Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 23, No. 4 pp. 60-67, 2022

https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.4.60
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

GPS, RTK-GPS, 드론 정사영상을 활용한 벌채지 면적측량 및 조림비용 차이 분석

최용규[1], 손병택[2], 신창섭[1*]
[1]충북대학교 산림학과, [2]하늘숲엔지니어링

Area Measurement of Logging Area Using GPS, RTK-GPS, and Drone Ortho Image and Analysis of Difference in Cost of Reforestation

Young-Kyu Choi[1], Byung-Taek Son[2], Chang-Seob Sin[1*]
[1]Department of Forest Science, Chungbuk National University,
[2]Skyforest Engineering Corporation

요 약 산림 내에서 시행되는 다양한 사업을 위해 지형정보를 획득하는 것은 필수적이지만 험한 지형조건과 장애물로 인해 측량에 어려움이 있다. 현재 국내에서 산림사업을 시행하기 위해 면적을 측량을 하기 위해 다양한 방법이 사용되고 있다. 본 연구에서는 VRS 기술을 활용한 RTK-GPS를 기준으로 스마트폰 GPS와 드론 정사영상을 활용하여 벌채지 면적과 조림에 필요한 예산을 비교하였다. 드론 정사영상을 활용하여 면적을 측량하였을 때 벌채지 경계를 걸으면서 트랙을 기록하여 측량하는 GPS, RTK-GPS 보다 측량시간이 덜 소요되었다. 또한 연구대상지 3곳의 벌채신고면적과 실제 벌채면적을 비교한 결과 평균적으로 2,039 m^2 의 차이가 발생하였다. 본 연구에서 가장 정확하다고 생각되는 RTK-GPS 측량을 기준으로 면적오차를 분석한 결과 GPS는 평균 446 m^2, 드론은 평균 355 m^2 의 오차가 발생하였다. 연구 결과를 통해 벌채사업 시행 후의 정확한 면적을 다시 측량해야 하는 필요성이 나타났다. 이를 통해 앞으로 산림사업에서 측량 방법의 효율성 개선과 조림사업에 발생하는 금액의 오차를 줄여 낭비되는 예산과 시공자의 불이익을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract Obtaining topographic information is essential for various forestry businesses, but it is difficult to measure due to the forests' rough topographic conditions and obstacles. Currently, various methods of logging area measurement are used for forestry businesses in Korea. So, this study compared the logging area and the reforestation cost computed from it under (smartphone) GPS, RTK-GPS (using the VRS technique), and drone ortho imaging. This comparison showed that the drone ortho imaging completed the logging area measurement in lesser time than GPS and RTK-GPS and recorded tracks while walking along the felled area's boundary. In addition, comparing the reported and actual logging areas for these three methods showed an average area measurement error of 2,039 m^2. Meanwhile, the area measurement error was 446 m^2 and 355 m^2 for GPS and drone ortho imaging, respectively, compared to RTK-GPS, which is considered the most accurate method in this study. Finally, it is expected that efficiency improvement of logging area measurement methods in the forestry businesses and reforestation cost error reduction to prevent wasted budgets and disadvantages for contractors will be possible.

Keywords : GPS, RTK-GPS, Drone, Area Measurement, Reforestation

본 논문은 2021년 산림청의 재원으로 한국임업진흥원의 지원을 받아 수행된 산림과학연구출현사업임(2021360A00-2123-BD01)
*Corresponding Author : Chang-Seob Sin(Chungbuk Univ.)
email: sinna@chungbuk.ac.kr
Received December 6, 2021 Revised January 24, 2022
Accepted April 1, 2022 Published April 30, 2022

1. 서론

산림 내에서 시행되는 사방댐, 임도, 벌채, 조림 등의 다양한 사업을 위해서는 지형정보의 획득이 필수적이다. 지형정보 획들을 위해 먼 과거 목측, 윤척 또는 권척, 나침반 등이 주로 이용되었으나, 근래에는 현재는 GPS(Global Positioning System), LiDAR(Light Detection and Ranging), 3D 스캐너 등을 활용하여 2차원의 공간정보 뿐만 아닌 3차원 공간정보를 구축하는 등 다양한 방법이 사용되고 있다[1]. 요즈음 GPS는 산림 측량에 일반적으로 적용되고 있으며, 측지, 측량 분야에서 보편적으로 활용되고 있다. 특히 최근에는 드론을 활용한 지형 및 공간정보의 획득 및 분석이 활성화가 되고 있다[2,3]. 하지만 임도, 사방댐과 같은 경우에는 정확한 측량을 요구하는데 산림 내에서는 험한 지형조건과 다양한 장애물로 인해 측량에 어려움이 많고 오차도 크게 발생한다.

최근 무인비행기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)인 드론이 4차 산업혁명의 주요 산업 중 하나로 활용성이 높아지고 있다[4]. “드론”이라고 불리는 무인항공기는 생태학 분야를 포함한 전 세계 다양한 산업 분야와 연구기관들이 관심을 갖고 공간 데이터를 수집하는 능력을 향상시켰다[5]. 다양한 IT 기술과 드론 분야가 융합되어 항공 촬영, 농업 분야, 배달 서비스, 구조용 드론 등 다양한 분야에서 목적에 맞게 개발되어 이용되고 있다[6]. 드론사진측량은 드론에 카메라, GPS, INS(Inertial Navigation System)와 같은 센서를 탑재하여 촬영 시 위치정보를 취득하고 영상처리를 통하여 3차원 공간정보를 생성할 수 있는 방법이다[1]. 현재 드론사진측량을 활용하여 산림공간정보 조사 및 분석, 식생변화 분석, 수목모델링, 수종 분류 등 여러 연구가 진행 되었다[1,7-9].

우리나라에서는 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에 따라 벌채사업을 진행하기 전에 표준지조사, 벌채구역 경계 측량 등의 조사를 통해 벌채구역도 또는 GPS실측도와 벌채예정수량조사서, 사업계획서 등을 제출하고 허가를 받아야만 한다. 또한 벌채를 한 후에는 반드시 조림을 하게 되어있다. 2019년에 시행된 벌채지의 면적은 100,588 ha 로 넓은 면적에서 벌채사업과 재조림이 수행되고 있다[10]. 또한 과거의 치산녹화에 성공하고 현재 우리나라의 임목자원은 가까운 미래에 많은 입목들이 수확기에 접어들 것으로 전망되어, 앞으로의 벌채면적도 계속해서 커질 것으로 예상된다.

현재 우리나라에서는 입목 벌채・굴취 신고서에 명시된 벌채면적을 사용하여 후에 조림, 숲가꾸기 사업 등에 활용하고 있다. 하지만 신고서의 벌채면적과 실제 벌채면적과는 다소 차이가 발생한다. 그 이유는 경계측량의 오류, 작업지의 지리적 특성, 경계에 위치한 입목, 묘지 등의 여러 변수들이 발생하기 때문이다. 따라서 기존 신고된 면적과 실제 벌채면적과의 오차를 조림사업이 시행되기 전 재측량을 통해 바로잡을 필요성이 있다. 발생한 오차를 무시하고 사업을 진행하면 시공자에게 손해가 발생하거나, 예산의 손실이 발생하며 그 누적금액은 계속해서 커질 것이다.

본 연구에서는 이러한 산림현장에서 사용되는 면적측량의 방법을 개선하기 위해 실제 벌채작업이 진행되어 조림이 시행될 지역을 GPS, RTK-GPS, 드론 3가지의 방법을 활용하여 면적측량을 실시하였다. 후에 각각의 측량방법 마다 소요시간과 면적, 조림사업을 진행했을 때 발생하는 금액차이를 분석하여 산림 면적측량 방법에 있어 효율적인 방안을 제시하고자 하였다.

2. 자료취득 및 처리

2.1 연구대상지

본 연구에서는 산림면적 측량을 위해 진천군 인근의 임야를 연구대상지로 선정하였다. 연구대상지는 벌채사업이 진행된 임야로 현재 조림사업이 설계되고 있는 지역 연곡리, 태락리, 화산리 3곳을 선정하였다. Fig. 1은 연구대상지를 구글맵에서 나타낸 것이다.

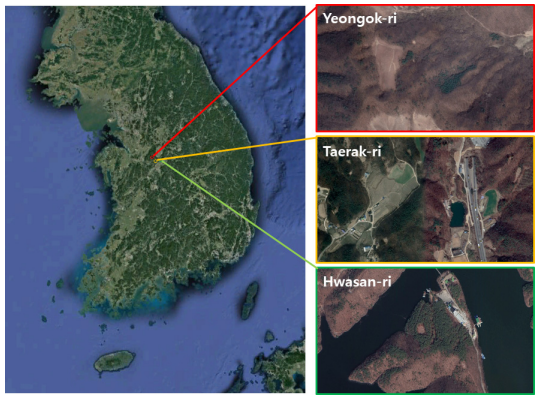

Fig. 1. Location for each study areas.

2.2 지상기준점 측량

정확한 위치정보를 가진 공간정보의 생성을 위해 지상기준점(GCP: Ground Control Point) 측량을 먼저 수

행하였다. 이를 통해 얻은 위치정보를 드론으로 촬영한 영상의 좌표값과 일치시켜 보다 정밀한 측량을 가능하게 한다. 지름 0.27 m의 원형 대공표지를 제작하여 대상지마다 3개소씩 설치하였으며 ComNav사의 T30 IMU GNSS RECEIVER를 사용하여 RTK-GPS(Real Time Kinematic-Virtual Reference Station)방법으로 지상기준점 좌표를 취득하였다. Table 1은 대상지 3곳에서 취득한 지상기준점을 나타낸 것이다.

Table 1. Coordinate of GCPs for each study area.

Region	Point	X(m)	Y(m)	Z(m)
Yeongok-ri	GCP1	468777.159	238452.025	126.621
	GCP2	468819.806	238376.499	152.073
	GCP3	468683.919	238310.119	161.098
Taerak-ri	GCP1	472159.442	230085.507	409.678
	GCP2	472034.921	230102.071	425.437
	GCP3	472135.383	230187.775	423.303
Hwasan-ri	GCP1	470048.327	244857.255	88.612
	GCP2	470124.855	244913.106	64.382
	GCP3	470055.447	244960.473	89.309

2.3 연구대상지 면적산출 방법

2.3.1 GPS 측량

GPS측량 조사기기는 삼성의 스마트폰 중 Galaxy Note10 Plus 모델을 사용하였다. 산림에서 이러한 측량기기를 사용하여 측정할 시 평균적으로 미숙림에서는 3.4 m, 성숙림에서는 2.6 m 오차가 발생한다[11]. 데이터수집은 ㈜하늘숲엔지니어링에서 개발한 “FIS산림조사” 어플의 GPS측량을 사용하여 조사자가 별도의 외부장비를 연결하지 않고 스마트폰의 내장 GPS만을 활용하여 트랙 기록을 확보하였다. 조사자가 측량기기를 장착하고 벌채지 경계를 걸으면서 확보한 트랙기록을 AutoCAD 프로그램을 사용하여 면적을 산출하였다.

2.3.2 RTK-GPS 측량

RTK-GPS측량은 ComNav사의 T30 IMU GNSS RECEIVER를 이용하였다. 기준국 GPS를 사용하지 않고 이동국GPS 1대로 RTK 측량이 가능한 VRS(Virtual Reference Station)-RTK 측량방법으로 ±3.1 cm 이하의 정확도로 가진다. 산림에서 동일한 오차율을 확보할 수 있으나 지형위치나 잎의 상태, 수종 등에 영향을 받는다[12]. RTK를 통하여 데이터수집과 면적산출은 GPS측량 방법과 같이 조사자가 측량기기를 장착하고 벌채지 경계를 걸으면서 확보한 트랙기록을 AutoCAD 프로그램을 사용하여 면적을 산출하였다. 또한, GPS와 RTK-GPS측량은 정지측량이 아닌 이동하면서 확보한 트랙을 활용하기 때문에 조사자의 보폭, 체력 등의 차이에서 발생한 오차를 줄이기 위해 한 조사자가 두 가지 장비를 같이 장착하고 경계를 이동하며 트랙을 기록하였다.

2.3.3 정사영상을 활용한 측량

정사영상 촬영장비는 DJI사의 MAVIC 2 PRO를 사용하였다. 이 기기는 2,000만 화소의 1인치 CMOS 센서가 장착되어 있다. Table 2는 사용한 장비의 자세한 사양을 나타낸 것이다.

본 연구는 2021년 10월 14일에 연구대상지 3곳을 촬영하였다. 연구대상지의 촬영계획은 비행속도 15 m/s, 종중복과 횡중복을 각각 80%가 유지되도록 하였으며, GSD 3.855 cm/px 의 영상을 취득하였다. 비행고도는 국토정보지리원의 DEM값을 이용하여 150m로 등고비행을 하도록 수립하였다. Fig. 2는 ㈜하늘숲엔지니어링의 FIS DRONE을 사용하여 연구대상지 3곳에 대해 각각 비행계획을 수립한 것을 나타낸 것이다. 이를 통해 만들어진 정사영상을 활용하여 육안으로 벌채지역의 경계를 판단하고 면적을 측량하였다.

Table 2. Specifiaction of UAV and camera(MAVIC 2 PRO)

Manufacturer	DJI
Demension	322×91×84 mm
Weight	907 g
Max. Flight Time	31 min
Max. speed	72 km/h
Range	18 km
Gamera Resolution	20 MP

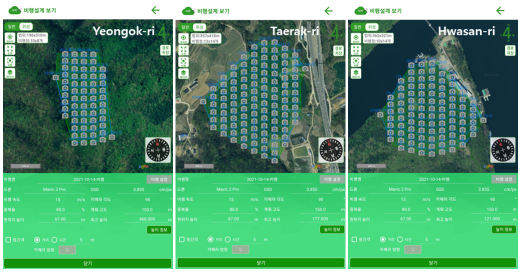

Fig. 2. Drone aerial photography plan for each study area.

2.4 영상처리방법

드론으로 촬영한 사진은 Pix4D mapper를 사용하여 항공 사진자료를 처리하였다. 촬영된 사진들은 각각의 식별 가능한 영상 특이점(key point)들이 자동 추출되며, 이후 항공사진들 간의 상호비교를 통해 각 영상에서 추출된 특이점들이 서로 연계된다. 연계된 특이점들은 각 연구대상지 3곳의 지상기준점 정보를 반영하여 자동 항공삼각법(automatic aerial triangulation, AAT)에 의해 기하보정된다. 기하보정된 각각의 항공촬영 사진 특이점들은 연속된 항공촬영 사진들 간의 비교분석을 통해 촬영된 사진에서 동일한 지점들을 자동으로 정합된다. 정합된 특이점들을 추출하면 3차원 좌표를 가지는 점군 데이터(3D cloud point)가 생성된다. 이 점군 데이터로부터 수치표면모델을 생성할 수 있으며, 항공사진 간의 결합을 통해 정사영상을 제작하였다(Fig. 3).

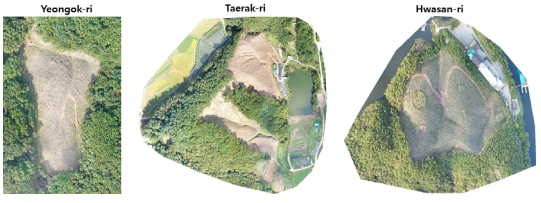

Fig. 3. Ortho-images for each study area.

2.5 조림 단가산출방식

각 연구대상지마다 3가지 방법으로 측량한 면적을 가지고 조림사업을 진행하였을 때 발생하는 금액차이를 분석하였다. 단가산출서의 순원가는 조림 수종, 식재방법, 운반거리 등 추가 변수들은 동일하게 적용하여 ha 당 1,771,311 원으로 계산하였다. 관급자재비는 1 ha 당 백합나무(1-0) 묘목대 609 원 × 식재 본수 2,000 본으로 계산한 1,218,000 원으로 계산하였다. 측량소모시간에 따른 인건비를 계산하기 위하여 산림사업 표준품셈에 근거 건설 고급기술자 1인에 해당하는 인건비 242,055 원을 측량방법 마다 소요된 시간에 비례하여 발생하는 금액을 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 측량방법 별 소요시간 및 면적차이 분석

3곳의 연구대상지 연곡리, 태락리, 화산리에 대해 측량방법 별 소요된 시간을 분석하였다. GPS와 RTK-GPS는 측량자에 따라 발생하는 오차를 발생하기 위해 동시에 측정하여 같이 시간이 소요되었으며 연곡리, 태락리, 화산리 각각 22분 29초, 35분 16초, 39분 33초가 소요되었다(Table 3). 드론으로 측량하였을 때 11분 21초, 20분 40초, 15분 15초가 소요되었다. 평균적으로 16분 40초 정도로 드론으로 측량하였을 때 소요되는 시간이 적었다. 측량하는 면적이 클수록 소요되는 시간이 더 컸으며 드론 정사영상을 활용한 측량이 효율적이었다.

Table 3. Elapsed time according to area measurement method for each study areas.

Region	GPS	RTK-GPS	Drone
Yeongok-ri	22m 29s		11m 21s
Taerak-ri	35m 16s		20m 40s
Hwasan-ri	39m 33s		15m 15s

3곳의 연구대상지에 대해 GPS, RTK-GPS, 드론으로 면적을 측량하였을 때 각 측량 방법에 따라 산출된 면적을 벌채신고면적과 비교하였다. 연구대상지 3곳 모두 기존에 신고했던 벌채경계와 정사영상에서 나타난 실제 벌채가 수행된 경계와는 다소 차이를 보였으며 실제 벌채된 면적은 신고면적보다 다소 작게 벌채되었음을 나타냈다(Fig. 4). 3가지 측량방법으로 나타난 평균면적과 비교하였을 때 연곡리, 태락리, 화산리 각각 44 m^2, 4,838 m^2, 1,236 m^2 으로 차이가 나타났다(Table 4). 이는 벌채사업을 진행할 때 경계측량의 오류, 입목의 위치, 제외지 및 묘지의 존재, 지형특성 등의 요소로 인하여 예정된 벌채면적보다 차이가 발생한 것을 보여주었다. 이를 통해 벌채작업 후에 경계측량을 통해 실제 벌채된 면적을 재측량 할 필요성이 나타났다.

Table 4. Area according to area measurement method for each study areas.

Region	Reported Logging Boundary (m^2)	GPS		RTK-GPS (m^2)		Drone (m^2)	
		(m^2)	(%)	(m^2)	(%)	(m^2)	(%)
Yeongok-ri	20,000	19,753	98.77	19,993	99.97	20,121	100.61
Taerak-ri	28,000	22,485	80.30	23,166	82.74	24,033	85.83
Hwasan-ri	40,000	38,395	95.99	38,812	97.03	39,084	97.71
Average	29,333	26,878	91.69	27,324	93.24	27,746	94.72
SD			9.95		9.22		7.83

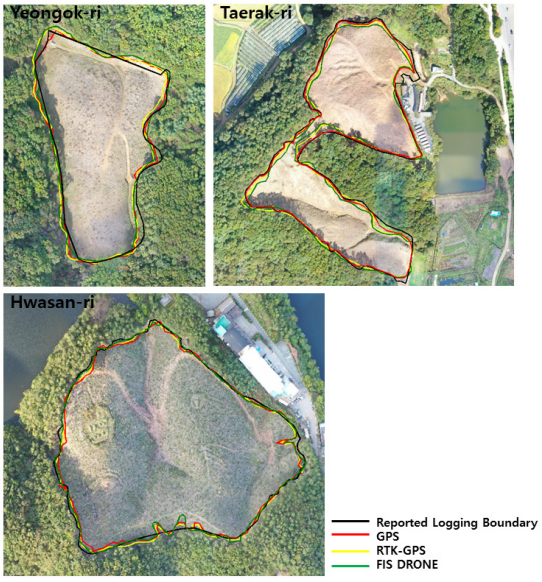

Fig. 4. Boundary according to area measurement method for each study area.

RTK-GPS 측량은 기지국을 중심으로 변조장치(Modem)를 이용하여 이동국에 오차량을 전송함으로써 이동국의 위치정확도를 향상시키는 것이 실시간 동적 GPS 측의 방식이다[13]. 오차범위가 50 cm 이내에 들어오며 실제 현장을 걷고 조림이 가능한 경계를 따라 걸을 수 있는 RTK-GPS 경계라인을 기준으로 GPS와 드론 정사영상으로 측량한 면적을 비교하였을 때, GPS는 평균 446 m^2, 드론은 평균 355 m^2 의 차이가 발생하였다. 또한 면적은 벌채신고면적이 40,000 m^2 인 화산리에서 28,000 m^2 인 태락리에서 측량 방법 간 면적 차이가 더 크게 발생하였는데, 이러한 결과는 대상지 면적 크기보다 지형이나 구조에 따라 면적 차이가 더 크게 발생했으며 측량면적이 커지면서 발생하는 차이보다 더 큰 영향을 주는 것으로 보인다. 조림사업을 시행하기 전에 경계를 측량하고, 경계 안에 있고 조림을 시행하지 않는 구역인 묘지, 임도, 작업로 등의 지조물, 제외지의 면적은 제외해야 한다. 그러나 GPS, RTK-GPS 측량 방식은 제외지의 면적을 따로 측량해야 하지만 드론 정사영상을 활용하면 제외지의 면적을 산출하는데 따로 측량할 필요없이 하나의 정사영상으로 면적 산출이 가능하다.

3.2 측량방법 별 조림 단가산출 금액차이 분석

연구대상지 3곳에 대하여 벌채사업을 수행하고 실제 벌채면적을 재측량하지 않고 벌채신고서에 나타난 신고면적 그대로 조림사업을 진행하였을 때 발생하는 금액차이를 분석하였다. 연곡리, 태락리, 화산리에서 순원가는 평균적으로 22,141 원, 857,078 원, 218,993 원의 차이가 발생하였다. 또한 RTK-GPS 측량면적을 기준으로 산출한 순원가차이에서 GPS는 평균적으로 79,000 원이 발생하였고, 드론은 63,000 원이 발생하였다(Table 5).

연구대상지별 관급자재비에서는 평균적으로 14,738 원, 589,350 원, 150,585 원의 차이가 발생하였다. RTK-GPS 측량면적을 기준으로 산출한 관급자재비 차이에서 GPS는 평균적으로 54,323 원이 발생하였고, 드론은 43,320 원이 발생하였다.

실제 벌채면적에서 오는 오차와 측량방법에서 오는 오차가 더해져서 태락리에서는 최대 순원가에서는 976,878 원이 관급자재비에서는 671,727 원이 발생하였다. 산림사업 경계측량에 필요한 인건비를 각 측량방법 별 소요시간에 발생하는 금액을 비교하였다. 3곳 대상지에서 드론을 활용하여 측량하였을 때 인건비가 적게 발생하였다. 특히 대상지가 큰 화산리의 경우 GPS, RTK-GPS로 측량할 때 드론으로 측량했을 때 보다 2.6 배의 인건비 차이가 발생하였다. 벌채신고면적보다 실제 벌채면적이 클 경우 조림 시공자가 더 큰 면적을 작업했기 때문에 금전적 손해가 발생하고, 계산된 묘목 수 보다 더 많은 수의 묘목을 식재해야 하기 때문에 식재하지 못한 빈 공간이 생기게 된다. 또한 그 반대의 경우 실제 벌채면적이

Table 5. Cost of reforestation according to area measurement method for each study areas.

Region	Area Measurement Method	Area (ha)	GFM** Cost(Won)	GFM** Difference (Won)	Cost (Won)	Cost Difference (Won)	Labor cost (Won)	Total cost (Won)
Yeongok-ri	RLB*	2.000	2,436,000	0	3,542,622	0		
	GPS	1.975	2,405,915	-30,085	3,498,871	-43,751	3,966	5,908,752
	RTK-GPS	1.999	2,435,147	-853	3,541,382	-1,240	3,966	5,980,495
	DRONE	2.012	2,450,738	14,738	3,564,055	21,433	2,002	6,016,795
Taerak-ri	RLB	2.800	3,410,400	0	4,959,671	0		
	GPS	2.249	2,738,673	-671,727	3,982,793	-976,878	6,220	6,727,686
	RTK-GPS	2.317	2,821,619	-588,781	4,103,419	-856,252	6,220	6,931,258
	DRONE	2.383	2,902,859	-507,541	4,221,566	-738,105	3,645	7,128,070
Hwasan-ri	RLB	4.000	4,872,000	0	7,085,244	0		
	GPS	3.840	4,676,511	-195,489	6,800,949	-284,295	6,976	11,484,436
	RTK-GPS	3.881	4,727,302	-144,698	6,874,812	-210,432	6,976	11,609,090
	DRONE	3.908	4,760,431	-111,569	6,922,992	-162,252	2,690	11,686,113

*Reported Logging Boundary
**Goverment Funded Matarial

더 작을 경우에는 조림사업에 사용되는 국가 지원금의 예산낭비가 발생한다. 이러한 벌채 후의 재측량과 효율적이고 정밀한 측량 방법을 통해 오차로 발생한 금액을 줄인다면 앞으로의 산림사업 개선에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 논문에서는 실제 벌채사업이 진행된 3곳의 지역에서의 GPS, RTK-GPS, 드론 3가지의 방법을 사용하여 면적을 측량하였고, 벌채신고면적과 실제 벌채면적의 차이와 측량방법간의 면적차이를 비교하고 소요시간을 분석하여 산림사업에서 효율적으로 산림면적을 측량하는 방법에 대해 분석하였다. 또한 각 측량방법마다 조림사업을 진행하였을 때 발생하는 순원가와 관급자재비의 금액차이를 분석하였다.

실제 경계를 걸으면서 트랙 레코딩으로 면적을 측량하는 GPS, RTK-GPS 방식보다 드론 정사영상을 활용한 측량 방법이 평균적으로 16분 40초 정도 적게 소요되었으며, 측량 소요시간으로 인건비를 계산하였을 때 측량하는 면적이 클수록 시간적, 경제적으로 드론측량이 더 효율적이었다.

벌채신고면적과 실제 벌채면적은 연곡리, 태락리, 화산리 각각 평균적으로 44 m^2, 4,838 m^2, 1,236 m^2으로 차이가 나타났다. 또한 본 측량방법 중 가장 정확하다고 판단되는 RTK-GPS 측량방식과 비교하였을 때 GPS는 평균 446 m^2, 드론은 평균 355 m^2 의 차이가 발생하였다. GPS와 RTK-GPS는 장비를 같은 조사자가 들고 경계를 걸으며 트랙정보를 얻었지만 면적의 차이가 발생하였다. RTK-GPS는 정확한 측량이 가능하나 고가의 기기가 필요하고, 산림 내에서는 개활지 환경에 비해 오차가 크게 발생한다. 또한, 산림의 험한 지형특성과 다양한 장애물 산림의 험한 지형특성과 다양한 장애물로 인해 측량자가 접근하기 힘든 상황이 발생하기 때문에 드론 정사영상을 활용한 면적측량 방법이 효율적이었다.

실제 조림사업 단가를 산출하였을 때도 태락리에서 GPS로 측량한 면적을 활용하면 순원가는 976,878 원, 관급자재비는 671,727 원의 차이가 발생한다. 이러한 금액차이의 발생은 대상 면적이 클수록 더욱 크게 발생할 것이다. 앞으로의 벌채사업과 조림면적이 매년 확대될 것으로 기대되는 가운데 이러한 정밀한 측량방법과 지속적인 모니터링을 통해 예산의 낭비를 막고 작업을 효율적으로 바꿔나가야 한다고 사료된다.

벌채사업 후에는 '산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률'에 따라 조림을 시행해야 한다. 조림사업에 기준이 되는 조림면적은 벌채신고면적을 적용하는데 실제 벌채가 이루어진 면적은 입목의 위치, 작업지의 지리적 특성 등 여러 변수에 의해 차이가 발생한다. 따라서 실제 벌채면적에 대한 재측량의 필요성이 있지만 관련 제도나 편성된 예산이 없기 때문에 면적차이를 검정하지 않고 조림사업을 시행한다. 실제 벌채지의 넓은 면적을 정밀측량하기에는 너무나 많은 예산이 소모되어 효율적이고 정확도를 갖춘 측량방법이 필요하다. 산림에서는 지형 및 장

애물로 인해 GPS 위성신호 수신이 원활하지 않아 개방된 공간보다 오차율이 크고, 정확도를 높이기 위해서는 수종, 측정 위치, 계절 등의 조건이 필요하다. 하지만 드론 정사영상을 활용하면 환경에 따른 제약에 자유로우며 넓은 면적을 측량하는데 있어 시간, 인건비가 적게 발생한다. 또한 작업자의 피로도나 안전에 있어서도 긍정적인 측면을 가지고 있다. 작업지가 넓고 험준한 산림사업에 무인비행기를 통한 측량방식의 도입은 도움이 될 것이다.

References

[1] J. W. Park, and Y. P. Kim, "3D Modeling Construction of Tree using Data of Drone Photogrammetry Method", *The Journal of Korean institute of Forest Recreation*, vol. 25, no. 1, pp. 77-85, 2021.
DOI: https://doi.org/10.34272/forest.2021.25.1.007

[2] H. S. Moon, and W. S. Lee. "Development and Verification of A Module for Positioning Buried Persons in Collapsed Area", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 12, pp. 427-436. 2016.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.12.427

[3] Y. S. Lee, D. G. Lee, Y. G. Yu, and H. J. Lee, "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, 2016.
DOI: https://doi.org/10.7319/kogsis.2016.24.3.049

[4] D. P. Kim, K. S. Back, and S. B. Kim, "Production and Accuracy Analysis of Topographic Status Map Using Drone Images", *Journal of the Korean GEO-environmental Society*, vol. 22, no. 2, pp. 35-39, 2021.
DOI: https://doi.org/10.14481/jkges.2021.22.2.35

[5] G. M. Crutsinger, J. Short, and R. sollenberger, "The Future of UAVs in Ecology: An Insider Perspective from The Silicon Valley Drone Industry", *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, Vol. 4, no. 3, pp. 151-168.
DOI: https://doi.org/10.1139/juvs-2016-0008

[6] J. H. Kim and S. Kim, "Development of a Pixel-based Area Measurement Program Using Drone and Camera Module", *Journal of Embedded Systems and Applications*, vol. 14, no. 3, pp. 157-163, 2019.
DOI: https://doi.org/10.14372/IEMEK.2019.14.3.157

[7] J. K. Park and K. Y. Jung, "Investigation and Analysis of Forest Geospatial Information using Drone", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 19, no. 2, pp. 602-607, 2016.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.2.602

[8] Y. S. Kim and K. S. Yang, "Vegetation Change Anolysis Using Multi-Temporal Drone Image Information", *Journal of the Korea Institute of Garden Design*, vol. 7, no. 1, pp. 1-9, 2021.
DOI: https://doi.org/10.22849/jkigd.2021.7.1.001

[9] K. M. Jang, "A Study on the Deep Learning-based Tree Species Classification by using High-resolution Orthophoto Images", *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, vol. 24, no. 3, pp. 1-9, 2021.
DOI: https://doi.org/10.11108/kagis.2021.24.3.001

[10] J. H. Park, Statistical Yearbook of Forestry, pp. 449, *Minister of Korea Forest Service*, 2020, pp. 209-201.

[11] Wing, M. G. "Consumer-grade GPS receiver measurement accuracy in varying forest conditions", *Research Journal of Forestry*. vol. 5, no. 2, pp. 78-88, 2011.
DOI: https://doi.org/10.3923/rjf.2011.78.88

[12] Bakula. M, Oszczak. S, and Pel-Mieczkowska. R, "Performance of RTK positioning in forest conditions: Case study", Journal of Surveying Engineering. vol. 135, no. 3, pp. 125-130, 2009.
DOI:https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2009)135:3(125)

[13] S. E. Hong, "Comparing efficiency of Numerical cadastral Surveying using Total Station and RTK-GPS", *Journal of Korean Society for Geosparial Information System*. vol. 15, no. 3, pp. 87-96, 2007.
DOI: https://doi.org/G704-001694.2007.15.3.009

최 용 규(Young-Kyu Choi) [정회원]

- 2018년 2월 : 충북대학교 산림학과 (임학학사)
- 2020년 8월 : 충북대학교 산림학과 (임학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 산림학과 박사과정

〈관심분야〉
조림학, 산림분자생물학

손 병 택(Byung-Taek Son) [정회원]

- 2007년 2월 : 충북대학교 산림학과 (농학학사)
- 2024년 11월 ~ 현재 : 하늘숲엔지니어링 대표

〈관심분야〉
측량학, 드론, GIS

신 창 섭(Chang-Seob Sin) [정회원]

- 2001년 2월 : 충북대학교 임학과 (농학석사)
- 2004년 8월 : 충북대학교 임학과 (농학박사)
- 2007년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 산림학과 교수

〈관심분야〉
조림학, 특용수재배학, 조경학