

Line Type 디지털 항공사진측량 카메라 영상의 컴퓨터비전 해석을 통한 고품질 공간정보 생성*

이현직^{1*}

Generation of High Quality Geospatial Information Using Computer Vision Analysis of Line Type Digital Aerial Photogrammetry Camera Imagery*

Hyun-Jik LEE^{1*}

요 약

우리나라의 국토지리정보원에서는 2년 주기로 정사영상 제작과 수치지도 수정/갱신 등을 위해 디지털 항공사진영상을 촬영하고 있다. 이러한 디지털 항공사진영상을 촬영하기 위한 항공사진측량용 카메라는 면형(Frame type) 및 선형(Line type)으로 구분된다. 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석은 Frame type만 가능하였다. 이에 본 연구에서는 Line type 항공사진영상을 컴퓨터비전 해석으로 공간정보를 생성하고자 하였으며, 항공사진영상의 활용 방안으로 산림공간정보를 생성하고자 하였다. 그 결과 Line type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석으로 생성된 공간정보는 수평위치 및 수직위치 오차의 RMSE가 GSD의 4배 이내로 나타났다. 컴퓨터비전 해석으로 생성된 공간정보를 이용해 산림공간정보를 생성하였으며, 이를 이용해 수관형상의 추출, 수고의 산정이 가능함을 확인하였다. 본 연구를 통하여 항공사진영상 활용성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 선형, 항공사진영상, 공간정보, 산림공간정보, 생성

ABSTRACT

The National Geographic Information Institute of Korea takes digital aerial photograph images every two years to make and modify/renew the digital map. The cameras for aerial photogrammetry to capture these digital aerial photographs are divided into frame

2020년 02월 19일 접수 Received on February 19, 2020 / 2020년 03월 09일 수정 Revised on March 09, 2020
/ 2020년 03월 10일 심사완료 Accepted on March 10, 2020

* 본 연구는 국토교통부 위성정보 활용센터 설립 운영 사업(과제명: 국토위성정보 수집 및 활용기술개발)의 연구비지원
(과제번호:20SIUE-B148326-03)에 의해 수행되었습니다.

* 이 논문은 2018년도 삼지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임

1 삼지대학교 스마트건설공학과 정교수 Dept. of Civil Engineering, Sangji University, Full Professor

* Corresponding Author E-mail : hjiklee@sangji.ac.kr

types and line types. Computer vision analysis of aerial photograph images was only possible for frame type. Thus, in this study, Line type aerial photograph images was intended to generate geospatial information through computer vision analysis, and forest geospatial information was created as a method for the utilization of aerial picture images. As a result, geospatial information generated by computer vision analysis of line type aerial photograph images showed that RMSE of horizontal and vertical position errors was less than quadruple that of GSD. Forest geospatial information was generated using geospatial information generated by computer vision analysis. It was confirmed that extraction of the crown of tree and calculation of tree height are possible. Through this study, it is expected that utilization of aerial photograph images will be improved.

KEYWORDS : Line type, Aerial photograph image, Geospatial information, Forest geospatial information, Generation

서 론

우리나라의 국토지리정보원에서는 2년 주기로 정사영상 제작과 수치지도 수정/갱신 등을 위해 디지털 항공사진영상을 촬영하고 있다 (Bang *et al.*, 2018). 이러한 디지털 항공사진영상을 촬영하기 위한 항공사진측량용 카메라는 일정한 중복도로 촬영하는 Intergraph DMC 및 Vecel UltraCam 등의 면형(frame type) 카메라와 위성의 push broom 센서와 같이 대상지역을 스캔하는 방식의 Leica ADS 등의 선형(line type) 카메라로 분류된다. 항공사진측량용 카메라 중 frame type 카메라로 촬영된 항

공사진영상의 컴퓨터비전 해석으로 공간정보를 생성할 경우 3D mesh를 기반으로 실감정사영상을 생성한다.

3D mesh는 컴퓨터비전 해석을 통해 영상에서부터 특징점을 추출하고, 영상정합 수행 후 자동 항공삼각측량 및 번들 블록조정을 통해 카메라의 내부 및 외부표정요소를 결정하고, 정합점에 대한 3차원 좌표를 이용해 3D mesh를 생성한다(Marcis *et al.*, 2016). 따라서 DSM(digital surface model)을 이용해 생성하는 방법보다 기복변위를 효과적으로 제거할 수 있으며, 컴퓨터비전 해석으로 생성되는 공간정보는 실감정사영상뿐만 아니라 3D mesh를 기반으로 point cloud, DSM의 생성이 가능하다(Kim *et*

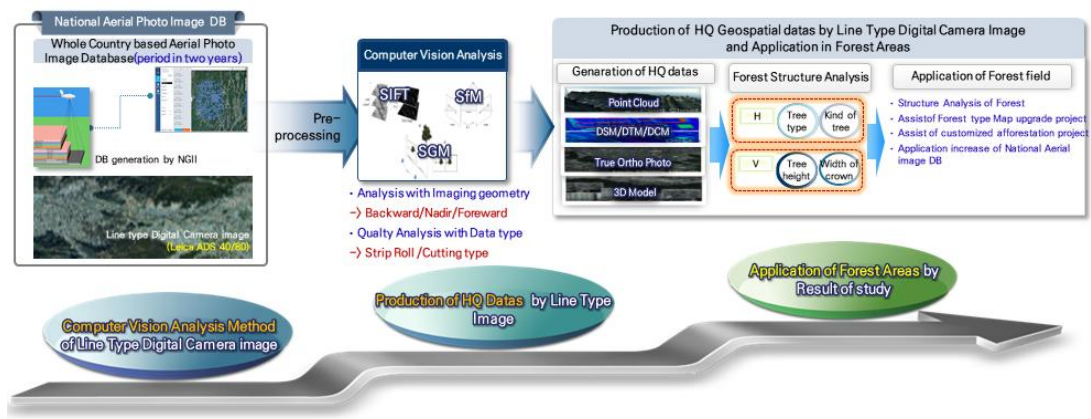


FIGURE 1. Concept of this study

al., 2017a, Kim *et al.*, 2017b).

컴퓨터비전 해석과 관련된 연구 사례를 조사한 결과 무인 항공사진에 전통적인 항공사진측량 방법과 컴퓨터비전 해석 방법을 적용해 수치 지도를 제작하고 정확도를 평가하는 연구(Lim *et al.*, 2015)를 수행하는 등 frame type 카메라로 촬영된 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석을 통해 공간정보를 생성한 연구 사례는 다양하였으나 line type 카메라로 촬영된 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석으로 공간정보를 생성한 사례는 미비한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 그림 1과 같이 line type 항공사진영상의 활용성 제고를 위하여 line type 항공사진영상을 컴퓨터비전 해석으로 공간정보를 생성하고, 생성된 공간정보를 활용하여 산림지역의 수목들에 대한 수고 정보를 추출하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상지역 선정 및 기초자료 수집

본 연구에서는 Line type 항공사진측량용 카메라를 이용하여 항공사진영상이 촬영된 지역으로 대전광역시와 대구광역시 일부지역에 대하여 연구지역을 선정하였다. 연구 대상지역은 Line type 카메라로 촬영된 roll type 및 cutting type의 항공사진영상을 모두 보유하고 있는 지역이 존재하지 않아 연구 대상지역을 각각 선정

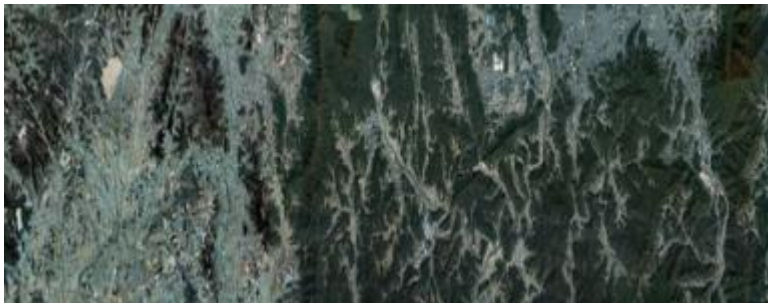
하였다(그림 2).

수집된 항공사진영상은 그림 2(a)와 같은 대전광역시 일부지역에 대하여 2016년에 Leica ADS80 카메라로 촬영된 strip roll type의 항공사진영상을 수집하였으며, 그림 2(b)와 같은 대구광역시 일부지역에 대하여 2017년에 Leica ADS80 카메라로 촬영된 strip roll type의 항공사진영상을 중중복 70%, 횡중복 30%의 중복도로 잘라낸 항공사진영상을 수집하였다. 수집한 항공사진영상은 대전 및 대구광역시 모두 Level 1 항공사진영상과 보조 파일들을 모두 수집하였고, 항공사진영상의 GSD(ground sample distance)는 모두 0.23m이다.

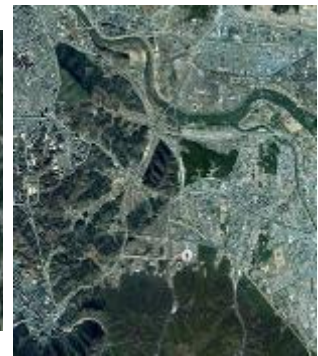
Line type 항공사진영상은 그림 3과 같이 전방(forward), 연직(nadir), 후방(backward)의 3방향으로 촬영되는데, 본 연구를 위해 수집된 항공사진영상은 연직 및 후방으로 촬영된 영상이다.

2. 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석

Line type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석은 표 1과 같은 line type 항공사진영상 및 보조 파일을 이용하여 수행하는데, line type 항공사진영상의 보조 파일들은 Leica의 Xpro를 이용해 표정해석 및 항공삼각측량 수행으로 생성되는 파일이다. 이와 같은 보조 파일들은 항



(a) Study area 1 : Strip roll type imagery



(b) Study area 2 : Cutting type imagery

FIGURE 2. Study area

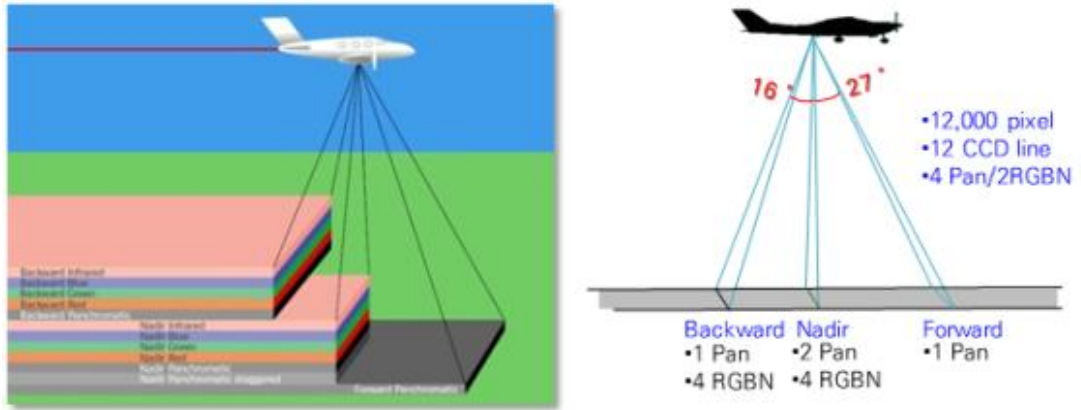


FIGURE 3. Photography method of line type camera(Leica ADS80)

TABLE 1. Structure of aerial imagery and support files taken with ADS80 camera

Data item	Contents	
*.tiff	Level1 RGB image file	
	extention	description
	*.cam	- Camera calibration data file
	*.odf	- Original Orientation file
*.sup (Soketset Support file)	*.adj	- Including position and direction in each scan line
	*.adj	- Adjusted Orientation file
	*.ads	- Upgraded orientation data with Aerial Triangulation
	*.ads	- Connected file of image with ADS digital camera

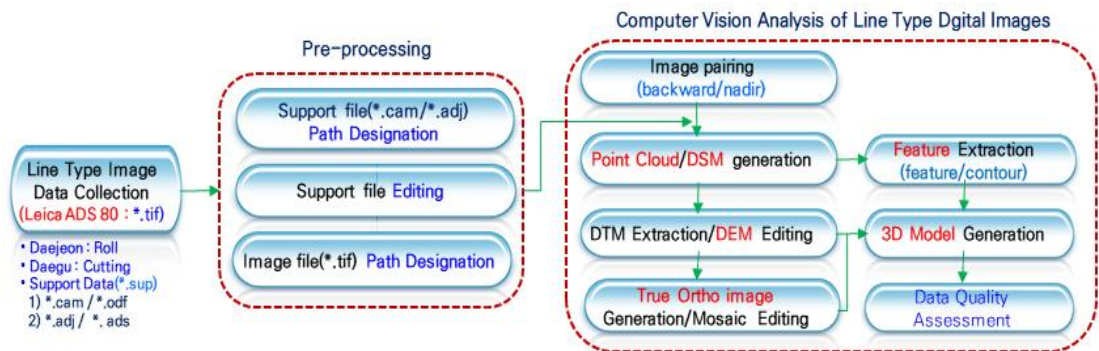


FIGURE 4. Computer vision analysis process of line type aerial imagery

공사진영상과 연계되어 컴퓨터비전 해석 시 지상기준점(GCP, ground control point)을 입력하지 않아도 좌표정보가 포함된 산출물을 생성할 수 있게 지원한다.

Line type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석

은 항공사진영상과 보조 파일들의 경로를 인식시켜주고, backward 및 nadir 항공사진영상의 pair 지정 후 컴퓨터비전 해석 알고리즘이 적용된다. 이를 통해 point cloud, DSM 및 DEM, 정사영상 및 실감정사영상이 생성된다(그림 4).

3. 컴퓨터비전 해석 산출물을 이용한 산림공간 정보 생성

본 연구에서는 컴퓨터비전 해석으로 생성된 공간정보를 이용하여 산림공간정보인 수고 정보를 생성하고자 하였다. 산림공간정보는 수종, 임상과 같은 수평적 구조와 수고 및 흉고직경과 같은 수직적 구조가 있으며, 기존의 산림정보는 수평적 구조에 국한되어 있다(Lee *et al.*, 2017).

산림지역의 수고 정보를 생성하기 위해서는 수목 각각의 객체를 추출하여야 한다. 이를 위하여 정사영상을 기반으로 수관형상을 추출하여야 하는데, K-means 알고리즘을 이용한 영상 분할 방법(Pascual *et al.*, 2008), 객체기반분류 방법이 이용한 방법(Kim, 2013) 등이 있다.

산림지역의 수고는 산림지역의 DSM과 DEM을 차분하여 수고를 생성할 수 있다(Zimble *et al.*, 2003). 따라서 본 연구에서는 컴퓨터비전 해석으로 생성된 실감정사영상에 객체기반분류 기법을 적용하여 수관형상을 추출하고, 추출된 수관형상 내부의 DSM과 DEM을 차분한 값의 최대값을 수고로 지정하여 수목 각각에 대하여 수고 정보를 생성하고자 하였다.

산림공간정보 생성은 그림 5와 같이 대전광역시에 존재하는 비교적 소규모의 산림지역에

대하여 실험을 수행하였다. 본 연구에서는 산림 공간정보의 수평적 구조인 수관형상을 추출하기 위해 객체기반분류 방법을 적용(그림 6)하고, DSM과 DEM을 차분하는 nDSM(Normalized Digital Surface Model)을 생성하여 수관형상 내부에서 가장 큰 값을 수직적 구조인 수고 정보로 지정하는 방법을 적용(그림 7)하여 산림공간정보를 생성하고자 하였다.



FIGURE 5. Study area of forest geospatial information generation



FIGURE 6. Application of image segmentation method for crown of tree

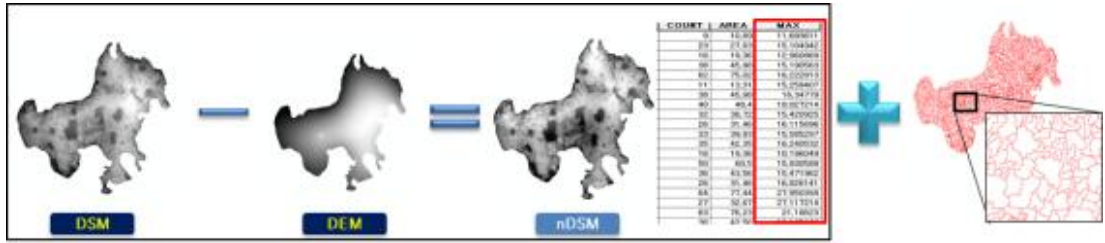


FIGURE 7. Method of calculate tree height

결과 및 고찰

1. Line type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석 결과

1) Strip roll type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석 결과 및 고찰

Strip roll type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석을 통하여 그림 8과 같이 point cloud를 추출하였으며, 그림 9와 같이 DSM을 생성하고, 그림 10과 같이 정사영상을 생성할 수 있었다.

컴퓨터비전 해석을 통한 정사영상 생성은 DSM을 기반으로 정사영상을 생성하므로 실감정사영상이 생성되었다.

Strip roll type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석을 통하여 생성된 산출물의 정확도 분석을 수행하기 위하여 통합기준점 정보를 수집하여 정확도 분석을 수행하였다. 그림 11과 같이 17개 위치에 대한 수평위치 및 수직위치 정확도 분석을 수행하였으며, 그 결과 표 2와 같이 dX는 ±0.159m, dY는 ±0.225m, dL은 ±0.276m,



FIGURE 8. Point cloud(strip roll type)

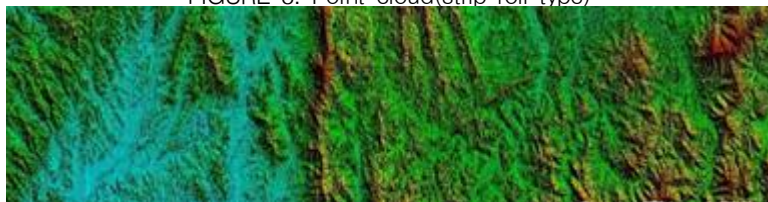


FIGURE 9. DSM(strip roll type)



FIGURE 10. Orthophoto(strip roll type)

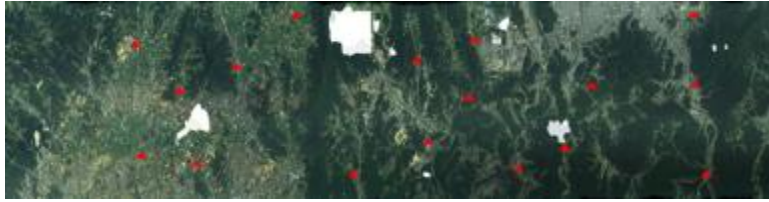


FIGURE 11. Location map of check point(strip roll type)

TABLE 2. Result of accuracy analysis(strip roll type)

Division	dX	dY	dL	dZ
RMSE(m)	± 0.159	± 0.225	± 0.276	± 0.837

dZ는 $\pm 0.837\text{m}$ 로 나타났다. 수평위치 및 수직 위치의 RMSE가 GSD의 4배 이내로 나타나 컴퓨터비전 해석으로 생성된 산출물이 충분히 활용 가능한 수준인 것으로 판단된다.

2) Cutting type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석 결과 및 고찰

Cutting type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석을 통하여 그림 12와 같이 point cloud를 추출하였으며, 그림 13과 같이 DSM을 생성하고, 그림 14와 같이 정사영상을 생성할 수 있었다. 컴퓨터비전 해석을 통한 정사영상 생성은 DSM을 기반으로 정사영상을 생성하므로 실감정사영상이 생성되었다.

Cutting type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석을 통하여 생성된 산출물의 정확도 분석을 수행하기 위하여 통합기준점 정보를 수집하여 정확도 분석을 수행하였다. 그림 15와 같이 9개 위치에 대한 수평위치 및 수직위치 정확도 분석을 수행하였으며, 그 결과, 표 3과 같이 dX는 $\pm 0.108\text{m}$, dY는 $\pm 0.154\text{m}$, dL은 $\pm 0.188\text{m}$, dZ는 $\pm 0.923\text{m}$ 로 나타났다. 수평위치 및 수직 위치의 RMSE가 GSD의 4배 이내로 나타나 컴퓨터비전 해석으로 생성된 산출물이 충분히 활용 가능한 수준인 것으로 판단된다.

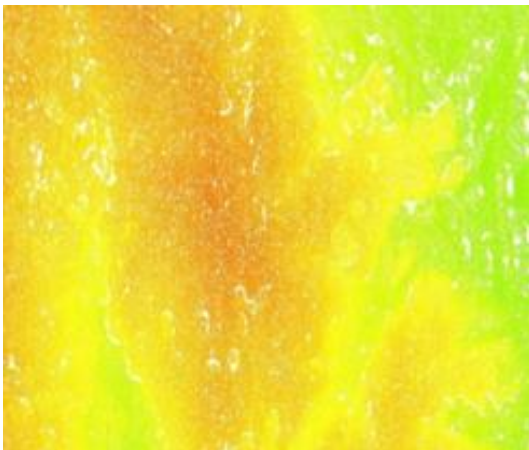


FIGURE 12. Point cloud(cutting type)

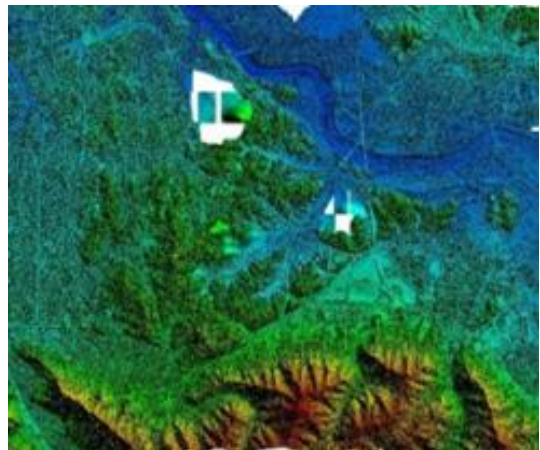


FIGURE 13. DSM(cutting type)



FIGURE 14. Orthophoto (cutting type)



FIGURE 15. Location map of check point (cutting type)

TABLE 3. Result of accuracy analysis(cutting type)

Division	dX	dY	dL	dZ
RMSE(m)	±0.108	±0.154	±0.188	±0.923

2. 산림공간정보 생성 결과

산림공간정보 생성에는 산림지역에 해당하는 DSM과 DEM을 차분하는 잔차 DSM을 생성하

고, 정사영상으로부터 추출된 수관형상 데이터를 융합하여 수고 정보를 산정하였다. 정사영상으로부터 추출된 수관형상은 그림 16과 같으며,

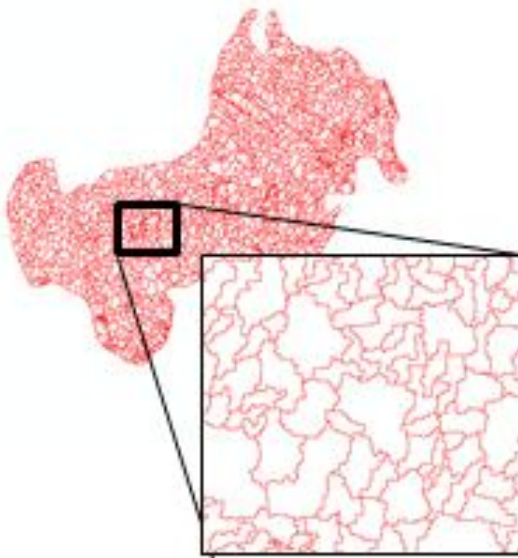


FIGURE 16. Crown of tree extraction result

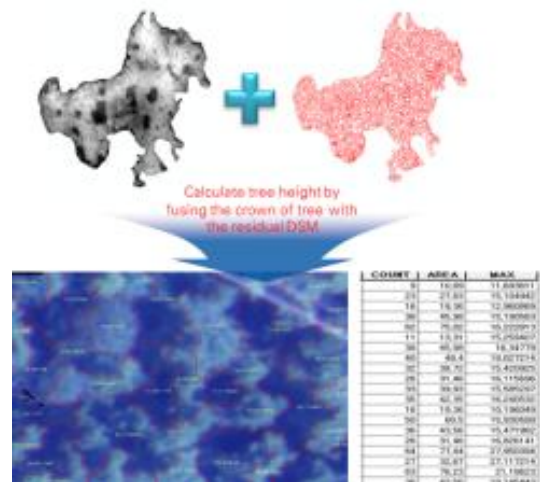


FIGURE 17. Calculate tree height method

TABLE 4. Result of tree height calculate

Division	Others broadleaf tree(m)	Rigida pine(m)	Mixed forest(m)
Tree height(Maximum)	13.228	18.600	15.807
Tree height(average)	10.485	16.478	13.295

그림 17과 같은 방법으로 수관형상 내부에서 잔차 DSM의 값 중 가장 높은 값을 수고로 지정하였다.

산림공간정보 생성 대상지역은 기타활엽수, 리기다소나무, 혼효림으로 구성되어 있다. 따라서 수고 정보 산정 시 기타활엽수, 리기다소나무, 혼효림의 최대수고, 평균수고를 산정하였다. 그 결과 표 4와 같이 최대수고는 기타활엽수가 13.228m, 리기다소나무가 18.600m, 혼효림은 15.807m로 나타났으며, 평균수고는 기타활엽수가 10.485m, 리기다소나무가 16.478m, 혼효림은 13.295m로 나타났다.

결 론

본 연구는 정사영상 제작 및 수치지도 수정/갱신을 목적으로 촬영되는 Line type 항공사진 영상의 활용을 위하여 컴퓨터비전 해석 방법을 적용해 공간정보인 point cloud, DSM, 정사영상을 생성하고자 하였으며, 컴퓨터비전 해석으로 생성된 공간정보를 활용하여 산림공간정보를 생성하고자 하였다. 그 결과 과거에는 Frame type 항공사진영상만 컴퓨터비전 해석이 가능하였으나 본 연구를 통해 Line type 항공사진영상도 컴퓨터비전 해석이 가능함을 알 수 있었다. 컴퓨터비전 해석으로 생성된 공간정보의 정확도분석을 수행한 결과 수평위치 및 수직위치 오차의 RMSE가 1m 이내로 GSD의 4배 이내의 오차가 나타나며, 이는 매우 활용성이 높을 것으로 기대된다.

또한, Line type 항공사진영상의 컴퓨터비전 해석으로 생성된 공간정보를 이용하여 산림공간정보인 수관형상의 추출과 수목 객체별 수고 산정으로 산림의 수종별 최대 수고 및 평균 수고를 산정할 수 있음을 알 수 있었다. 특히 우리나라의 경우 현재 항공사진영상을 2년 주기로

전국을 촬영하기 때문에 본 연구의 성과를 이용하여 공간정보를 활용하는 다양한 분야에서 항공사진영상의 활용성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다. **KAGIS**

REFERENCES

- Bang, D.S., Lee, D.G., Yang, S.R. and Lee, H.J., 2018, Study on the tree height using unmanned aerial photogrammetry method, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 21(3):35-47 (방대식, 이동국, 양승룡, 이현직, 2018, 무인항공사진측량 기법을 적용한 수고 산정 연구, *한국지리정보학회지* 21(3):35-47).
- Kim, E.M., 2013, Extraction of the tree regions in forest areas using LiDAR data and ortho-image, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information system* 21(2):27-34 (김의명, 2013, 라이다 자료와 정사영상을 이용한 산림지역의 수목영역추출, *대한공간정보학회지* 21(2):27-34).
- Kim, E.M., Choi, H.S. and Park, J.H., 2017a, Analysis of applicability of orthophoto using 3D mesh on aerial image with large file size, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 35(3):155-166 (김의명, 최한승, 박정훈, 2017, 대용량 항공영상에 3차원 메시를 이용한 정사영상의 적용성 분석, *한국측량학회지* 35(3):155-166).
- Kim, K.D., Lee, D.G., Yu, Y.G. and Lee, H.J., 2017b, Processing of aerial photographic image using unmanned

- aerial photogrammetry process and revision/update method of digital map of small change area, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science* 25(4):15-24 (김경덕, 이동국, 유영길, 이현직, 2017. 무인항공사진측량 절차를 적용한 항공사진영상의 처리 및 소규모 변화 지역의 수치지도 수정/갱신 방안, *대한공간정보학회지* 25(4):15-24).
- Lee, D.G., Kim, K.D., Yang, S.R. and Lee, H.J., 2017, Study on the possibility of forest geospatial information generation using past panchromatic forest aerial photograph scanning database, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science* 24(4):107-116 (이동국, 김경덕, 양승룡, 이현직, 2017. 과거 흑백 산림항공사진 스캐닝 데이터베이스를 이용한 산림공간정보 생성가능성 연구, *대한공간정보학회지* 25(4):107-116).
- Lim, S.B., Seo, C.W. and Yun, H.C., 2015, Digital map updates with UAV Photogrammetric methods, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 33(5):397-405. (임수봉, 서준욱, 윤희천, 2015, 무인항공사진측량 방법에 의한 수치지도 갱신, *한국측량학회지* 33(5):397-405).
- Marcis, M., Bartak, P., Valaska, D., Frastia, M. and Trhan, O., 2016, Use of images based modelling for documentation of intricately shaped object, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLI-B5, pp.327-334.
- Pascual, C., Gracia-Abril, A., Grcia-Montero, L.G., Martin-Fernandez, S. and Cohen, W.B., 2008, Object-based semi-automatic approach for forest structure characterization using lidar data in heterogeneous *Pinus sylvestris* stands, *Forest Ecology and Management*, 255(11):3677 -3685.
- Zimble, D.A., Evans, D.L., Carlson, G.C., Parker, R.C., Grado, S.C. and Gerard, P.D., 2003, Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne LiDAR. *Remote Sensing of Environment*. 87(2-3):171-182. **KAGIS**