Journal of Convergence for Information Technology
Vol. 10. No. 12, pp. 201-207, 2020
e-ISSN 2586-4440
DOI : https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2020.10.12.201

효율적인 농업면적 조사를 위한 무인항공기와 GIS의 활용

정우철[1], 김성보[2*]
[1](주)MGIT 대표이사, [2]동아대학교 에너지·자원공학과 겸임교수

Utilization of UAV and GIS for Efficient Agricultural Area Survey

Woo-Chul Jeong[1], Sung-Bo Kim[2*]
[1]CEO, MGIT Co. Ltd.
[2]Adjunct Professor, Dept. of Energy and Mineral Resources Eng., Dong-A UNIV.

요 약 본 연구에서는 무인 항공기 촬영 사진 정보의 실용성을 파악하였다. 따라서 무인 항공기를 활용한 사진촬영 대상 조사구 중 밭층 조사구역를 대상으로 연속적으로 총 4회 조사하여 조사 시기별 촬영된 무인 항공기 사진을 활용하여 조사구의 작황 변화에 대하여 분석하였다. 지형, 작물 식재, 작형의 변화가 많게 예상되는 지역인 밭층에서는 무인 항공기를 활용하여 현장조사 시기에 맞게 해당 조사구를 직접 촬영하여 사진 정보를 수집, 활용하는 것이 적합하다. 그리고 비교적 변화가 없는 논-시설층에서는 경제적, 효율적 측면을 고려하여 위성영상을 활용하는 것이 적합한 것으로 나타났다. 조사구역에 작물 재배조사를 위한 시스템들이 잘 갖추어지게 된다면, 향후 무인 항공기를 활용하여 일정한 지역에 대한 사진자료를 취득한 후 라이브러리를 활용하여 실시간으로 딥러닝을 활용할 수 있다. 이를 통해 작물의 작황상태를 파악, 재배 면적과 단위 면적당 수량 조사 등으로 전체 작황 및 출하량 등을 분석하는 데에 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : 무인항공기, 지리정보시스템, 원격탐사, 사진측량, 농업

Abstract In this study, the practicality of unmanned aerial vehicle photography information was identified. Therefore, a total of four consecutive surveys were conducted on the field-level survey areas among the areas subject to photography using unmanned aerial vehicles, and the changes in crop conditions were analyzed using pictures of unmanned aerial vehicles taken during each survey. It is appropriate to collect and utilize photographic information by directly taking pictures of the survey area according to the time of the on-site survey using unmanned aerial vehicles in the field layer, which is an area where many changes in topography, crop vegetation, and crop types are expected. And it turned out that it was appropriate to utilize satellite images in consideration of economic and efficient aspects in relatively unchanged rice paddies and facilities. If the survey area is well equipped with systems for crop cultivation, deep learning can be utilized in real time by utilizing libraries after obtaining photographic data for a certain area using unmanned aircraft in the future. Through this process, it is believed that it can be used to analyze the overall crop and shipment volume by identifying the crop status and surveying the quantity per unit area.

Key Words : Unmanned Aerial Vehicle(UAV), Geographic Information System(GIS), Remote Sensing(RS), Photogrammetry, Agriculture

*Corresponding Author : Sung-Bo Kim(tamsabo@donga.ac.kr)
Received October 29, 2020
Revised November 3, 2020
Accepted December 20, 2020
Published December 28, 2020

1. 서론

농업면적조사는 대지(大地)조사의 특성상 조사현장을 파악할 현장지도가 필수적으로 요구된다. 70년대는 이와 같은 역할을 할 수 있는 것이 지적도가 거의 유일한 수단이었으므로 지적도를 기초로 조사구에 대한 요도를 작성하여 조사기초자료로 이용해왔다. 지적도만을 이용하여 조사 현장을 찾아가서 대상 필지가 맞는지를 확인해야 하므로 지적불부합지의 경우 대상 조사구를 현장에서 파악하는 것이 매우 어렵다. 작물별 면적 조사 또한 경험에 의한 목측 또는 보측에 의존하고 있다. 이러한 면적 조사 방식은 조사자의 경험과 숙련도에 따라 주관적일 수 있으므로 전체 조사인원의 조사결과 정확도를 일정 수준으로 유지하기 위한 장기간의 훈련과 노하우 축적이 필수적으로 요구된다. 그리고 종이로 인쇄된 조사구 요도 상에 조사결과를 현장에서 메모하고, 이것을 바탕으로 조사표를 작성, 이후 집계시스템에 입력하는 절차를 갖는데, 이는 종이로 인쇄된 조사 결과들을 관리해야 하며, 현장조사에서 시스템 입력까지의 번거로운 절차를 거쳐야 하는 단점이 있다.

현재에는 기술개발과 효율적인 시스템 구축의 필요성으로 인하여 농업면적을 조사하기 위하여 위성영상을 활용한 원격탐사, 정기적으로 유인 항공기를 활용한 항공 사진조사를 병행하여 GIS기법을 활용하여 농업면적 조사를 실시하고 있다. 공간정보 기반 GIS 기법은 경지 모집단으로부터 설계된 표본조사구는 같은 지역의 영상정보와의 결합 활용으로 대상 필지에 대한 현황을 이전보다 더 명확하게 확인할 수 있게 되었으며, 위치정보에 기반한 전자 지도이므로 다른 종류의 위치기반 자료와의 연계 활용이 가능하게 되었다.[1] 이와 관련된 다양한 연구 결과가 국내·외에서 수행되고 있으며, 그 중 국내에서 수행된, Na et. al(2018)과 Lee et al.(2020)에 의한 연구 결과가 대표적이다.[2]-[3], 국외에서도 이와 유사한 연구가 수행된 바 있는데, 그 중 Gómez-Candón et. al(2013)[4]은 밀의 생산량 분석을 위하여 무인 항공기를 활용한 이미지 정확도에 대한 분석을 실시하였으며, Comba et. al.(2018)[5]은 포도밭을 대상으로 무인 항공 사진조사를 실시하여 정밀 이미지 생성에 관한 연구를 수행하였다. 그리고 Panagiotis et. al.(2020)[6]은 무인 항공사진 조사를 활용한 정밀 응용프로그램개발에 관한 연구를 수행하였다. 이 외에도 Sung & Lee(2017)[7], Lee & Kim(2020)[8], Lee & Sung(2016; 2019)[9-10], Manyoky et. al.(2011)[11], Rijsdijk et. al.(2013)[12]의 연구에서 지적분야의 적용성과 해상도 증진에 관한 연구를 수행하여 무인 항공사진 자료의 활용성에 대한 신뢰도 향상을 위한 연구결과를 제시한 바 있다. 전술한 바와 같이 무인 항공기를 이용한 분석을 통하여 농작물 또는 농업 경계확인 등 다양한 연구가 진행되어 왔다.

항공 영상에 비하여 위성 영상에 의한 농업면적을 산출하는 방법이 비효율적이라 할 수 있다. 그 이유는 위성영상의 경우 필요한 순간의 영상을 획득하기 힘들기 때문이다. 농업면적 조사의 경우 경작하는 필요한 시점의 영상이 필요한데 위성영상의 경우 지구를 공전하는 주기에 따라 그 시점이 결정되기 때문에 필요한

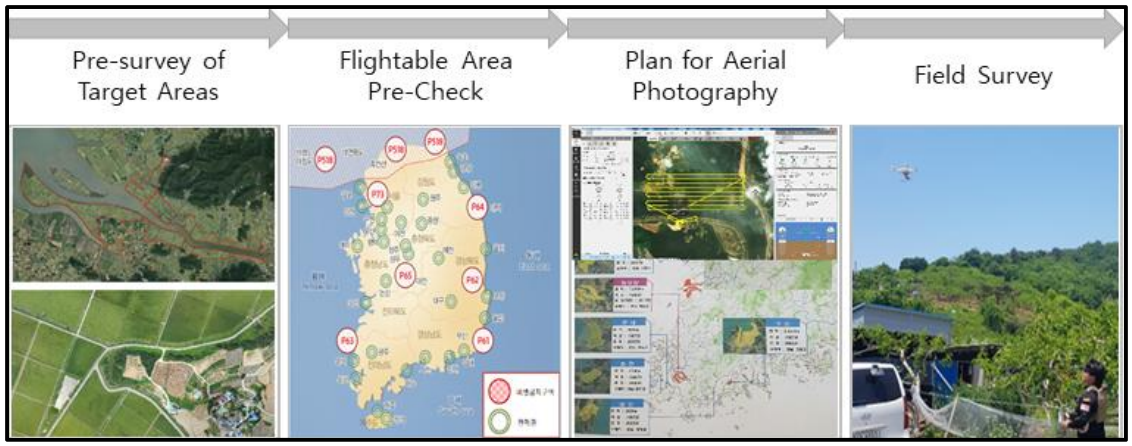

Fig. 1. Procedures for aerial photography using unmanned aerial vehicles.

시점의 영상을 기간에 확보하는 것이 물리적으로 힘들기 때문이라 할 수 있다. 하지만 무인 항공기의 등장으로 시의적절한 항공 사진자료 확보가 가능하게 됨으로써 무인 항공기 활용을 통한 작물 재배 면적 현장 조사 업무를 획기적으로 개선하는 것을 기대하게 되었다. 따라서 무인 항공기 활용 가능성에 대한 연구가 지속적으로 추진되었고, 무인 항공기를 활용한 현장 조사가 시간 및 장소의 제한성 없이 작물 재배 면적 조사를 수행하는데 도움을 줄 수 있다는 것을 확인하였다.

이와 더불어 태블릿PC 활용 기반의 전자조사가 도입되어 현장조사 업무에 어떻게 기여할 수 있는지에 대한 연구를 진행하였는데, 이를 위해 태블릿PC에서 영상자료와 공간정보를 이용하면서 재배면적조사를 할 수 있는 초기 버전의 전자요도 어플리케이션이 개발되었다. 초기 버전의 전자요도 어플리케이션은 태블릿PC 내에서 공간정보를 편집하고 재배면적조사 결과 입력을 위한 기본적인 기능이 가능 하도록하여 조사업무 전반을 획기적으로 개선할 수 있는 것을 확인하였다.

이에 본 연구에서는 개발된 초기 버전의 태블릿PC 기반 현장 조사용 조사지원 어플리케이션 활용하는데 있어 실제의 조사환경에 적합하도록 항공사진 영상을 취득하였으며, 이를 기반으로 작물별 영상 라이브러리를 작성하여 작물 재배면적조사 업무에서의 무인항공시 사진 영상의 활용 가능성을 분석하였다. 본 논문에서는 무인 항공기를 활용한 사진영상 취득 방법과 자료처리 기법에 관하여 각 단계별 절차 및 유의점을 상세히 소개하였으며, 취득된 이미지를 활용하여 많은 인력이 투입되어 조사해야 되는 농업면적 조사에 무인 항공기를 활용하여 조사함으로써 무인 항공기를 이용하여 취득한 분석 결과가 인공위성을 이용하여 취득한 분석 또는 인력을 이용한 분석에 비해 효율성이 향상됨을 확인하고자 한다.

2. 무인 항공기를 활용한 사진영상 취득

2.1 촬영계획수립

촬영계획수립 절차로는 촬영대상지 사전 조사, 비행공역확인, 상세 촬영 계획 수립, 인허가 절차검토의 단계로 구분되며, Fig. 1.과 같은 과정을 거쳐 수행하였다.

조사구 상세 촬영 계획 수립을 위한 테스트 비행을 진행하였으며 장소는 촬영조사구 면적의 평균인 300m × 200m 정도의 조사구에서 진행되었다. 촬영 기종은 회전익 무인 항공기 Phantom 4 Pro를 사용하였으며, 촬영 조사구 75개소에 대한 상세 계획 수립을 위해서 촬영 고도, 촬영 사진 매수, 촬영 사진용량, 결과물 산출 작업 시간 등에 대한 테스트 비행을 진행하였고 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Test details of the survey area.

Survey	Details
UAV	DJI Phantom 4 Pro
Survey Area	319m x 183m
Flight Time	07min 00s
Shooting Altitude	100m
Number of photos	164장
Ground Sample Distance (GSD)	2.73cm/px (Overlap 80%)
Data Processing	Pix4d capture, Pix4d mapper, Global mapper

2.2 무인항공 사진조사

본 연구를 위해 투입된 무인 항공기는 회전익 무인 항공기 'Phantom4 Pro'를 사용하였다.

고정익 무인 항공기의 경우에는 비교적 비행시간과 활공 거리가 길어 최소 비행으로 최대 5~6개의 조사구 촬영이 가능하지만 최소 40m × 80m 이상의 이·착륙 공간이 필요하다. 고정익 비행기를 이용할 경우 이·착륙 공간이 부족하며, 대상 조사구간의 이동거리가 최소 3km 이상이 되어 한 번의 비행으로 여러 조사구를 동시에 촬영하는 것은 불가능하다고 판단하여 본 연구에서는 고정익 무인기의 대체로 회전익 무인기를 투입하였다. 회전익 무인기는 고정익 무인 항공기에 비해 비행속도가 느리고 비행시간이 짧아 1회 비행으로 1개소의 조사구만 촬영 할 수 있다는 단점이 있지만 넓은 이·착륙지가 필요하지 않아 공간의 제약 없이 촬영 할 수 있다는 점이 본 연구의 촬영 선정 조사구에 적합하였다.

회전익 무인 항공기 'Phantom 4 Pro'의 무게는 배터리를 모두 포함한 무게가 약 1.3kg 정도이며, 비행속도는 초당 0~20m 정도이다. 이·착륙은 자동 및 수동 방식의 병용이 가능하여 운용자 또는 상황에 따라 사용할 수 있으며 사전에 입력된 경로정보에 의한 자동 비

행 및 촬영을 수행한다. 회전익 무인 항공기는 저고도 비행이 가능하며 고해상도(100M 기준 2.73cm 급) 영상을 취득할 수 있고, 호버링(정지비행)이 가능하여 운용자가 원하는 위치에서 목표물을 보다 정확하게 촬영할 수 있다. 또 한 비행시 최소 12~17개의 위성 GPS를 활용하여 높은 위치정확도에 대한 결과물을 도출해낼 수 있다. 비행기체의 제원은 Table 2와 같다. 연구에 활용한 회전익 무인 항공기는 자동항법시스템을 탑재하고 있으며 비행경로, 해상도, 중첩도를 입력하면 자동으로 촬영을 수행하고 영상을 획득한다. 촬영은 100m 고도에서 촬영 해상도 2.73cm/px로 설정하고 자동비행 소프트웨어에 입력 후 Fig. 2와 같이 촬영을 실시하였다.

Table 2. The specifications of UAV.

DJI Phantom 4 Pro	Spec.
Weight	1,338g
Battery	5870mAh(15.2V)
Flight Time(Max.)	30 min
Lens	20MP
Resolution	4K@60fps
Speed(Max.)	72 km/h
Picture	

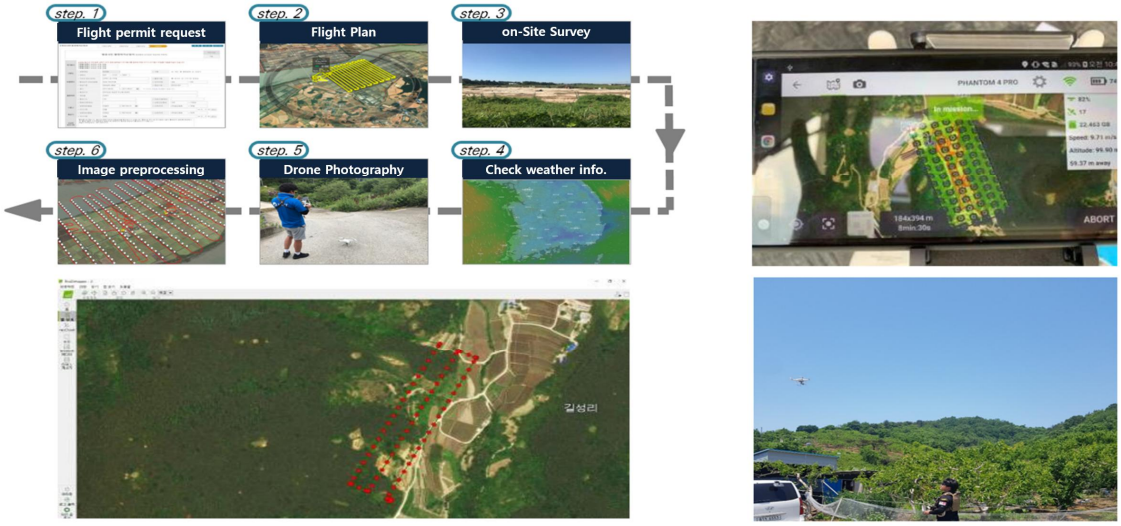

Fig. 2. Air Photography Process Using UAV.

2.3 정사영상 제작

촬영된 무인 항공기 영상으로 정사영상 제작을 위해 Pix4D Mapper를 사용하였으며, Pix4D Mapper의 처리과정은 크게 ① 프로젝트 생성, ② GeoTag된 촬영사진 입력, ③ 지상기준점 매칭, ④ 항공삼각측량, ⑤ 정사영상 제작, ⑥ 결과데이터 확인까지 총 6단계로 이루어진다.

프로젝트 생성은 촬영된 각 조사구 별로 프로젝트를 생성하는 단계로 프로젝트 이름설정, 저장경로 설정, 프로젝트 병합 등을 설정하는 단계이다.

GeoTag된 촬영영상 입력단계에서는 항공사진에 대한 위치정보 및 자세정보를 이용하여 실제 촬영된 지점으로 이동시켜 정렬하는 과정이다. 대부분의 무인 항공기 영상은 사진에 위치 및 자세 정보가 들어 있지만 별도의 파일을 사용하여 위치 및 자세정보를 입력할 수 있다. 지상기준점 매칭과정은 영상의 정확도를 향상시키기 위한 필수작업으로 지상기준점측량의 3차원 좌표를 항공사진에 매칭하여 정확도를 개선하는 과정이며, 항공 삼각측량 과정은 사진별 위치정보와 자세정보에 기반하여 좌우사진의 공통점을 공액선상의 3차원 공간상에 매칭하게 함으로써 사진별 보정량을 계산하는데 무인 항공기 영상에서는 SfM이라는 영상 매칭기법으로 무수히 많은 매칭점을 찾아 포인트 클라우드를 생성하고, 이러한 포인트 클라우드는 이후 정사보정에 필요한 DSM제작의 기초가 된다. 그후 정사영상을 제작하게 되는데, 항공삼각측량으로 추출된 포인트 클라우드를 바탕으로 각 포인트들을 매쉬 형태로 구축 후 기하 보

정된 항공사진에 DSM을 보간하여 제작된다. 이때 영상의 형태 및 색상을 보정할 수 있으며 왜곡이 심한 경우 수동으로 편집 작업을 할 수 있다. 최종적으로 제작된 정사영상의 이미지 품질을 검사하고 조사구요도를 중첩하여 좌표계가 일치하는지 확인하는 과정으로 이미지 품질이 저하된 경우는 재촬영을 실시하고, 정확도가 확보되지 않은 경우 지상기준점 보정작업을 수행하여야 한다.

3. 효율적인 영상자료 적용

본 연구에서는 무인 항공기 촬영 영상 정보의 실용성을 파악하기 위하여 무인기촬영 대상 조사구 중 밭층 조사구를 대상으로 연속적으로 총 4회 조사하여 조사시기별 촬영된 무인 항공기 영상을 통하여 조사구의 작황 변화에 대하여 분석하였다.

Fig. 3.과 같이 지형, 작물 식재, 작형의 변화가 많게 예상되는 지역인 밭층에서는 무인 항공기를 활용하여 현장조사 시기에 맞게 해당 조사구를 직접 촬영하여 영상정보를 수집, 활용하는 것이 적합하고, 비교적 변화가 없는 논-시설층에서는 경제적, 효율적 측면을 고려하여 위성영상을 활용하는 것이 적합한 것으로 나타났다.

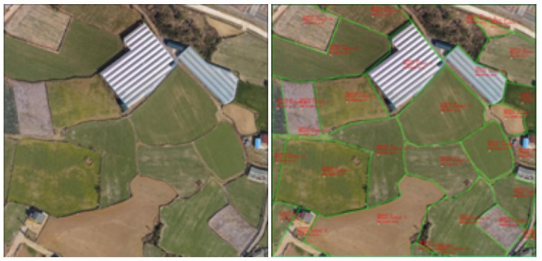

Fig. 3. Results of aerial photographic image analysis (Example).

현재 실시하고 있는 각종 농업통계조사와 관련하여, 각 자료별로 활용방안을 구상하는 것이 필요하다. 첫 번째는, 위성 및 항공영상의 경우 면적표본재설계나 경지모집단 구축, 경지면적조사 등에 활용하는 방안이다. 작물의 재배면적을 조사하는 것이나, 작물에 대한 판독 및 면적조사는 조사자의 경험 및 육안으로의 판독으로만 가능하였기 때문에 다소 어려움이 있었다. 이러한 작물 재배면적 조사의 효율화를 위한 무인 항공기 활용 연구를 추진해왔고, 그에 따라 이미 많은 분량의 영상 라이브러리들을 구축하여 왔다. 연구를 통해 영상 라이브러리의 작물판독 활용 가능성이 제기됨에 따라 작물의 생육 주기와 고도 등을 구분하여 영상을 수집하였다. 본 연구를 통해 촬영된 작성된 영상 라이브러리의 기초자료들은 각 식물의 생육주기별 정보를 담고 있으므로, 이미지를 인식하는 비전 분야의 머신러닝 기술 중 신경망 기술을 메인으로 하는 딥러닝 기술을 적용하여 분석하고 이렇게 분석된 각 식물별 정보들을 저장하여 추후 촬영되는 이미지에 대하여 실시간 딥러닝을 거쳐 작물의 종류 및 생육상태, 재배면적측정 등 각종 농업 통계에 활용할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

최근 발달한 딥러닝 기술은 방대한 양을 데이터를 이용하여 번역, 객체 이미지 분석, 자율주행, 음성인식 등 폭넓은 범위에서 다양한 작업들을 수행하고 있다. 이 중 통계청에서 활용할 수 있는 방안은 객체 이미지 인식을 통한 분석이 될 수 있는데, 이 딥러닝을 이용한 분석은 기존에 이용해오던 조사자 육안 판독에 비해 정확한 판독을 가능하게 한다. 이러한 딥러닝 기술은 제공된 다양한 데이터 속에서 객체 이미지의 패턴을 분석하여 컴퓨터가 데이터를 분류하는 과정을 거치게 된다. 본 연구의 성과물 중 하나인 영상 라이브러리 자료들은 컴퓨터의 패턴 인식 및 분류 작업을 거쳐 학습하게 되며, 최종적으로는 촬영된 사진의 잎 외형만으로도 작물의 구분을 할 수 있는 학습이 가능하게 되는 것이다. 다만 이러한 딥러닝 분석의 정확성은 학습을 위한 기초자료의 수에 비례한다. 기초자료가 많으면 많을수록 판독의 정확성이 높아지기 때문에 최소 3~5년 이상의 기초데이터 수집이 필요하다.

기초 자료 영상의 수집도 매우 중요하지만, 이 영상 라이브러리 속에 이미지 이외에도 어떠한 정보들이 담겨져 있어야 하는지도 매우 중요한 포인트가 된다. 본 영상 라이브러리를 통해 딥러닝을 하여 농업통계조사에 실질적으로 활용을 하고자 한다면, 일반적인 영상 이미지 정보만이 아니라, 각종 속성정보와 조사구별 정보들이 수집되어야 한다. 많은 정보들이 수집되어 학습될수록 판독의 정확도는 올라갈 것이며, 판독의 정확도가 올라간다면 추후에는 현장에서 무인 항공기로 촬영하는 데이터를 실시간으로 판독하여 작물의 재배현황을 작성할 수 있을 것이다.

4. 결론

국토교통부에서 발표했던 '드론산업발전 기본계획'에 따르면, 2026년까지 현재 704억 원 시장규모를 4조 4000억 원으로 키우고, 기술경쟁력 세계 5위권 진입, 사업용 드론 5.3만 대 상용화를 목표로 설정했다. 이 중 핵심과제로 손꼽히는 부분이 바로 공공수요 기반으로 초기시장을 육성한다는 내용인데, 국가·공공기관의 다양한 업무에 드론을 도입·운영하여 공공 수요를 창출하겠다는 것이다. 이 핵심과제에 발맞추어 지자체, 중앙행정기관, 공공기관 등에서는 각 기관별 수요에 맞추어 다양한 분야에서 무인 항공기를 활용하고 있다.

무인 항공기를 활용한 사진 조사를 통하여 취득한 영상 라이브러리를 제대로 활용하려면 단기적으로 무인 항공기를 통해 조사하기 적합한 조사구들을 구분하여 해당 조사구에 대한 빅테이터 자료를 구축하여 딥러닝 판독 시스템이 갖추어져야할 것이다. 시스템이 갖추어지는 것은 단기적으로 시행하기 어렵기 때문에 중·장기 계획으로 진행하되, 메인 DB가 될 각종 작물들에 대한 영상자료를 얻어내는 것은 지속적으로 시행되어야 할 것으로 보인다. 조사구에 작물 재배조사 전용 공역 설치와 같은 법안 마련과 함께 관련 업무들에 대한 제도화를 추진하여 인공지능 기반의 무인 항공기 운용이 안정적으로 확대되도록 해야 한다.

위에서 언급한 시스템들이 잘 갖추어지게 된다면, 무인 항공기를 활용하여 일정한 지역에 대한 사진자료를 취득한 후 실시간으로 딥러닝을 거치고, 이를 통해 작물의 작황 상태를 파악, 재배 면적과 단위 면적당 수량 조사(표본 추출방식)등으로 전체 작황 및 출하량 등을 분석하는 데에도 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] F. Nex & F. Remondino, (2013). UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics, 6(1),* 1-15.

[2] S. I. Na, C. W. Park, K. H. So, H. Y. Ahn & K. D. Lee. (2018). Application Method of Unmanned Aerial Vehicle for Crop Monitoring in Korea. *Korean Journal of Remote Sensing, 34(5),* 829-846.

[3] K. D. Lee, S. I. Na, C. W. Park, S. Y. Hong, K. H. So & H. Y. Ahn. (2020). Diurnal Change of Reflectance and Vegetation Index from UAV Image in Clear Day Condition. *Korean Journal of Remote Sensing, 36(5-1),* 735-747.
DOI : 10.7780/kjrs.2020.36.5.1.7

[4] D. Gómez-Candón, A. I. De Castro & F. López-Granados. (2013). Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. *An International Journal on Advances in Precision Agriculture, 15(1),* 44-56.
DOI : 10.1007/s11119-013-9335-4

[5] L. Comba, A. Biglia, D. R. Aimonino & P. Gay. (2018). Unsupervised detection of vineyards by 3D point-cloud UAV photogrammetry for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture, 155,* 84-95.
DOI : 10.1016/j.compag.2018.10.005

[6] R. G. Panagiotis, S. Panagiotis, L. Thomas & M. Ioannis. (2020). A compilation of UAV applications for precision agriculture. *Computer Networks, 172,* 107-148.
DOI : 10.1016/j.comnet.2020.107148

[7] S. M. Sung & J. O. Lee. (2017). *Accuracy Assessment of Parcel Boundary Surveying with a Fixed-wing UAV versus Rotary-wing UAV, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy. Photogrammetry and Cartography, 35(6),* 535-544.
DOI : 10.7848/ksgpc.2017.35.6.535

[8] J. O. Lee & D. P. Kim. (2020), *Accuracy Assessment of Feature Collection Method with Unmanned Aerial Vehicle Images Using Stereo Plotting Program StereoCADS. Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 40(2),* 257-264
DOI : 10.12652/Ksce.2020.40.2.0257

[9] J. W. Lee & S. M. Sung. (2016). Evaluating spatial resolution for quality assurance of UAV images. *Journal of Korea Spatial Information Society, 24(2),* 141-154.
DOI : 10.1007/s41324-016-0015-0

[10] J. W. Lee & S. M. Sung. (2019). Quality Evaluation of UAV Images Using Resolution Target. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 22(1),* 103-113.
DOI : 10.11108/kagis.2019.22.1.103

[11] M. Manyoky, P. Theiler, D. Steudler & H. Eisenbeiss. (2011). *Unmanned aerial vehicle in cadastral applications. Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g)* (Vol. 38, pp. 57-62). Copernicus.
DOI : 10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-57-2011

[12] M. Rijsdijk et al. (2013). *UAS the process of juridical verification of cadastral border. I International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1,* W2.
DOI : 10.5194/isprsarchives-XL-1-W2-325-2013

정 우 철(Woo-chul Jeong) [정회원]

· 2013년 2월 : 경북대학교 토목공학과(공학사)
· 2016년 5월 ~ 현재 : ㈜MGIT 대표이사
· 관심분야 : 무인항공기, 항공사진측량, 영상분석, 프로그래밍 언어, 무인항공기 개발 및 제작
· E-Mail : jeongpro@mgitcorp.com

김 성 보 (Sung-bo Kim) [정회원]

· 2006년 2월 : 동아대학교 토목해양공학부(공학사)
· 2008년 2월 : 동아대학교 해양공학과(공학석사)
· 2015년 8월 : 동아대학교 에너지·자원공학과(공학박사)
· 2019년 9월 ~ 현재 : 동아대학교 에너지·자원공학과 겸임교수
· 2020년 7월 ~ 현재 : ㈜MGIT 책임연구원
· 관심분야 : 무인항공기, 항공사진측량, 수중드론, 해양탐사, 프로그래밍 언어, 무인항공기 정비 및 제작
· E-Mail : tamsabo@donga.ac.kr