

# 항공 라이다 자료를 이용한 수목추출의 자동화 모델 개발

이수지<sup>1</sup>, 박진이<sup>1</sup>, 김의명<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>남서울대학교 GIS공학과

## Development of Automated Model of Tree Extraction Using Aerial LIDAR Data

Su-Jee Lee<sup>1</sup>, Jin-Yi Park<sup>1</sup> and Eui-Myoung Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of GIS Engineering, Namseoul University

**요약** 현재 도시화로 급증하는 온실가스는 기후변화에 커다란 영향을 미치고 있다. 이로 인해, 정부에서는 기후변화의 예방을 위하여 산소를 발생시키고 이산화탄소를 저감시키는 수목을 활용하는 다양한 방안을 모색하고 있다. 수목의 이산화탄소 저감량을 산정하기 위해서 개별 수목에 대한 정보를 추출하는 것이 필수적이다. 항공 라이다 자료는 지상의 건물 뿐만 아니라 수목에 대한 3차원 정보를 점군형태로 가지고 있다. 본 연구에서는 항공라이다 자료를 이용하여 개별 수목을 추출하는 자동화 모델을 개발하였다. 이를 위해, 수목을 추출하기 위한 방법론을 설정하고 그것을 모델로 개발하는 과정으로 진행되었으며 자동화된 모델은 ArcGIS의 모델빌더를 기반으로 하였다. 개발된 모델의 적용성을 평가하기 위해서 용인시를 대상으로 상업용 소프트웨어와 비교하였다. 실험결과 본 연구에서 개발한 자동화 모델의 추출율이 9.91% 높은 것으로 확인되었으며 상대적으로 수목추출이 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

**Abstract** Currently, increase of greenhouse gas has had a significant impact on climate change in urbanization. As a result, the government has been looking for ways to take advantage of the trees that generate oxygen and reduce carbon dioxide for the prevention of climate change. It is essential to extract individual tree for calculating the amount of carbon dioxide reduction of trees. Aerial LIDAR data have three-dimensional information of building as well as trees as form of point clouds. In this study, automated model was developed to extract individual tree using aerial LIDAR data. For this purpose, we established a methodology for extracting trees and then proceeded the process of developing it as an automated model based on model builder of ArcGIS Software. In order to evaluate the applicability of the developed model, the model was compared with commercial software in study area located in Yongin City. Through the experimental result, the proposed model was extract trees 9.91% higher than commercial software. From this results, it was found that the model effectively extracted trees.

**Key Words** : Automated Model, Carbon Dioxide, LIDAR Data, Point Cloud, Tree Extraction

### 1. 서론

현재 지구는 토지 이용의 변화로 인한 연소와 도시화로 인한 화석연료의 사용이 증가되면서 온실가스의 발생률이 늘어나고 있다. 이러한 현상으로 인하여 국가에서는 온실가스로 인한 기후변화에 대한 대응책을 마련하고

있다. 도시지역에서 가장 많은 녹지공간을 제공하고 있는 수목은 산소를 발생시키고 이산화탄소를 저감시키기 때문에 지구온난화를 완화시키는 효과가 있다. 하지만 수목을 관리하는 지자체에서는 서류형태로 수목에 대한 정보를 가지고 있어 수목에 대한 관리가 효과적으로 이루어지지 않고 있다. 이러한 수목은 건물과 더불어 도시

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2013-022813).

\*Corresponding Author : Eui-Myoung Kim(Namseoul Univ.)

Tel: +82-41-580-2374 email: kemyoung@nsu.ac.kr

Received January 13, 2014

Revised (1st March 3, 2014, 2nd March 31, 2014)

Accepted May 8, 2014

지역의 대표적인 지상객체 중 하나로 3차원 모델링을 하기 위하여 항공 라이다(LIDAR : Light Detection And Ranging) 자료를 사용한다. 항공 라이다 자료는 지표면에 존재하는 대상물의 정보를 3차원 점군(Point clouds) 형태로 가지고 있다.

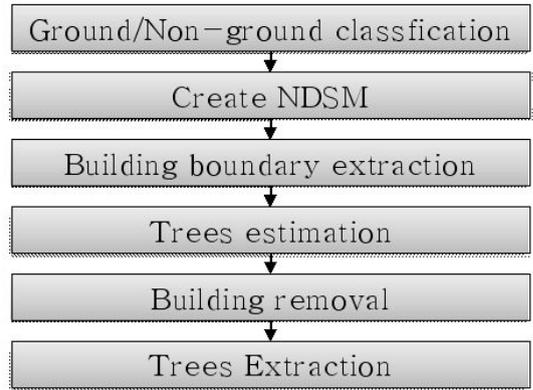
항공 라이다 자료는 3차원 정보를 가지고 있기 때문에 지상객체에 대한 정확한 좌표정보를 제공해주지만 자료 처리에 많은 경험을 필요로 한다. 이러한 불편함으로 인하여 국외연구에서는 항공사진과 정규식생지수(NDVI : Normalized Difference Vegetation Index)를 이용하여 개별 수목을 자동으로 찾는 소프트웨어를 개발하였으며[1], VBA와 ArcObjects를 사용하여 수목을 자동으로 추출할 수 있는 소프트웨어를 구현하였다[2].

라이다 자료처리와 관련해서 개발된 대표적인 국외의 상업용 소프트웨어는 TerraScan과 LIDAR Analyst이다. TerraScan은 TerraSolid사에서 생성하였으며 MicroStation에 추가하여 사용하는 소프트웨어이다. TerraScan은 레이저 자료를 처리하고 포인트 자료를 이용하여 식생과 건물 등을 분류할 수 있다. 하지만 수동적이며 보정된 자료는 사용할 수 없다. 또한 LIDAR Analyst는 Overwatch사에서 생성하였으며 ArcGIS 또는 Erdas Imagine에 추가되어 사용하는 소프트웨어이다. LIDAR Analyst는 라이다 자료를 이용하여 건물과 수목 등을 추출할 수 있는 소프트웨어이다. 하지만 매개변수 값의 설정에 많은 경험을 필요로 한다[3].

따라서 본 연구에서는 항공 라이다 자료를 이용하여 자동으로 수목을 추출하는 방법과 자료처리 모듈을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 개발된 모듈은 상용소프트웨어와 비교 검증하여 성능을 평가하였다.

## 2. 수목추출 방법론

본 연구에서는 항공 라이다 자료를 이용하여 수목을 추출하는 기존의 방법론에 의거하여 수목추출을 진행하였다[4]. 하지만 자동화 방법에 적용하기 위하여 수목추출의 순서를 일부 수정하였다. 수정된 수목추출의 방법론은 Fig. 1과 같다.



[Fig. 1] Flow chart of tree extraction

항공 라이다 자료를 이용하여 수목을 추출하는 방법에서 가장 먼저 지면과 비지면을 분리하는 작업을 진행하였다. 지면과 비지면을 분리하는 필터링 과정은 여러 가지 종류가 있으며 본 연구에서는 PCFA(Perspective Center Based Filtering Algorithm)를 사용하여 지면과 비지면은 분류하였다[5]. 분류된 지면과 비지면을 이용하여 DSM(Digital Surface Model)과 DEM(Digital Elevation Model)을 생성하고 DSM과 DEM의 중첩과정을 통해서 지면이 평지화된 NDSM(Normalized Digital Surface Model)을 생성하였다. 평지화된 NDSM은 지상객체의 분류가 용이하기 때문에 NDSM을 이용하여 건물을 추출하는 과정과 수목을 추정하는 과정을 진행하였다. 수목이 추정되는 과정에서는 픽셀(Pixel)을 단위로 국지적 최대값 필터링을 진행하기 때문에 건물점으로 추출된 위치의 점이 수목으로 추정되는 경우가 있다. 따라서 건물점과 수목의 추정점이 중첩된 부분을 제거하여 최종적으로 수목을 추출하였다.

### 2.1 지면·비지면 분류

라이다 자료에서 지면과 비지면을 분류하는 작업은 비지면에 포함되어 있는 지상객체를 추출하기 위함이다. 지면과 비지면을 분류하는 필터링기법은 여러 가지가 있으며 다양한 형태의 실험대상지역을 바탕으로 비교해본 연구의 결과에 따라 본 연구에서는 PCFA필터링을 사용하였다[6]. PCFA필터링은 가상의 투영중심점을 설정하고 설정된 투영중심점에서 지상으로의 연직점과 라이다 점과의 각도를 기반으로하여 지면과 비지면을 분리하는 기법이다[5]. 분류된 지면과 비지면은 각각 DEM과 DSM

로 변환되며 DEM과 DSM을 중첩하여 지면이 평지화된 NDSM을 생성한다. DEM은 지형의 높이값을 이용하여 만든 모델로 지상객체에 대한 정보가 담겨있지 않은 순수한 지형의 형태를 나타내며 DSM은 지형의 높이값과 지상객체의 높이값이 모두 나타난 높이값으로 생성된 모델이다. 이렇게 생성된 DEM과 DSM을 중첩하여 지형의 높이값을 제외한 순수한 지상객체의 높이값을 나타낸 NDSM을 생성한다. NDSM은 지면이 평면으로 나타나기 때문에 지상객체의 추출이 용이하며 이를 고려하여 수목을 추출하는 작업을 진행하였다.

### 2.2 건물영역 추출

항공 라이다 자료를 이용하여 건물영역을 추출하는 작업과정에서는 비지면자료를 입력자료로 사용하였다. 본 연구에서는 연구 대상지역이 주택단지과 아파트단지가 골고루 분포된 지역이기 때문에 건물의 영역을 정확하게 추출하기 위하여 도로단위로 지역을 나누어 건물영역을 추출하는 방법을 사용하였다. 도로단위로 나뉘어진 지역은 NDSM 자료를 이용하여 건물영역을 추출하였다. 건물영역의 추출은 높이값과 넓이값을 기준으로 하는 방법과 평면의 방정식을 적용하는 방법을 사용하였다. 높이값과 넓이값을 기준으로한 건물영역의 추출방법은 높이값과 넓이값의 최대값과 최소값을 임계값으로 설정하여 임계값 이내에 들어오는 점을 건물영역으로 추출하는 방법이다. 또한 평면의 방정식은 건물의 지붕이 평면으

로 이루어져 있기 때문에 최소 3점을 이용하여 평면의 방정식을 구성하고 이를 통하여 건물 지붕으로 추출하는 방법이다.

### 2.3 수목추출

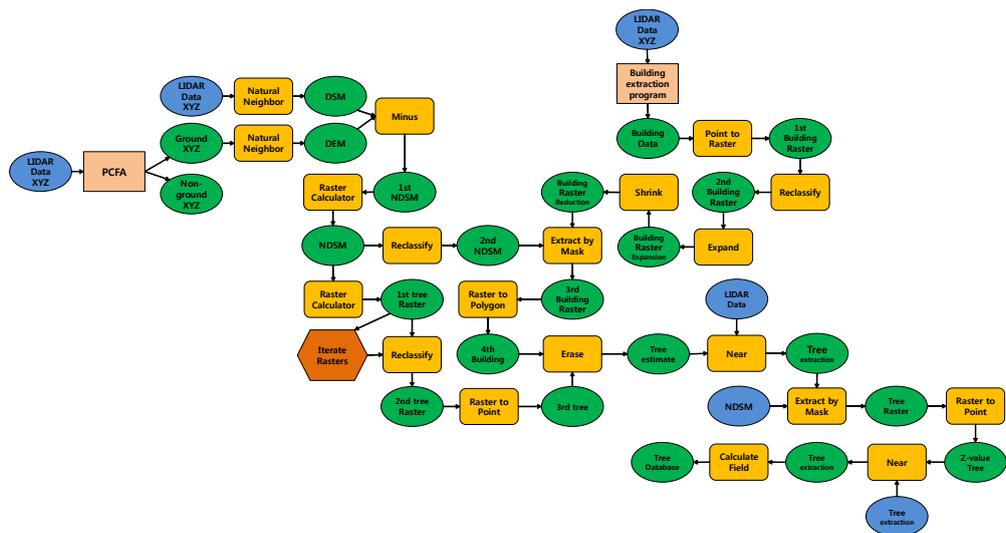
수목은 평균적으로 크기가 일정하다고 판단할 수 있는 지상객체중 하나이다. 따라서 수목을 추출하기 위하여 국지적 최대값 필터링을 사용하였다[7].

국지적 최대값 필터링은 수목의 최소 높이값을 설정하고 임계값보다 작은 영역을 널(null)값으로 할당하여 임계값보다 높은 지역을 최대값으로 부여하는 방법이다. 국지적 최대값 필터링의 구조는 원형, 삼각형, 사각형의 형태가 있으며 본 연구에서는 수목의 모양과 가장 비슷한 원형을 선택하여 연구를 진행하였다[8].

수목의 추출점은 NDSM을 사용하여 진행되기 때문에 건물영역으로 추출된 지역에서 수목이 추출될 수 있다. 따라서 국지적 최대값 필터링을 이용하여 추출된 수목점 중에서 건물영역으로 추출된 지점의 수목점을 제거해주는 과정을 진행하였다.

## 3. 자동화 방법론

항공 라이다 자료를 이용하여 수목을 추출하는 과정은 대부분이 수작업으로 진행되기 때문에 작업처리의 일



[Fig. 2] Tree extraction model using aerial LIDAR data

관성이 부족하다. 따라서 작업과정에 대하여 일관성을 부여하고 사용자의 개입을 최소화하기 위하여 수목추출 자료처리 소프트웨어를 개발하는 방안을 제안하였다.

본 연구에서는 ESRI사에서 개발한 ArcGIS의 모델빌더 기능을 사용하였으며 모델빌더를 이용하여 자동화방안을 제안한 기존의 연구에 모델빌더를 보완하여 전체적인 모델빌더를 구현하는 작업을 진행하였다.

Fig. 2는 NDSM을 생성하고 건물영역을 추정하여 수목을 추출하는 전반적인 과정을 나타낸 모델이다.

### 3.1 NDSM 생성

항공 라이다 자료를 이용하여 수목을 추출하는 과정에는 NDSM의 생성이 가장 기초적이다. NDSM을 생성하기 위해서는 DSM과 DEM의 생성이 우선적으로 진행되어야 하며 DSM과 DEM은 최근린 보간법을 사용하여 생성하였다. 최근린 보간법은 보간하고자 하는 점 주변의 4개의 점을 선택하여 가장 가까운 거리에 있는 점의 화소값을 가져오는 방법이다. 최근린 보간법을 사용하여 생성된 DSM과 DEM은 중첩과정을 통하여 NDSM으로 재구성된다.

### 3.2 건물 영역 추출

수목을 추출하기 위해서는 건물을 추출한 후 지상객체에서 건물을 제거하는 방법을 진행하여야 한다. 건물을 추출하기 위해서 PCFA기법이 적용된 건물추출 프로그램을 사용하였다. 이렇게 추출된 건물점은 폴리곤 형태의 건물영역으로 변환하여야 한다. 포인트 형태의 건물점은 래스터로 변환하여 확장해주는 작업을 진행하였다.

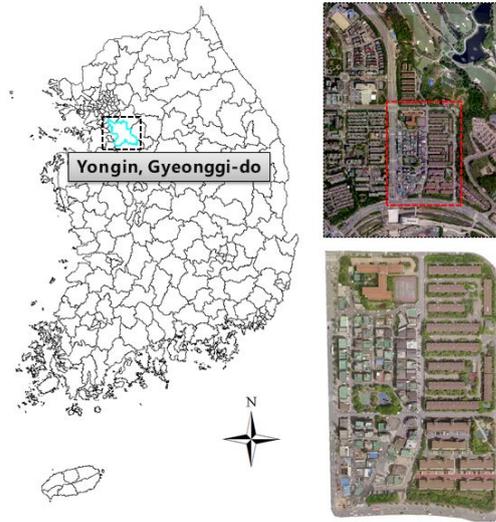
### 3.3 수목 추정 및 수목 추출

본 연구에서는 수목을 추정하는 방법으로 국지적 최대값 필터링을 적용하였다. 지상객체인 수목을 추정하기 위하여 NDSM을 입력자료로 사용하였다. 국지적 최대값 필터링을 적용하는 과정에서는 수목의 수관폭은 큰 값에서 작은 값으로 줄여가면서 설정한 임계값 이내에 수목을 추출하였다. 이러한 이유는 현실에 존재하는 수목은 다양한 크기로 존재하기 때문에 단일한 크기를 적용할 수 없기 때문이다. 본 연구에서는 수관폭의 최대 직경은 8m이고 최소 직경은 1m인 것으로 수목으로 가정하여 자동화 과정을 구현하였다.

## 4. 실험

### 4.1 연구대상지역 선정

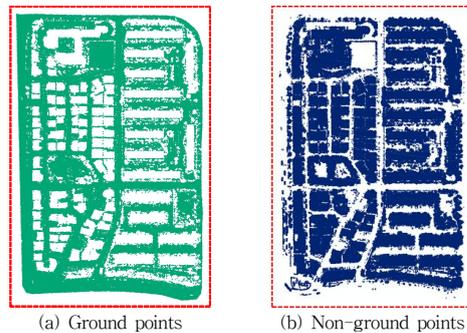
항공 라이다 자료를 이용하여 수목을 추출하는 방법론에 대한 성능을 평가하기 위해 실험을 수행하였다. 연구대상지역의 위치는 Fig. 3과 같이 경기도 용인시 일부 지역으로 선정하였다. 연구대상지역의 특징은 수목과 건물이 공존하는 지역이고 건물의 형태도 아파트단지과 주택단지가 공존하여 크기가 다양한 지역이다[9].



[Fig. 3] Study area

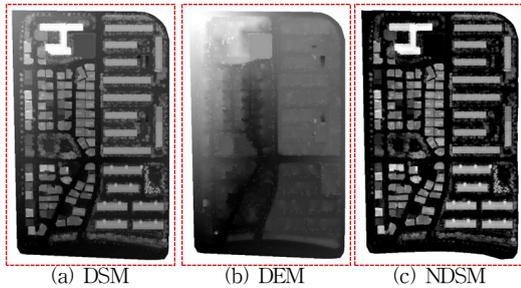
### 4.2 지면과 비지면 분류 및 NDSM 생성

수목을 추출하기 위해서 지면과 비지면을 분류하는 작업을 가장 먼저 진행하였다. 지면과 비지면을 분류하는 작업은 임의의 투영중심을 선정하여 각도를 기반으로 페색영역을 분류하는 PCFA기법을 적용하였다. 분류된 지면은 Fig. 4의 (a)와 같으며 비지면은 Fig. 4의 (b)와 같다.



[Fig. 4] Study area

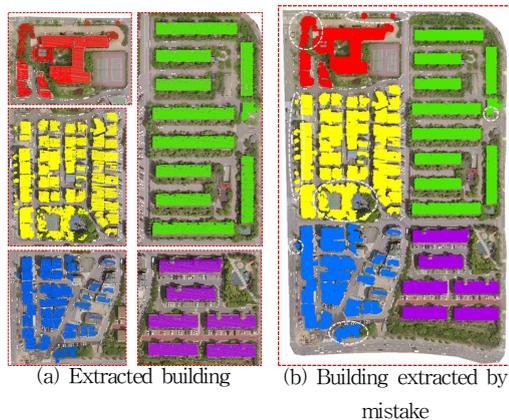
Fig. 5는 Fig. 4의 (a)와 (b)를 바탕으로 생성한 DSM, DEM, NDSM이다. 최근린 보간법을 적용하여 생성하였으며 라이다 점 자료의 평균 점간거리를 고려하여 0.5m로 생성하였다.



[Fig. 5] DSM, DEM and NDSM of study area

### 4.3 건물영역 추출

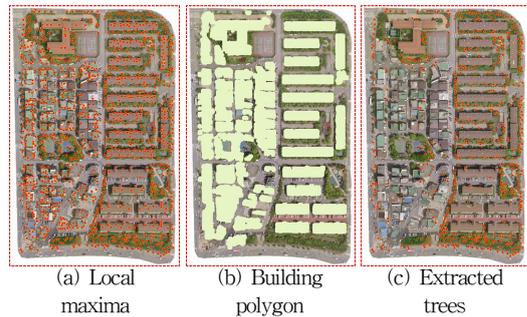
건물을 추출하기 위하여 도로를 기준으로 분류하였으며 분류된 지역을 대상으로 높이값과 넓이값을 기준으로 한 방법과 평면의 방정식을 기준으로 한 방법을 적용하여 건물점을 추출하였다. 추출된 건물점에서는 건물높이와 비슷한 수목과 라이다 자료취득시 건물에 반사된 점이 건물로 오추출되었다. 특히 주택단지의 수목 밀집지역이 건물로 추출되는 현상이 발생하였다. Fig. 6의 (a)는 도로를 기준으로 추출한 건물점이며 Fig. 6의 (b)는 오추출된 건물점을 나타낸다.



[Fig. 6] Building area

### 4.4 수목추출 및 건물제거

Fig. 7은 국지적 최대값 필터링으로 수목을 추출하고 수목점과 건물영역의 중첩부분을 제거하여 최종적으로 수목을 추출한 결과를 나타낸다. Fig. 7의 (a)는 NDSM을 입력자료로 하여 국지적 최대값 필터링을 사용한 결과를 나타내며 Fig. 7의 (b)는 추출된 건물점을 폴리곤으로 나타낸 것이며 Fig. 7의 (c)는 Fig. 7의 (a)와 Fig. 7의 (b)를 중첩하여 제거한 최종수목을 나타낸다.



[Fig. 7] Result of tree extraction

### 4.5 실험 결과분석

Overwatch사의 LIDAR Analyst와 비교함으로써 본 연구에서 제안한 자동화방안을 검증하였다. 입력자료는 지면과 비지면이 존재하는 라이다 자료를 이용하였으며 LIDAR Analyst와 본 연구에서 개발한 자동화 모델을 이용하여 자료처리를 수행하였다. 분석결과의 비교를 위하여 정사영상을 이용하여 수작업을 통하여 추출한 수목의 개수를 참값으로 설정하고 LIDAR Analyst로 추출한 수목과 본 연구에서 개발한 자동화 모델을 통해서 추출한 수목의 결과를 비교하였다.

Fig. 8의 (a)는 본 연구에서 제안한 결과를 나타내며 Fig. 8의 (b)는 정사영상을 이용한 검증자료를, Fig. 8의 (c)는 LIDAR Analyst의 결과를 나타낸다. Table 1과 같이 검증자료의 수목 개수는 총 727그루이며 LIDAR Analyst로 추출한 수목은 총 407그루로 나타났다. 하지만 수목에 대한 위치 확인 결과 24그루의 오추출이 나타남으로서 52.68%의 수목을 추출하였다. 하지만 본 연구에서 제안한 방법의 결과는 오추출된 수목을 제거하여 455그루로 62.59%의 수목을 추출하였다.

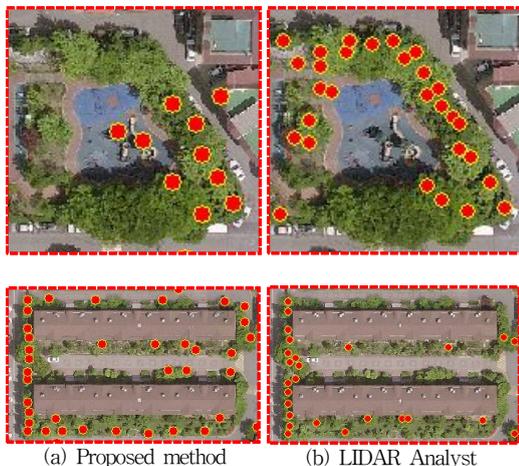
[Table 1] Comparison of extracted trees

	Total	Trees extraction	Error	Extraction rate(%)
Reference data	727	727	-	-
Proposed method	455	494	39	62.59
LIDAR Analyst	383	407	24	52.68



[Fig. 8] Comparative analysis of the results

본 연구에서 제안한 방법과 상용소프트웨어를 비교하여 분석한 결과 건물 인근에 식재되어있는 수목의 추출 여부에서 차이가 발생하였다. Fig. 9와 같이 LIDAR Analyst의 경우 수목밀집지역 중 일부 지역에서 추출율이 상대적으로 높았다. 그러나 본 연구에서 제안한 방법은 건물 주변의 수목과 가로수의 추출율이 높았으며 수목밀집지역의 일부 지역에서 수목 추출율이 상대적으로 낮았다.



[Fig. 9] Trees area

## 5. 결론

본 연구에서는 항공 라이다 자료를 이용하여 수목을 자동으로 추출할 수 있는 전체적인 모델을 생성하였으며 이를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 항공 라이다 자료를 이용하여 수목을 추출하는 기존의 연구를 보완하여 자동으로 수목을 추출하는 전체적인 모델을 구현하였다.

둘째, 수목을 자동으로 추출하는 모델을 구현하기 위해서 NDSM을 입력자료로 국지적 최대값 필터링을 적용하였으며 최대수관폭에서 최소수관폭으로 줄여가면서 자료처리를 수행하여 수목을 추출할 수 있었다.

셋째, 상용소프트웨어인 LIDAR Analyst와 본 연구에서 제안한 방법의 결과를 비교분석하였으며 그 결과 LIDAR Analyst는 52.68%, 본 연구에서 제안한 방법은 62.59%의 추출율을 보였으며 수목을 추출하는 측면에서 본 연구에서 제안한 방법이 높은 결과를 나타내었다.

향후 수목의 밀집지역에 대한 추출율을 높이며 수목을 효율적으로 구축할 수 있는 데이터베이스를 구현할 필요가 있다.

## References

- [1] B. Straub, "Automatic Extraction of Tree from Aerial Images and Surface Models", ISPRS Archives, Vol. XXXIV, Part. 3/W9, pp. 157-164, 2003.
- [2] F. Faßnacht, "Erstellung eines LIDAR-Moduls für ArcMap anhand von VBA & ArcObjects", Im Studiengang Forstwissenschaften der Fakultät für Forst-und Umweltwissenschaften an der Universität Freiburg, 2009.
- [3] S. J. Lee, "An Automated Method of Tree Extraction from Aerial LIDAR Data", Namseoul University, Master Thesis, 2013.
- [4] D. Y. Cho, "Extraction of Ground Objects Information Using Airborne LIDAR Data, Namseoul University, Master Thesis, 2012.
- [5] A. Habib, Y. Chang, D. Lee, "Occlusion-based Methodology for the Classification of Lidar Data", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 75, No. 6, pp. 703-712, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14358/PERS.75.6.703>
- [6] E. M. Kim, D. Y. Cho, "Comprehensive Comparisons

among LIDAR Filtering Algorithms for the Classification of Ground and Non-ground Points”, Korean Journal of Geomatics, Vol. 30, No. 1, pp. 39-48, 2012.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2012.30.1.039>

- [7] Y. W. Choi, N. I. Choi, J. W. Lee, G. S. Cho, “Accuracy Assessment of Ground Information Extracting Method from LiDAR Data”, Journal of The Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 14, No. 4, pp. 19-24, 2006.
- [8] D. Y. Cho, E. M. Kim, “Extraction of Spatial Information of Tree Using LIDAR Data in Urban Area”, Journal of The Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 18, No. 4, pp. 11-20, 2010.

**김 의 명(Eui-Myoung Kim)**

[정회원]



- 1996년 2월 : 국립경상대학교 도시공학과 졸업 (공학석사)
- 2000년 8월 : 연세대학교 토목공학과 졸업 (공학박사)
- 2000년 8월 ~ 2002년 8월 : 한국건설기술연구원 선임연구원
- 2003년 6월 ~ 2005년 6월 : University of Calgary 박사후연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 GIS공학과 부교수

<관심분야>

위성 및 항공사진 측량, 라이다 자료처리, GIS 소프트웨어 개발

**이 수 지(Su-Jee Lee)**

[정회원]



- 2012년 2월 : 남서울대학교 GIS공학과 (공학사)
- 2014년 2월 : 남서울대학교 대학원 지리정보공학과 (공학석사)

<관심분야>

GIS, 라이다

**박 진 이(Jin-Yi Park)**

[정회원]



- 2013년 2월 : 남서울대학교 GIS공학과 (공학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 대학원 지리정보공학과 (석사과정)

<관심분야>

GIS, 라이다