

(사)산림경영정보학회

ZOOM 온라인

<https://zoom.us/j/94900266244?pwd=eC9GQW5yOXo3TGpRblNNMzM0MXA0QT09>

학술연구논문 구두발표

<2022년 2월 10일, ZOOM 온라인>

좌장 : 김현준 교수(전남대학교)

- | | |
|---|-------------|
| O-0043. 딥러닝을 활용한 산림복원대상지 탐지
- 손은희*, 김형호, 하의린(경상국립대학교) | 13:45~14:00 |
| O-0097. 머신러닝 Stacking ensemble을 이용한 토지피복 분류
- 이용규*, 심우담, 이정수(강원대학교) | 14:00~14:15 |
| O-0111. 산불연료관리 우선지역 선정방법에 대한 연구
- 이선주*, 김성용, 권춘근(국립산림과학원), 이영진(공주대학교) | 14:15~14:30 |
| O-0116. 위성영상 기반 산불피해지 탐지 정확도 비교 연구
- 정건휘*, 류지연, 권경원, 박주원(경북대학교) | 14:30~14:45 |
| 휴 식 | 14:45~15:00 |
| O-0152. 후박나무 인공림 숙아베기 및 가지치기 시업에 따른
입목형질등급 평가
- 김현수*, 이광수, 정수영(국립산림과학원) | 15:00~15:15 |
| O-0231. 디지털 기반 가리산 선도산림경영단지의 산림자원정보 구축
- 강진택*, 고치웅, 임종수, 유중원, 문가현(국립산림과학원) | 15:15~15:30 |
| O-0232. 라이다 스캔 빈도별 임목의 수고 및 흉고직경
취득 데이터 정확성 비교
- 고치웅*, 강진택, 박정묵, 임종수(국립산림과학원) | 15:30~15:45 |
| O-0020. 북한 산림복구 전투 10개년(2015년~2024년) 사업에 대한 분석
- 정성학*(경북대학교), 박주원, 박상준(경북대학교) | 15:45~16:00 |

※ 발표(10분) 및 질의(5분) 시간을 엄수하여 주시기 바랍니다.

딥러닝을 활용한 산림복원대상지 탐지

김형호, 하의린, 손은희*

(경상국립대학교 산림환경자원학과(농업생명과학연구원))

Detection of forest restoration target sites using deep learning

Hyungho Kim, Ui Rin Ha, Eun Hee Son*

(Department of Forest Environmental Resources, Gyeongsang National University

(Institute of Agriculture & Life Science))

요약: 세계적으로 매년 우리나라 산림면적의 2배에 달하는 1,300만ha가 전용되거나 황폐화가 진행되고 있으며(FAO, 2006), 국내 산림훼손 면적도 매년 증가하고 있다(산림청, 2021). 이에 따라 최근 산림청은 복원개념의 산림사업을 도입하고 있으나, 복원대상지는 규모가 다양하고 패턴화되어 있지 않아 현황 파악이 어려운 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 딥러닝 모델 중 이미지 분석에 우수한 성능을 보여주는 합성곱 신경망(Convolutional neural network)을 이용하여 항공사진 상의 산림복원대상지를 탐지하였다. 먼저 2014~2015년에 촬영된 강원도 지역의 항공사진을 이용해 학습 및 테스트 자료를 구축하고, 합성곱 신경망 모델을 학습시켰다. 그 결과 구축한 자료로 학습시킨 합성곱 신경망 모델은 모델성능 평가에서 높은 정확도를 보였다.

Abstract: Globally, 13 million ha, which is twice the forest area of Korea, is being diverted or devastated every year (FAO, 2006). The area of forest damage in Korea is also increasing every year (Korea Forest Service, 2021). Accordingly, the Korea Forest Service has recently introduced a forest project with the concept of restoration, but it is difficult to grasp the current status because the restoration target site is diverse and not patterned. In this study, forest restoration targets on aerial photographs were detected using convolutional neural network(CNN) that show excellent performance in image analysis among deep learning models. First, learning and test data were constructed using aerial photographs of Gangwon-do taken between 2014 and 2015, and a CNN model was learned. As a result, the performance evaluation of the CNN model learned with the constructed data showed high accuracy.

사사: 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 스마트 산림경영 혁신성장 기술개발사업(2021358B10-2123-BD01)의 지원에 의해 이루어진 것임.

머신러닝 Stacking ensemble을 이용한 토지피복 분류

이용규*, 심우담, 이정수
(강원대학교 산림경영학과)

Machine Learning-based Stacking Ensemble Application Study
for Land Cover Classification

Yong-kyu Lee*, Woo-dam Sim, Jung-Soo Lee
(Department of Forest Management, Kangwon National University)

요약: 본 연구는 머신러닝 기반의 Stacking ensemble 알고리즘을 이용하여 토지피복분류 자동화 맵핑 모델 개발을 목적으로 하였다. 모델 구축을 위한 데이터세트는 생육기의 RapidEye 위성영상과 수치지형도의 등고선, 환경부 토지피복도를 사용하였다. 입력변수는 RapidEye의 Spectral값 5개와 주 성분분석 기반의 질감값(PCA1-GLCM) 8개, 지형인자(고도, 경사) 2개를 구축하였다. 라벨자료는 환경부 토지피복도를 이용하였으며, 세분류토지피복정보를 IPCC 기준에 따라 5개 범주로 재분류하여 데이터세트를 구축하였다. Stacking ensemble은 여러 개의 머신러닝 모델을 구축하고 도출된 결과를 다시 머신러닝 학습에 이용하는 앙상블 기법이다. 본 연구에서는 4개의 Light GBM 모델을 구축하고 각 결과를 Light GBM 모델 구축에 활용하여 최종 분류 결과를 도출하였다. 또한, 개별 Light GBM 모델의 토지피복분류결과와 Stacking ensemble 모델의 토지피복분류결과는 재분류된 환경부 토지피복도와 비교하여 적합성을 평가하였다. 적합성 평가 결과, 개별 Light GBM 모델의 전체정확도는 88.45%, 88.46%, 88.35%, 88.44%이며, 카파계수는 73.00%, 73.02%, 72.79%, 72.98%으로 산출되었다. Stacking ensemble 모델의 전체 정확도는 88.57%, 카파계수는 73.11%으로 산출되어 개별 모델의 평균 값보다 전체정확도가 0.14%, 카파계수가 0.16% 높았다. 또한, 토지피복분류결과를 맵핑하여 검토한 결과, 각 개별 모델에서 나타난 산탄잡음 형태의 노이즈가 감소하여 토지피복분류 성능이 증가한 것으로 판단된다. 본 연구는 기존의 다양한 머신러닝 및 딥러닝 모델 개발을 통해 도출된 결과를 활용하고 개선하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: The purpose of this study was to apply the machine learning-based stacking ensemble algorithm to land cover classification. The dataset for model construction used the RapidEye satellite image of the growing season, the contour of the digital topographic map, and the land cover map provided by the Ministry of Environment of the Republic of Korea. The label data used the land cover map, and a dataset was constructed by reclassifying it into 5 categories according to IPCC. Stacking ensemble is an ensemble technique that builds multiple machine learning models and inputs the derived results back into another machine learning model. In this study, four Light GBM models were constructed and each result was used to construct the Light GBM model to derive the final classification results. In addition, the land cover classification results of individual Light GBM models and the land cover classification results of the Stacking ensemble model were compared with the reclassified land cover map. As a result of comparison with land cover map, the overall accuracy of individual Light GBM models was 88.45%, 88.46%, 88.35%, and 88.44%, and the kappa coefficients was 73.00%, 73.02%, 72.79%, and 72.98%. In the case of the stacking ensemble model, the overall accuracy was 88.57% and the kappa coefficient was 73.11%, so the overall accuracy was 0.14% and the kappa coefficient was 0.16% higher than the average value of the individual models. This study is expected to be used to utilize and improve the results derived through the development of various existing machine learning and deep learning models.

사사: 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2021359B10-2223-BD01)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

산불연료관리 우선지역 선정방법에 대한 연구

이선주^{1*}, 김성용¹, 권춘근¹, 이영진²(¹국립산림과학원 산불산사태연구과, ²공주대학교 산림학과)

A Study on the Method of Priority Area base on Forest Fire Fuel Management

Sun Joo Lee^{1*}, Sung Yong Kim¹, Chun Geun Kwon¹, Young Jin Lee²(¹Division of Forest Fire and Landslide, National Institute of Forest Science,²Department of Forest Science, Konju National University)

요약: 본 연구는 강원도를 대상으로 대형산불 확산을 방지하기 위한 연료관리 우선지역을 선정하기 위해 수행하였다. 연료관리 우선지역 선정을 위해 개발한 산불연료예측모델을 이용하여 국외 연구결과(Cruz, 2004)에서 제시한 수관화 확산 최소 수관연료밀도(0.065kg/m^3)를 기준으로 수관화 확산방지를 위한 적정 임분밀도를 추정하였으며, 이때 제거 임목 본수가 많은 순으로 심각(상위 0~10%), 경계(상위 10~30%)로 구분하였다. 산불발생·피해위험, 산불연료량을 모두 반영하고자 산불취약지도 내 위험등급(A,B)와 산불연료예측모델 기반 위험등급(심각,경계)을 각각 중첩하여 최종 연료관리 우선지역을 선정하였다. 연료관리 우선지역을 심각(1순위), 경계(2순위)로 구분하여 선정한 결과, 현재 심각 면적은 3,711ha으로 전체 1.6%를 차지하고, 경계 면적은 9,756ha으로 전체 4.2%를 차지하였다. 10년 후 예측한 결과, 심각 면적은 7,842ha으로 전체 3.4%를 차지하고 경계 면적은 15,230ha으로 전체 6.5%를 차지하는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 연료저감 사업 대상지 선정에 있어 우선순위로 고려하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

Abstract: This study was conducted to select the priority area for forest fire fuel management to prevent the spread of large forest fires in Gangwon Province. In order to select fuel management priority areas, the forest density of forest fire fuel was estimated based on the minimum crown fuel density(0.065kg/m^3). It was divided into serious(0~10%) and alert(10~30%) in descending order of the number of trees that had to be removed. In order to reflect the risk of wildfire, damage, and amount of fuel, the priority areas for fuel management were selected by overlapping the vulnerable levels(A, B) and the risk levels(serious and alert) respectively. As a result of selecting the fuel management priority area by dividing it into serious (1st order) and alert (2nd order), the serious area was 3,711ha, 1.6%, and the alert area was 9,756ha, 4.2%. Ten years later, the serious area was 7,842ha, 3.4%, and the alert area was 15,230ha, 6.5%. The results of this study are judged to be helpful in considering the priority in selecting a target site for fuel reduction projects.

Keywords: forest fire fuel load, forest management, fire vulnerable

위성영상 기반 산불피해지 탐지 정확도 비교 연구

정건휘*, 류지연, 권경원, 박주원
(경북대학교 임학과)

A Comparative Study on the Accuracy of the Detecting forest-fire damaged area Based on Satellite image

Geonhwi Jung*, Jiyeon Ryu, Gyeongwon Kwon, Joowon Park
(Department of Forestry, Kyungpook National University)

요약: 기후변화, 토지 전용으로 인해 범지구적으로 산불피해가 발생하고 있으며 우리나라는 대규모 산불피해빈도가 증가하고 있다. 산불피해지 탐지를 위해 위성영상, UAV 영상을 활용한 연구가 진행되었으나 대상지 특성에 따라 산불피해지 탐지 정확도가 일정하지 않고 2025년 차세대 중형위성 4호(농림위성)가 발사됨에 따라 위성영상 기반 산불피해지 탐지 기법 간 정확도 비교 및 재검토가 필요한 시점이다. 이에 본 연구는 차세대 중형위성 4호와 유사한 스펙을 가진 Rapideye 영상을 활용하여 2016~2019년 발생한 236개 산불피해지를 대상으로 산불피해지 탐지 기법 간 정확도를 비교하였다. 산불피해지 탐지 기법은 최대우도법(Maximum Likelihood Classification; MLC), 서포트 벡터머신(Support Vector Machine; SVM), 랜덤 포레스트(Random Forest; RF), 딥러닝(Deep-learning)의 4가지를 활용하였다. 모델 구성 시, 학습자료 유형(Wall-to-Wall, Systematic), 학습데이터 비율(100%, 80%), 기법별 파라미터 조합에 따라 MLC 기법은 2개 모델, SVM 기법과 RF 기법은 각각 20개, 딥러닝 기법은 48개 모델을 적용 및 비교하였다. 탐지 결과에 대한 정확도 평가는 분광특성을 고려하여 작성한 분류지도와의 비교를 통해 산출한 Kappa Coefficient와 Overall Accuracy로 실시하였다. 산불피해지 탐지를 위한 분류기법 간 비교 결과, MLC 기법이 SVM, RF, 딥러닝 기법에 비해 상대적으로 높은 정확도를 보였다. MLC 기법은 wall-to-wall 학습형은 평균 OA가 약 76%, \hat{K} 은 평균 0.5 이상으로 나타났으며, systematic 학습형은 평균 OA가 약 86%, \hat{K} 은 평균 0.7 이상으로 나타났다. 딥러닝 기법은 평균 OA가 약 64%로 나타나 MLC 기법보다는 분류 정확도가 상대적으로 낮지만 추후 딥러닝 학습자료의 추가와 모델 파라미터 조절을 통해 분류 정확도 향상을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract: Due to climate change and deforestation, forest-fire is occurring globally and the frequency of large-scale forest-fire is increasing in Korea. The analysis of detecting forest-fire damaged area has been performed based on satellite and UAV imagery, but the accuracy of detecting forest-fire damaged area was not constant. As the CAS500-4(Compact Advanced Satellite 500-4) is scheduled to be launched in 2025, it is necessary to compare and examine the accuracy between methods for detecting forest-fire damaged area based on satellite imagery. Therefore, this study compared the accuracy between the detection methods of forest-fire damaged area using Rapideye images with similar specifications to CAS500-4 for 236 forest-fire area that occurred between 2016 and 2019. Four types of detecting forest-fire damaged area methods were used: Maximum Likelihood Classification (MLC), Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), and Deep-learning. When constructing the model depending on the type of learning material (Wall-to-Wall, Systematic), training data ratio (100%, 80%), and parameter combination for each method, MLC method has 2 models, SVM and RF methods have 20 models each and for the Deep-learning method, 48 models were applied and compared. The accuracy assessment of detection was performed by calculating the Kappa coefficient and overall accuracy through comparison with generated map by human considering and spectral characteristics based on band combination. As a result of comparison between four methods for detecting forest-fire damaged area, the MLC method showed relatively high accuracy

compared to the SVM, RF, and deep learning methods. Among the model that applied MLC method, the overall accuracy of the wall-to-wall learning type model was about 76% and the Kappa coefficient was about 0.5 or higher. And the overall accuracy of the systematic learning type model was about 86% and Kappa coefficient was about 0.7 or higher. The deep learning method has an average OA of about 64%, so the classification accuracy is relatively lower than that of the MLC method, but it is expected that the classification accuracy can be improved by adding training data and adjusting model parameters in the future.

사사: 본 연구는 국립산림과학원(FM0103-2021-02), 한국임업진흥원(2019149C10-2223-0301)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

Keywords: *Forest-fire, Classification, Satellite imagery, Machine learning*

후박나무 인공림 솜아베기 및 가지치기 시업에 따른 입목형질등급 평가

김현수*, 이광수, 정수영
(국립산림과학원 난대아열대산림연구소)

Evaluation of Standing Tree Characteristics by Thinning and Pruning of the Planted *Machilus thunbergii* Stands

Hyun Soo Kim*, Kwang Soo Lee, Su Young Jung

(Warm Temperate and Subtropical Forest Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 본 연구는 기후변화에 대응하여 난대상록활엽수의 자원화를 목적으로 1차 솜아베기 및 가지치기를 시행한 후박나무 인공림에 대한 입목형질등급을 평가하였다. 처리구별 가지발달 특성을 분석한 결과, 지하고의 경우 가지치기 처리구(6.3m)가 대조구(4.4m)에 비해 유의미하게 높은 것으로 나타났으며($p<0.05$), 고사지 높이도 가지치기 처리구(5.8m)가 대조구(3.8m)에 비해 유의미하게 높은 것으로 분석되었다($p<0.05$). 시간의 흐름에 따른 지하고 높이는 가지치기 처리구와 대조구 모두 유의적 차이가 없었다($p>0.05$). 활엽수 입목형질등급 기준에 따른 처리구별 입목등급 분류 결과, 가지치기 처리구에서 1등급 43.8%, 2등급 32.3%, 3등급 20.0% 및 4등급 3.8%로 분류되었다. 대조구의 경우 1등급 7.5%, 2등급 38.3%, 3등급 45.8%, 4등급 8.4%로 분류되어 후박나무의 품질개선 및 이용률 증대를 위해 가지치기 시업이 필요한 것으로 판단된다.

Abstract: In order to develop the resources of evergreen broad-leaved trees, in this study we evaluated standing tree characteristics at artificial forests of *Machilus thunbergii* that completed the first thinning and pruning in response to climate change. As a result of state of branch by treatments, in the case of clear length, the pruning plot(6.3m) was significantly higher than the control plot(4.4m), and in the case of the dead branch height, the pruning plot(5.8m) was significantly higher than the control plot(3.8m)($p<0.05$). The clear length was no significant difference in both pruning and control plots by time flows($p>0.05$). As a result of the classification of standing trees by treatment according to the broad-leaved trees standing tree characteristics, it was classified as 43.8% in the first grade, 32.3% in the second grade, 20.0% in the third grade, and 3.8% in the fourth grade in pruning plot. In the case of control plot, it was classified as 7.5% in the first grade, 38.3% in the second grade, 45.8% in the third grade, and 8.4% in the fourth grade, it is necessary to prune to improve the quality and increase the timber utilization rate of *Machilus thunbergii*.

디지털 기반 가리산 선도산림경영단지의 산림자원정보 구축

강진택*, 고치용, 임종수, 유중원, 문가현
(국립산림과학원 산림ICT연구센터)

Construction of Forest Resources Information based on Digital in Leading Forest Management Complex, Mt. Ga-ri

Jin-Taek Kang*, Chiung Ko, Jong-Su Yim, Jung-won Yoo, Ga-Hyun Moon
(Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 디지털 산림자원정보 구축의 정확성과 효율성을 개선하기 위하여 홍천 가리산 선도산림경영단지를 대상으로, 국가산림자원조사 표본점과 같이 표본조사구(반경 16.0m, 0.08ha)를 설치하여 조사방법(고정형 라이더, 이동형 라이더, 드론 라이더, 헬기 라이더, 인력조사) 수종(소나무, 잣나무, 낙엽송) 및 밀도(소, 중, 밀)별 개체목의 정확성(수고, 흉고직경)과 조사 효율성(조사시간, 투입인력)을 분석하였다. 분석결과, 수고의 정확성 비교에서는 고정형 라이더 > 이동형 라이더 > 사람 > 드론 라이더 > 헬기 라이더 순으로 나타났으며, 흉고직경값 비교에서는 인력조사 > 고정형 > 이동형 > 드론 > 헬기 순으로 나타났다. 수종 및 밀도별 조사 시간은 이동형 라이더 16.2분 > 헬기 라이더 20.0분 > 드론 라이더 22.0분 > 인력조사 43.2분 > 고정형 라이더 107.2분 순으로 나타났다. 또한, 1인당 평균 조사면적은 이동형 라이더 50.0m²/분 > 헬기 라이더 20.2m²/분 > 드론 라이더 18.2m²/분 > 인력조사 7.8m²/분 > 고정형 라이더 7.7m²/분 순으로 나타났다. 또한, 자료의 후처리 분석 시간은 고정형 라이더 214.2분 > 이동형 라이더 36.7분 > 드론 라이더 = 헬기 라이더 17.7분 순으로 나타났다.

Abstract: This study was conducted to enhance the accuracy and efficiency of digital information on forest resources. The sample plots (a 16-meter radius, 0.08 ha) were examined by using the following five methods: a terrestrial LiDAR(TL), a backpack LiDAR(BL), a drone LiDAR(DL), a helicopter LiDAR(HL), and lastly field survey(FS). Then, the accuracy of measuring a tree's Height and DBH was analyzed by both species (*Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis* and *Larix Kaempferi*) and stand density (low, moderate and high). The measurement efficiency was also assessed based on both the amount of time completing all processes and the number of surveyor needed. The results indicated that, regarding the accuracy of measuring height, it was the TL that showed the highest accuracy, followed by the BL, the FS, the DL and the HL. On the other hand, the comparison result of DBH showed that the FS was most accurate, followed by the TL, the BL, the DL and the HL. As to the efficiency by species and density, the BL was most efficient at 16.2 minutes, followed by the HL (20.0 minutes), the DL (22.0 minutes), the FS (43.2 minutes), and the TL (107.2 minutes). In addition, it was revealed from the comparison of the measurement area per minute that the TL accounted for the biggest area (50.0 m²/minute), the HL (20.2 m²/minute), the DL (18.2 m²/minute), the FS (7.8 m²/minute), and the TL (7.7 m²/minute). Lastly, the result of the amount of time on completing processes in an office indicated that both the DL and the HL showed the shortest (17.7 minutes) while the BL and the TL took 36.7 and 214.2 minutes, respectively.

Keywords: Forest survey, Terrestrial LiDAR, Aerial LiDAR, Cost efficient

라이다 스캔 빈도별 임목의 수고 및 흉고직경 취득 데이터 정확성 비교

고치웅*, 강진택, 박정묵, 임종수
(국립산림과학원 산림ICT연구센터)

Comparative Analysis of the Data Accuracy of Tree Height and DBH by Scanning Frequency with LiDAR

Chiung Ko*, Jin-Taek Kang, Jeong-mook Park, Jongsu YIM
(Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 라이다(모델: 고정형 라이다 RTC360, 스캔속도 200만 points/sec.) 스캔 빈도에 따른 수집되는 산림자원 정보의 정확도를 알아보기 위하여 국가산림자원조사 표본점 크기와 같이 표준지(반경 16.0m, 0.08ha)를 설치하였다. 라이다 스캔 빈도(29회, 17회, 13회, 9회)에 따른 수종(소나무, 잣나무, 낙엽송) 및 밀도(소, 중, 밀)별로 취득한 임목의 수고 및 흉고직경값을 비교 분석하였다. 라이다 최대 스캔 횟수 29회를 기준으로 할 때, 수고 값의 차이는 전체 스캔 빈도와 평균 0.22m로 나타났으며 사람에게 의한 조사와는 평균 2.42m 차이를 보였다. 수고 측정에서는 소나무 임분밀도 “밀”의 임분을 제외하고는 평균 13회 측정 시 허용오차 내 수고 값을 취득할 수 있었다. 또한, 흉고직경은 스캔 최대 횟수 29회 기준으로 할 때, 낙엽송(소, 중, 밀)의 경우 $\pm 1\text{cm}$ 이하, 잣나무(소, 중, 밀)는 $\pm 1.5\text{cm}$ 이하로 나타났으나 경사(30°)와 하층식생이 발달한 소나무 밀에서는 $\pm 3.7\text{cm}$ 로 차이가 크게 나타났다. 본 연구를 통해 국가산림자원조사 표본점 크기의 조사에서는 적정 라이다 스캔 빈도는 13회로 산림조사 허용오차 내 데이터를 취득 가능한 것으로 나타났다.

Abstract: This study was conducted to assess the accuracy of information on forest resources that is collected and varying depending on the number of scanings by a terrestrial LiDAR (model: RTC360, a scanning rate: 2 million points per sec). To this end, sample plots were set according to the guidelines of national forest inventories on setting plots (a 16-meter radius, 0.08 ha). Values of a tree's height and DBH were analyzed by the number of scanings (29, 17, 13 and 9), tree species (*Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, and *Larix kaempferi*) and stand density (low, moderate and high). The results showed that, when scanned 29 times, the accuracy of height values was on average 0.22 m higher than when scanned 17, 13 and 9 times. Also, it was on average 2.42 m higher than when measured by surveyor. Moreover, all height values were acceptable when scanned on average 13 times, except for a *Pinus densiflora* forest with the high density. As for DBH values acquired from being scanned 29 times, the differences were less than 1 cm for *Larix kaempferi* (all the three levels of density), and less than 1.5 cm (all the three levels of density). On the other hand, however, in a highly dense *Pinus densiflora* forest with much vegetation and a slope of 30°, the difference was unambiguous at 3.7 cm. It can therefore be concluded in this study that data can be obtained with accuracy when scanned 13 times in sample plots with the same size as those of national forest inventories.

Keywords: LiDAR, Stand density, DBH, Height, Sampling intensity

북한 산림복구 전투 10개년(2015년~2024년) 사업에 대한 분석

정성학^{1*}, 박주원², 박상준²¹경북대학교 국토위성정보연구소, ²경북대학교 농업생명과학대학 산림과학·조경학부Analysis of 10 years of Forest Recovery Battle
in North Korea(2015~2024)

요약: 2015년에 시작된 북한의 산림복구 10개년 전투가 목표년도인 2024년까지 절반을 넘기고 3년의 기간을 남겨놓고 있다. 지난해 1월 북한은 8차 당 대회에서 경제영역 산림 분야에서 100여만 정보 산림을 조성했다고 중간 성과를 발표한 바 있다. 이에 위성영상자료를 이용하여 지난 6년간 북한 산림복구 사업 실태를 추적해보았다. 자료는 미국 USGS에서 운영하는 웹사이트(EarthExplorer)에서 내려받은 것으로 Land Cover 자료인 MCD12Q1의 IGBP Product(해상도 500m)를 활용하여 2001년~2020년까지 연도별로 산림변화 실태를 분석하였다. 연도별 자료는 각기 타일 3장을 모자이크 처리한 다음, 좌표변환, 분류항목 조정 및 북한지역 적출 등 과정을 거쳤고, 산림지역 변화분석(Post-classification Comparison)과 그래프 및 산술 비교분석을 실시하였다. 연구 결과, 북한 산림은 지난 6년간 연평균 0.5%씩 (25,080 ha/년) 늘어나는 것으로 나타났다. 산림녹화 실적은 어린 묘목과 치수림 등을 포함하여 56만9천여 ha로 파악되었으며, 북한이 발표한 100여만 정보(약 99만2천여 ha)에 못 미치는 60% 미만 수준에 그쳤다. 산림복구 전투가 끝나는 2024년에는 북한 산림면적이 582만7천여 ha로 늘어날 것으로 산술 추산된다. 한편, 2020년도 북한 산림 황폐지를 분석한 결과는 경사 15도 이상 지역에서 152만 7천여 ha로 파악되었고, 이는 전년도인 2019년보다 황폐지 면적이 4만8천여 ha가 줄어든 것이다(감소율 -3.0%). 그간 산림복구 노력으로 북한 산림환경이 일부 개선되는 징후가 정량적으로 밝혀지고 있어 긍정적이고 고무적인 것으로 평가된다. 하지만, 갈 길은 아직 멀어 보인다. 이러한 수십 년간의 토지이용 변화분석에는 중·저해상 영상으로 연도별 글로벌 분석을 실시하고, 고해상도로 지역별 상세분석을 함으로써 해상도별 장점을 취합하는 겸용방법이 권장된다. 한편 북한 산림황폐지 관련, 무림목지·개간산지·암반/나지도 모두 감소하였는데, 이에 대한 20년간 연도별 상세 변화동향 분석결과는 추후 발표를 위해 별도 준비 중이다.

Abstract: North Korea's 10-year forest restoration battle, which began in 2015, has more than half of its target year, 2024, with three years left. In January 2021, North Korea announced interim results that it had created about one million ha forests in terms of economic performance at the Eighth Party Congress. Accordingly, the situation of forest recovery projects in North Korea over the past six years was tracked using satellite imagery. The data were downloaded from the EarthExplorer website operated by the U. S. Geological Survey (USGS). Using the IGBP product (resolution 500 m) of MCD12Q1, the land cover data, the status of forest changes by year from 2001 to 2020 was analyzed. For annual data, three tiles were mosaic, and then coordinate conversion, class items adjustment, and study area extraction were performed. Post-classification comparison method for change detection and arithmetic comparison analysis were also conducted. As a result of the study, North Korean forests have increased by 0.5 % annually (25,080 ha /year) over the past six years. Forest restoration performance was identified as 568,820 ha, including young seedlings, and was only less than 60% of the one million ha announced by North Korea. In 2024, when the forest restoration battle ends, it is estimated that the forest area in North Korea will increase to 5,826,672 ha. Meanwhile, the analysis also showed that devastated forestlands were found to be 1,526,573 ha in areas with a slope of 15 degrees or higher, down 47,933 ha from 2019, the previous year, which means -3.0% decrease. It is evaluated as positive and encouraging as some signs of improvement in the forest environments in North Korea have been quantitatively revealed through forest restoration efforts. However, it seems that there is still a long way to go. For decades of land use change analysis as described here, a combined method of collecting advantages by resolution by conducting global analysis by year with medium and low-resolution images and detailed analysis by region with high-resolution images is recommended.

P-0114. 산불통계자료를 이용한 산불조심기간 추정 연구

- 이선주*, 김성용, 권춘근(국립산림과학원), 이영진(공주대학교)

P-0235. 국가산림자원조사 자료 및 국가고유계수를 이용한 고사목의 탄소저장량 평가

- 문가현*, 임종수, 강진택(국립산림과학원)

산불통계자료를 이용한 산불조심기간 추정 연구

이선주^{1*}, 김성용¹, 권춘근¹, 이영진²

(¹국립산림과학원 산불·산사태연구과, ²공주대학교 산림학과)

Estimation of the Fire Precautionary Period Based on Statistical Data

Sun Joo Lee^{1*}, Sung Yong Kim¹, Chun Geun Kwon¹, Young Jin Lee²

(¹Division of Forest Disaster Management, National Institute,

² Department of Forest Science, Konju National University)

요약: 본 연구는 40년간 축적된 산불통계대장을 바탕으로 산불발생 추이분석을 통해 효율적인 산불관리를 위한 산불조심기간을 추정하고자 하였다. 본 연구결과, 산불조심기간 내 발생한 산불 건수는 1990년대 평균 304.6건에서 최근 5년(2017~2021) 평균 417.0건으로 약 1.4배 증가하는 추세를 보이고 있다. 산불조심기간 외 발생한 산불 건수 또한 1990년대 평균 58.8건에서 최근 5년 평균 149.0건으로 약 2.5배 증가하는 추세를 보였으며, 특히 가을철 산불조심기간 이외(12.15~1.31)에 산불발생 비율은 전체 산불의 8.5%에서 최근 5년 11.1%로 꾸준히 증가하는 추세를 보였다. 가을철 산불조심기간 내 일 평균 산불 발생 건수인 0.68건을 최소 산불 발생 건수로 정해 그보다 높은 일 평균 발생 건수를 보인 기간을 위험기간으로 간주하여 분석한 결과, 봄철 산불조심기간은 약 45일이 확장된 1월1일~5월 30일로 나타났다. 가을철 산불조심기간은 11월 16일~12월 31일로 시작과 종료일은 늦춰졌지만 동일한 일수를 보였다. 본 연구결과는 산불발생 특성을 분석한 자료로서 산불예방정책 마련에 도움을 줄 것으로 판단된다.

Abstract: This study was intended to estimate the forest fire precaution periods for efficient management through analysis of forest fire. As a result of this study, the number of fire that occurred during the prevent forest fires period has tended to increase 1.4 times from 304.6 in the 1990s to 417.0 in the recent 5years(2017-2020). Also, the number of fire that occurred outside the prevent forest fires period tended to increase 2.5 times from 58.8 in the 1990s to 149.0 in the recent 5years. The proportion of forest fires occurring between 12.15 and 1.31 outside the forest fire precaution periods in autumn has steadily increased from 8.5% to 11.1% in the recent 5years. Especially, except during the autumn prevent forest fires period(12.15 to 1.31), the fire incidence rate has been steadily increasing from 8.5% for all wildfires to 11.1% for the last five years. The average number of forest fires per day during the autumn forest fire precaution periods is defined as the critical value of the minimum number of forest fires, and the period indicating the average number of forest fires per day is considered a dangerous period. As a result, the spring forest fire precaution periods was extended by about 45 days from January 1 to May 30, and the autumn forest fire precaution periods was the same as the start and end dates from November 16 to December 31. This results from this study are expected to serve as statistical evidence for readjustment of forest fire precaution period in South Korea.

Keyword: forest fire, forest fire precaution periods, forest fire prevention policies

국가산림자원조사 자료 및 국가고유계수를 이용한 고사목의 탄소저장량 평가

문가현*, 임종수, 강진택
(국립산림과학원 산림ICT연구센터)

Assessment on Carbon Stocks of Coarse Woody Debris in National Forest Inventory and National Emission Factor

Ga-Hyun Moon*, Jong-Su Yim, Jin-Taek Kang
(Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea)

요약: 국제적으로 산림의 온실가스 감축기능이 인정받음에 따라, 국가별 온실가스 인벤토리를 산정하는 것이 매우 중요해졌다. 우리나라의 경우 LULUCF 부문에서 산림의 토양 및 고사유기물에 대한 탄소배출 및 흡수량은 활동자료 미구축으로 인해 산정되지 못하고 있다. 따라서 온실가스 통계의 완전성을 확보하기 위해서는 토양 및 고사유기물의 탄소저장량에 대한 활동자료와 국가고유계수의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 국가산림자원조사 자료를 통하여 고사량 통계를 생산하고, 국가고유계수를 활용하여 고사목의 탄소저장량을 평가하였다. 그 결과 제7차 국가산림자원조사 자료의 고사목 조사가 수행된 1,903개 고정표본점 자료를 대상으로 파악한 2020년 기준 고사량은 $14.83 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 로 나타났으며, 국가고유계수를 활용하여 산정한 고사목의 탄소저장량은 $1.86 \text{ tonC ha}^{-1}$ 로 분석되었다. 시범 연구의 결과는 온실가스 통계로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

Abstract: Increasing emphasis has been put on the assessment of greenhouse gas (GHG) inventory in the forestry, as the role of forest in reducing GHG becomes globally recognized. In South Korea, however, there has been little assessment of both the amount of carbon emission and carbon stocks for soil and coarse woody debris (CWD) in forest in the LULUCF sector due to no availability of activity data. For the statistical completeness of GHG, it is necessary to establish activity data for carbon stocks for the two variables and develop national emission factors. This study utilized data from national forest inventories (NFI) to produce a statistic of CWD. Then, carbon stocks for CWD were estimated by using the national emission factors. The findings showed that the volume of CWD was $14.83 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ as of 2020 when 1,903 permanent plots were examined to assess the volume of CWD in the 7th NFI. Also, carbon stocks for CWD estimated by employing the national emission factor were $1.86 \text{ tonC ha}^{-1}$. It is expected that this study will be utilized as fundamental GHG data.

사사: 본 연구는 국립산림과학원 일반과제 (산림자원 순환경제를 위한 산림자원 통계 및 정보 구축 방안 연구)의 지원에 의해 이루어진 것임.