이용한 소프트웨어는 Bentely社의 ContextCapture로 현재 사진측량 소프트웨어 중에 타 소프트웨어 중에 3D 모델 구축이 가장 현실에 가까운 형태의 높은 품질로 구축되는 상용 소프트웨어이다.

Fig. 4는 비행경로별로 얻어진 3D mesh 모델을 보여준다. 대체적으로 좋은 품질의 결과물을 획득하였으며 몇몇 주목할 만한 관찰점들이 발견되었다. 결과물 품질에 대한 분석은 정사영상과 DSM, 3D mesh model을 종합적으로 검토하여 수행하였다.

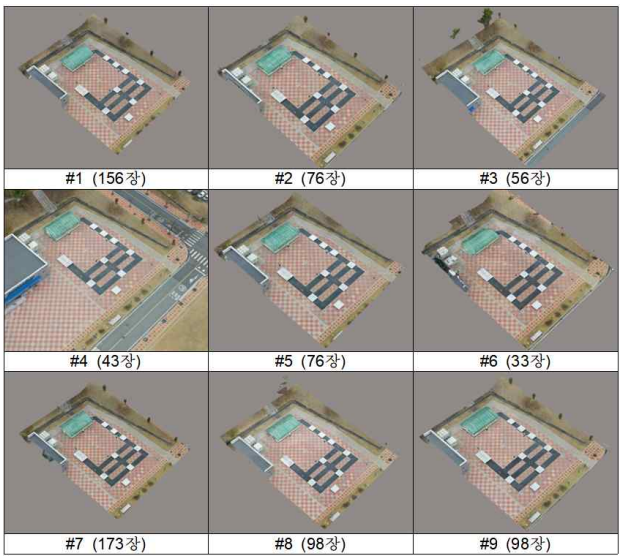

Fig. 4. 연구대상 부지 3D 모델

얻어진 결과물의 품질에 대한 분석 결과, 품질에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 중첩도로 나타났다(Fig. 5). #6의 경우 정사영상과 DSM, 3D mesh 모델에서 모두 낮은 품질의 결과물을 도출하였으며, 특히 60%의 중첩도에서 획득한 3D mesh 모델의 경우 geometry의 왜곡이 상당히 심하게 나타나 성과물로 활용하는 것이 불가능한 것으로 나타났다. 이와 달리 중첩도 80%와 90%의 결과를 비교하였을 경우에는 큰 차이를 보이지 않았다.

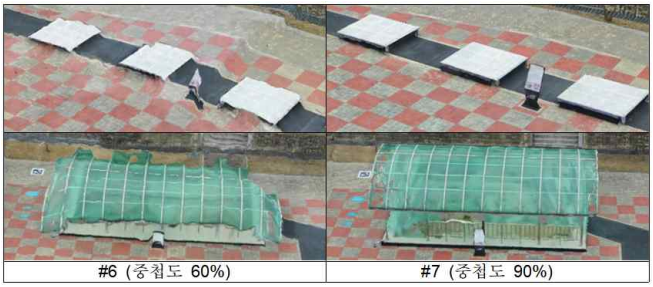

Fig. 5. 중첩도에 따른 3D 모델 품질 차이

고도에 따른 정사영상 비교 결과, 고도가 낮을수록 더 높은 품질의 정사영상을 획득할 수 있는 것으로 나타났다(Fig. 6). 본 비행에서 기준점으로 활용한 April tag 영상 및 바닥 구조물에 쓰여진 숫자 형태를 보면 고도별로 나타나는 영상의 해상도 차이를 명확하게 확인할 수 있으며, 이는 고도에 따라 획득한 사진의 GSD 차이를 나타내는 것이다. 따라서 더 작은 GSD의 확보는 표면에 나타난 특성을 인식하고 파악하는데 중요한 요소로 나타났다.

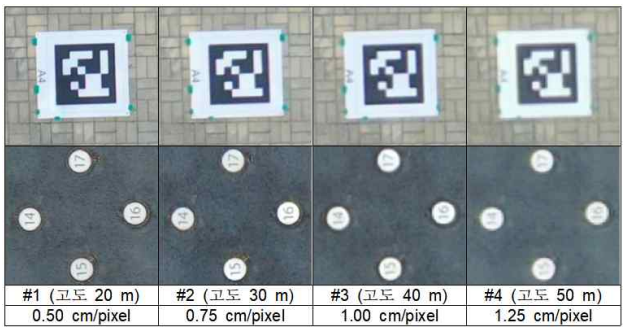

Fig. 6. 고도 및 GSD 별 정사영상 품질 차이

비행속도에 의한 결과물의 품질 차이는 크지 않았다. 다만 3D mesh 모델 구축 시에 구조물의 예리한 모서리 부분에 대한 처리가 잘 되지 않음을 확인하였다. 이는 수직적인 구조물이 많은 환경에서 매핑을 수행할 경우 낮은 속도로 비행할 시에 더 높은 품질의 3D mesh을 획득할 수 있음을 시사한다. 또한, 넓은 평지의 매핑이나 높은 고도에서의 매핑의 경우는 수직구조물에 대한 모델링 작업이 상대적으로 적어지기 때문에 속도를 높여 촬영이 가능하며, 이를 통해 비행시간 절감이 가능할 것으로 사료된다.

짐벌의 Pitch각도에 의한 정사영상의 품질 차이 역시 평지에서는 크게 나타나지 않았으나, 수직구조물의 형태가 있는 경우에는 Pitch각도에 따라 왜곡이 발생하는 등 정합 결과물의 품질 저하 증상이 나타났다. 이는 수직구조물이 많은 지역에 대한 매핑 시에 적절한 Pitch 각도를 파악하여 매핑을 수행해야 함을 시사한다.

3D mesh 모델의 경우 현실과 최대한 동일한 형태를 획득하는 것을 목적으로 하며 이를 위해서는 촬영되는 사진의 위치와 촬영하는 카메라의 공간적 방향 등이 상당히 중요하다. 예를 들어 카메라 짐벌의 각도가 90°일 경우에는 정사영상 획득에 상당히 유리하지만, 3D mesh 모델을 생성할 경우 수직구조물의 벽면에 대한 정보가 상당히 제약적이기 때문에 mesh가 채워지지 않은 빈공간으로 처리될 가능성이 매우 높다. 이를 극복하기 위해서는 높은 품질의 3D mesh 모델을 획득하기 위해서는 적

절한 Pitch 각도를 주어 촬영해야 한다.

얻어진 DSM에 대한 분석은 총 9개의 DSM에 대해 동일 위치에 대해 얻어진 DSM에서의 고도값을 상호 비교하는 방법으로 수행하였다 (Figs. 7-8). 분석 결과 #6의 DSM이 상대적으로 표고가 다른 DSM과 많은 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 이외의 다른 DSM들은 대체로 유사한 형태의 DSM을 보이는 것으로 나타났다. 또한 #8의 경우 일부 모서리 지점에서 상대적으로 높은 값을 보이는 결과를 보여 모서리에 대한 후처리 결과가 상대적으로 낮음을 나타냈다.

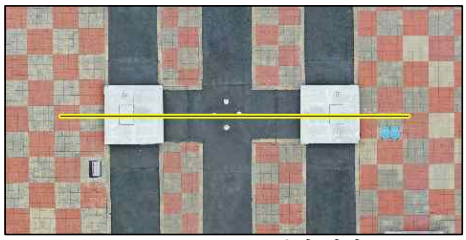

Fig. 7. DSM 분석 단면

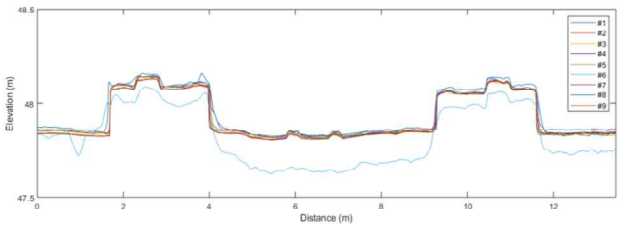

Fig. 8. DSM 분석 단면 프로파일

처리된 DSM 모델의 고도에 대한 정확도를 확인하기 위해서 가장 많은 차이를 보이는 #6을 제외한 8개의 DSM에 대해 단면에서 2, 4, 6, 8, 10, 12 m 지점에서의 고도값의 평균과 표준편차를 산정하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 4 m 지점의 경우 다른 지점보다 높은 표준편차를 나타내었으나, 이외의 지점에서 0.01 m이하의 표준편차를 나타내어 8번의 비행 결과 얻어진 고도에 대한 편차가 1 cm 이하로 나타남을 확인하였다(Table 2).

Table 2. 지점별 평균 고도 및 표준편차

거리 (m)	평균 고도 (m)	표준편차 (m)
2	48.092	0.008
4	48.029	0.079
6	47.839	0.008
8	47.844	0.006
10	48.052	0.008
12	47.840	0.009

5. 결론

본 연구에서는 드론을 활용한 Photogrammetry 작업에서 적정 품질을 구현하기 위한 임무비행의 다양한 영향인자에 대해 고찰하였다. K-water연구원 누수탐사실습장을 대상으로 드론 사진 촬영 시 비행고도, 비행속도, 중첩도, 카메라 Pitch각의 영향에 대해 연구를 수행하였다. Photogrammetry 후처리 결과 다음과 같은 성과를 도출하였다.

드론의 Li-Po 계열 배터리의 경우 비행시간의 제약으로 목적에 부합하는 최적 경로비행이 중요하며, 비행시간에 영향을 미치는 인자로서 비행고도, 중첩도, 비행속도의 순으로 중요도가 나타났다.

드론 임무 비행 시 후처리 결과에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 중첩도로 나타났다. 중첩도 60% 임무비행은 3D 모델의 geometry 왜곡이 큰 편으로 나타났다. 중첩도 80%와 90%의 결과 차이는 미미하였다.

비행 고도는 GSD (Ground Sampling Distance)와 직접 연계되므로 중요하며, 낮은 고도일수록 높은 품질의 모델링이 가능하다. April Tag를 통한 지상기준점 자동 패턴 인식 기능은 후처리 과정에서 시간 절약이 가능하여 유용하였다.

비행속도에 의한 결과물의 품질은 큰 차이가 없었으나, 수직 구조물의 모서리 부분에 다소 차이가 있었다.

짐벌 Pitch각도에 의한 정사영상 품질의 차이는 크지 않았으나 수직구조물과 평면적 구조물에 따라 각기 다른 촬영각도를 적용하는 것이 바람직하다.

끝으로 상기 연구성과는 1개소에 대한 제한적인 임무비행의 결과이므로 보다 최적화된 드론 Photogrammetry를 위한 임무비행 영향 인자 조합은 향후 다양한 환경에서의 데이터를 축적하여 분석하는 과정이 필수적이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 ICT융합산업혁신기술개발 사업(과제번호 2021-0-00751, 0.5mm 급 이하 초정밀 가시·비가시 정보 표출을 위한 다차원 시각화 디지털 트윈 프레임워크 기술개발)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] 권세호, 송호웅, 김태훈, 이강원 (2020) “드론 Pix4Dmapper.” 구미서관, ISBN 979-11-6257-103-3 (93530).

[2] 박동순 (2020) “댐 안전과 디지털 전환.” 대한토목학회지 특집기사 1, 68(9), 16-31, 2020.09, 대한토목학회.

[3] K-water연구원 (2020) “차세대 지능형 댐 안전관리 플랫폼(iDSP) 기초 연구(II)” 2020-SA-RR-23-1689, 2020.12, K-water.