

(사)산림경영정보학회

한국과학기술회관(B1F)

중회의실 2

2024 산림경영정보학회 정기총회 및 학술대회

일 시 : 2024년 2월 14일(수) 13:00 ~ 18:00

장 소 : 한국과학기술회관 중회의실 2

- 산림경영정보학회 정기총회 (13:00 ~ 13:40)
- 산림경영정보학회 구두발표 1 (13:40 ~ 14:40)
- 휴 식 (14:40 ~ 14:45)
- 산림경영정보학회 구두발표 2 (14:45 ~ 15:57)
- 폐 회 식 (15:57 ~ 16:00)
- 공동학술대회 포스터발표 (16:00 ~ 17:30)

학술연구논문 구두발표

한국과학기술회관(B1F) 중회의실 2

좌장 : 곽두안 교수 (국립순천대학교)

- O-0187. 산림과학기술정보 현황과 추진전략:
데이터 통합·연계·활용을 중심으로
- 이승현*, 김경민, 원명수(국립산림과학원) 13:40~13:52
- O-0037. 농림위성 활용을 위한 F-ARD 기술 개발 현황 및 계획
- 임중빈*, 이정희, 이승현, 김경민, 원명수(국립산림과학원) 13:52~14:04
- O-0190. 농림위성 미션과 개발현황: 위성과 산출물 알고리즘 개발을
중심으로
- 김경민*, 임중빈, 원명수, 이정희, 이승현(국립산림과학원) 14:04~14:16
- O-0082. 농림위성(CAS 500-4) 기반 산림자원분야 융합산출물의
분석모듈 개발
- 임종수*, 김경민, 임중빈, 박정묵, 원명수(국립산림과학원) 14:16~14:28
- O-0167. 토지피복 분류 정확도 개선을 위한 Transformer 기반의
딥러닝 모델 비교·평가
- 심우담*, 이정수(강원대학교) 14:28~14:40
- 휴 식 14:40~14:45

좌장 : 김현준 교수 (전남대학교)

- O-0201. 드론라이다 기반 최적 산림자원정보 추출 표준화 방법 개발
- 강진택*, 박정묵, 이민우, 임종수, 이선정, 서연옥, 최솔이,
원명수(국립산림과학원) 14:45~14:57
- O-0222. 스마트 간벌사업의 벌도작업에 있어서 GNSS-RTK를 활용한
간벌목 측설 정확도 및 작업시간 분석
- 조현민*, 김태형, 이정수, 박진우, 한상균(강원대학교) 14:57~15:09

학술연구논문 구두발표

- O-0068. 신규 입목수간재적표를 활용한 우리나라 주요 활엽수종의
온실가스 흡수량 추정 15:09~15:21
- 이민우*(국립산림과학원, 국립공주대학교),
고치웅, 강진택, 이선정, 임종수(국립산림과학원), 이영진(국립공주대학교)
- O-0030. 9차 반복 장기 모니터링에 따른 잣나무 인공림의 생장변화 분석 15:21~15:33
- 정상현*(강원대학교), 이대성(핀란드 자연자원연구원),
진희준, 서영완, 최정기(강원대학교)
- O-0029. 임분밀도지수를 활용한 주요 침엽수종의 임분생장량 모델
개발에 관한 연구 15:33~15:45
- 진희준*(강원대학교), 이대성(핀란드 자연자원연구원),
정상현, 최정기(강원대학교)
- O-0215. 육림업 중심 사유림 경영모델 개발을 위한 사례분석 15:45~15:57
- 손은희*, 성호진, 하의린, 김형호(경상국립대학교)

※ 발표(8분) 및 질의(4분) 시간을 엄수하여 주시기 바랍니다.

산림과학기술정보 현황과 추진전략: 데이터 통합·연계·활용을 중심으로

이승현^{1*}, 김정민¹, 원명수¹
(¹국립산림과학원 산림ICT연구센터)

Status and Strategy of Forestry Science and Technology Information: Focusing on Data Integration, Linkage, and Utilization

Seung-hyun Lee^{1*}, Kyoung-min Kim¹, Myoungsoo Won¹
(¹Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 장기간 축적되는 산림과학 빅데이터는 개별 연구자 중심의 생산 및 관리로 인해 데이터 단절과 활용성 저하의 문제를 야기하고 있다. 국립산림과학원은 영향력 있는 융복합 연구 및 확산을 목표로 추진전략을 수립하고 실행계획을 구체화하고 있다. 이에 본 연구를 통해 관련 현황과 추진전략을 발표하고자 한다. 2023년 3월부터 9월까지 연구자 설문조사를 통해 국립산림과학원의 데이터 수집, 공유 및 활용 현황을 분석하였으며, 전문가 자문회에서 타 기관 추진사례 공유를 통해 미비점을 보완하고 구체화 하여 “산림과학기술정보 공유 플랫폼 추진전략”을 수립하였다. 추진전략은 산림과학 빅데이터를 통합·연계·활용하기 위해 세 가지 측면에서 접근하였다. 데이터 수집·생산 단계에서는 데이터 전주기 관리 방안을, 공유 및 활용 단계에서는 연구 품질 강화를 위한 공통 핵심데이터 체계를 마련하였다. 또한, 산림과학기술정보 공유 플랫폼을 기반으로 수요자 중심의 데이터 제공 및 확산방안을 수립하였다. 앞으로 산림과학기술정보 공유 플랫폼을 통해 데이터가 체계적으로 관리되고, 산림정책 수립 및 연구에 새로운 인사이트를 제공할 것으로 기대된다.

Abstract: The prolonged collection of big data in forest science research is encountering issues such as data fragmentation and reduced usability, largely due to its management and production being focused on individual researchers. The National Institute of Forest Science (NIFoS) has developed strategic plans for disseminating big data and interdisciplinary research, along with concrete action plans for their implementation. This study aims to present the status and implementation strategies for big data. A research survey was conducted from March to September 2023 within the NIFoS to analyze the current status of data collection, sharing, and utilization. After that, through the expert advisory meetings, best practices from other institutions were shared to identify and address gaps, leading to the establishment of the “Forestry Science and Technology Information Sharing Platform (FSTIS) Implementation Strategy“. The strategy for integrating, linking, and utilizing forestry big data approached three key aspects. In the data collection and production phase, comprehensive lifecycle management plans for data were established. In the sharing and utilization phase, a common core data system was developed to enhance research quality. Additionally, user-oriented data provision and dissemination methods were established based on the FSTIS. It is anticipated that FSTIS will provide new insights for forest policy development and research.

사사: 본 연구는 산림청 국립산림과학원 “농림위성정보 수신·처리·ARD 표준화 및 지능형 산림정보 플랫폼 개발(과제번호: FM0103-2021-01-2024)” 과제의 일환으로 수행되었음.

농림위성 활용을 위한 F-ARD 기술 개발 현황 및 계획

임중빈^{1*}, 이정희¹, 이승현¹, 김정민¹, 원명수¹

(¹국립산림과학원 산림ICT연구센터)

Development Status and Plan for F-ARD Technology for the Utilization of Agricultural and Forestry Satellite

Joongbin Lim^{1*}, Junghee Lee¹, Seunghyun Lee¹, Kyoungmin Kim¹, MyoungSoo Won¹

(¹Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 디지털산림경영 및 관리를 위해 산림청은 농림위성을 개발하고 있다. 2025년 발사를 대비하여 국립산림과학원에서는 산림분야 활용기술을 개발하고 있다. 국립산림과학원은 농림위성을 산림분야에서 원활하게 활용하기 위해 위성영상을 전처리 하는 기술을 개발하고 있다. 위성영상 전처리는 방사보정, 기하보정, 정사보정, 대기보정, 지형보정 등이 포함된다. 국립산림과학원은 기하보정, 정사보정, 지형보정 기술을 개발하고 있으며 본 연구에서 해당 기술 개발의 현황 및 향후 계획을 발표하고자 한다. 몬순기후로 인해 우리나라는 여름철에 구름이 많이 존재한다. 이로 인해 발생하는 결측치를 보완하여 매일의 선명한 영상을 만들기 위한 F-ARD (Forest Analysis Ready Data) 기술 개발 현황 및 향후 계획을 발표하고자 한다.

Abstract: The Korea Forest Service is developing an agricultural and forestry satellite for digital forest management and administration, aiming to launch in 2025. In preparation, the National Institute of Forest Science (NIFoS) is developing various technologies for application in the forestry sector. We mainly focus on developing preprocessing technologies for efficient satellite imagery use in forestry. Preprocessing technologies include radiometric correction, geometric correction, orthorectification, atmospheric correction, and terrain correction. The NIFoS is primarily concentrating on developing geometric, ortho, and terrain correction technologies and plans to announce this research's current status and plans. Additionally, due to the monsoon climate in Korea, which leads to frequent summer cloud cover, we are working on F-ARD (Forest Analysis Ready Data) technology to address missing data issues and produce clear daily images. The current status and plans for this technology will also be announced.

사사: 본 연구는 산림청 국립산림과학원 “농림위성정보 수신·처리·ARD 표준화 및 지능형 산림정보 플랫폼 개발(과제번호: FM0103-2021-01-2024)” 과제의 일환으로 수행되었음.

농림위성 미션과 개발현황: 위성과 산출물 알고리즘 개발을 중심으로

김경민^{1*}, 임중빈¹, 원명수¹, 이정희¹, 이승현¹

(¹국립산림과학원 산림ICT연구센터)

CAS500-4 Satellite Mission and Development Status: Focusing on the development of satellites and output algorithms

Kyoung-Min KIM^{1*}, Joongbin Lim¹, MyoungSoo Won¹, Junghee Lee¹, Seunghyun Lee¹

(¹Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 차세대중형위성 4호(농림위성, CAS500-4)의 임무는 산림재해 감시와 더불어 산림자원모니터링, 접근불능지역과 해외산림관측, 농작물 작황 및 농업환경자원관측 등 산림과 농업분야 활용을 위한 광역 지구관측 영상 제공이다. 센티넬-2와 유사한 광역 전자광학 카메라를 탑재한 농림위성은 식생 분석에 효과적인 5개의 스펙트럼 대역(R, G, B, RE, NIR)을 포함하며 촬영폭 120km, 공간 해상도 5m로 한반도를 3일에 1회 주기로 재방문하여 한반도 전역 영상이 제공될 예정이다. CAS500-4 산출물 프레임워크는 4가지 레벨에 걸쳐 총 27종의 산출물로 구성되었다. Level 1은 기본 보정을 제공하고 Level 2는 정밀한 기하학적 및 대기적 보정 산출물을 제공한다. Level 3은 시공 간결측치보완처리를 통한 분석준비 데이터(ARD, Analysis Ready Data)를 도입하여 종합적인 분석을 용이하게 한다. 마지막으로 Level 4는 산림 재해, 생태계 건강, 자원 관리 등을 위하여 농림위성 뿐만 아니라 다양한 위성영상과 임학 기반의 알고리즘을 활용하여 산림과학데이터 컬렉션인 활용산출물을 제공할 예정이다. 2025년 발사 예정인 CAS500-4는 산림자원 모니터링을 통해 기후변화 이상현상을 신속하게 감지하고 필수적인 온실가스 인벤토리 데이터 생산의 기반을 제공하여 산림 빅어스데이터 생산에 크게 기여할 것으로 기대된다.

Abstract: The mission of next-generation medium satellite 4 (agricultural and forestry satellite, CAS500-4) is to provide wide-area earth observation images for forest and agricultural use, such as forest resource monitoring, inaccessible areas and overseas forest observation, crop and agricultural environmental resource observation, along with forest disaster monitoring. South Korea's CAS500-4 satellite, equipped with a wide-area electro-optical camera similar to Sentinel-2, offers a 120km swath width and 5m spatial resolution with five spectral bands (R, G, B, RE, and NIR) effective on vegetation analysis. CAS500-4 product framework comprises 27 product types across four levels. Level 1 provides basic correction, while Level 2 offers precise geometric and atmospheric correction. Level 3 introduces space-temporal gap-filled analysis-ready data (ARD), facilitating comprehensive analysis. Lastly, Level 4 provides application products for forest disaster, ecosystem health, and resource management. Scheduled to be launched in 2025, CAS500-4 promises to contribute significantly to forest Big Earth data production by swiftly detecting climate change anomalies and providing essential greenhouse gas inventory data through forest resource monitoring, revolutionizing Earth observation.

농림위성(CAS 500-4) 기반 산림자원분야 융합산출물의 분석모듈 개발

임중수^{1*}, 김정민¹, 임중빈¹, 박정묵¹, 원명수¹

(¹국립산림과학원 산림ICT연구센터)

Development of Analysis Modules in Forest Resource Sector Considering Argi-Forest Satellite(CAS 500-4)

Jongsu Yim^{1*}, Kyongmin Kim¹, Joongbin Lim¹, Jeongmook Park¹, Myoungsoo Won¹

(¹Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 본 연구는 농림위성(CAS 500-4) 자료를 활용하여 산림자원분야 융합산출물(11종)을 산출할 수 있도록 최적 알고리즘을 선정하고 이를 활용한 분석 모듈 개발 현황과 향후 추진계획을 소개하고자 한다. 산림자원분야 융합산출물은 크게 변화 탐지와 산림자원량 추정으로 구분되며, 변화탐지는 토지피복, 표준산림경계(최소 면적), 산림경영활동 및 산지훼손지 탐지, 북한 및 해외 산림변화 탐지 등의 모듈을 개발하고 있다. 산림자원량 추정부문에서는 수종 및 임상구분, 임분고 추정, 그리고 임목축적과 바이오매스 추정 모듈과 같이 5개 모듈을 개발하는 것이다. 위성기반 변화탐지와 수종/임상 구분에서는 딥러닝 기반의 CNN 방법이 가장 정확도가 높았으며, 위성의 질감자료와 지형정보의 부가자료를 활용하여 정확도가 개선된 것으로 나타났다. 임분고 모델은 향후 국토위성에서 제공하는 스테레오 영상을 적용하는 방법을 개발하고 있으며, 임목축적의 경우 분광정보의 임분고 자료를 훈련자료로 활용하는 것이 정확도가 높은 것으로 나타났다. 현재까지 개발된 분석모듈은 일부 시범대상지를 수행한 결과로 전국에 적용가능성을 검토하고, 농림위성 시스템의 환경에서 순차적이고 자동적으로 분석이 가능하도록 개별 모듈의 튜닝이 필요하다. 또한, 농림위성 대신 유사한 제원의 위성센서를 이용하고 있으므로 농림위성이 취득된 이후('25)에 분석결과에 관한 타당성 검토 및 모듈의 튜닝을 추진할 계획이다.

Abstract: This study aims to introduce the current status and future plans for the development of analysis modules using optimal algorithms to produce 11 outputs considering CAS 500-4. The integrated products are mainly divided into change detection and forest resource estimation. In change detection, modules are being developed for land cover, forest boundaries (minimum area), forest management activities, etc. In forest resource estimation, development is focused on forest height, and forest growing stocks and biomass. In satellite-based change detection, the CNN method based on deep learning showed the highest accuracy, and accuracy was improved by using texture data from the satellite and additional terrain information such as slope. The forest height model is currently adopting the method of applying stereo images provided by CAS 500-1&2. For forest growing stock estimation, using forest height data along with spectral information as training data showed higher accuracy. They need to be individually tuned for sequential and automatic analysis modules in the environment of the internal system. After the acquisition of the CAS 500-4 ('25), there are plans to modify the validity of the analysis proceed with the tuning of the modules.

사사: 본 연구는 국립산림과학원 일반과제 (산림자원 평가 및 모니터링을 위한 농림위성 융합산출물 개발: 과제번호 FM0103-2021-04-2023)의 지원으로 이루어진 것임.

토지피복 분류 정확도 개선을 위한 Transformer 기반의 딥러닝 모델 비교·평가

심우담^{1*}, 이정수¹
(¹강원대학교 산림경영학과)

Comparison and Evaluation of Transformer-based Deep Learning models for Improving Land Cover Classification Accuracy

Woo-Dam Sim^{1*}, Jung-Soo Lee¹
(¹Department of Forest Management, Kangwon National University)

요약: 최근 원격탐사 기술과 머신러닝, 딥러닝과 같은 4차 산업 혁명 기술을 활용한 연구가 산림분야에서 활발히 진행되고 있다. 특히, 컴퓨터 비전 분야에서는 Transformer 모듈의 발전으로 인해 다양한 구조의 딥러닝 모델들이 등장하고 있으며 딥러닝 모델의 성능이 지속적으로 향상되고 있다 이에 따라, 본 연구에서는 Transformer 모듈을 기반으로 다양한 구조의 모델을 구성하고, 토지피복 분류를 수행하여 Transformer 모듈의 활용방안 검토를 목적으로 하였다. 입력이미지는 공간해상도 5m의 Rapideye 위성영상(Red, Green, Blue, Red-Edge, NIR)을 활용하였다. 데이터세트는 256×256 pixel 크기로 구축하였으며, 육안판독을 통해 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 6가지 토지이용 범주(산림지, 농경지, 초지, 습지, 정주지, 기타토지)를 기반으로 라벨 이미지를 구축하였다. 딥러닝 모델은 Unet 모델을 베이스 모델로 설정하였으며, 합성곱층과 풀링으로 구성된 인코더 부분을 Transformer 모듈로 대체한 A모델과 디코더 부분을 Transformer 모듈로 대체한 B모델, 인코더와 디코더 모두 Transformer로 활용한 C모델로 구성하였다. 본 연구는 딥러닝 모델 구조에 따른 정확도 비교를 통해 Transformer 모듈의 활용방안을 검토하고 토지피복 분류를 위한 최적의 모델을 선정하였다.

Abstract: Recent research in the forestry sector is actively utilizing technologies from the Fourth Industrial Revolution, such as remote sensing, machine learning, and deep learning. Particularly in the field of computer vision, the development of the Transformer module has led to the emergence of deep learning models with various structures, and the performance of these models is continuously improving. Accordingly, this study aimed to construct models with different structures based on the Transformer module and perform land cover classification to examine the utilization of the Transformer module. The input images used were Rapideye satellite images (Red, Green, Blue, Red-Edge, NIR) with a spatial resolution of 5m. The dataset was constructed with a size of 256×256 pixels, and label images were created based on the six land use categories of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (forest, cropland, grassland, wetland, settlement, and other lands) through visual interpretation. The deep learning model was set up with the Unet model as the base model, with Model A replacing the encoder part, which is composed of convolution layers and pooling, with a Transformer module; Model B replacing the decoder part with a Transformer module; and Model C utilizing Transformers for both the encoder and decoder. This study aimed to examine the use of the Transformer module and select the optimal model for land cover classification through accuracy comparisons according to the deep learning model structure.

사사: 본 연구는 국립산림과학원 “산림자원 평가 및 모니터링을 위한 농림위성 융합 산출물 개발(과제번호: FM 0103-2021-04-2022)”의 지원으로 수행되었습니다.

드론라이다 기반 최적 산림자원정보 추출 표준화 방법 개발

강진택^{1*}, 박정묵¹, 이민우¹, 임종수¹, 이선정¹, 서연옥¹, 최솔이¹, 원명수¹

(국립산림과학원 산림ICT연구센터)

Development of a Standardization Method for Extracting Optimal Forest Resource Information based on Drone LiDAR

Jin-Taek Kang^{1*}, Jeong-Mook Park¹, Min-Woo Lee¹, Jong-Su Yim¹, Sun-Jeong Lee¹,
Yeon-Ok Seo¹, Sol-E Choi¹, Myoung-Soo Won¹

(Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science)

요약: 본 연구는 대면적의 산림자원조사를 위한 드론라이다 기반 고품질 산림자원정보 추출 표준화 방법을 개발하고자 추진하였다. 드론라이다 기반 산림자원정보 추출 방법을 개발하기 위하여 강원도 춘천에 위치한 국립산림품종관리센터의 식재정보가 명확한 일본잎갈나무 인공조림지를 대상으로 드론라이다 스캔 촬영 및 현장조사를 병행하였다. 정확한 개체목 본수와 수고 추출을 위하여 IDW, Kriging, TIN의 3가지 보간법에 의한 수관높이모델(CHM)을 적용하였으며, 또한 흉고직경 추정을 위한 국가산림자원조사(NFI), 라이다 및 현장조사 자료를 활용하여 도출한 4개의 흉고직경 추정식을 적용하였다. 최적 개체목 본수 및 수고 추출 보간법은 Kriging-Radius Variable, 최적 흉고직경 추정식은 고정수확시험지 현장조사 기반 흉고직경 추정식($y=1.5626x + 7.2817$)으로 나타났다. 개체목 본수는 Kriging(80본) > IDW(79본) > TIN(84본), 수고는 Kriging(13.4m) > IDW(13.5m) > TIN(13.0m), 흉고직경은 고정수확시험지(28.8cm) > 라이다(28.3cm) > 현장조사(33.9cm) > NFI(16.6cm) 추정식 순으로 정확도가 높게 나타났다. 향후 드론라이다 기반 흉고직경 추정 정확도 향상을 위해서는 임종, 임상 및 영급 등을 고려한 맞춤형 흉고직경 추정식의 개발이 요구된다.

Abstract: This study was conducted to develop a standardization method for extracting high-quality forest resource information based on drone LiDAR(Light Detection and Ranging) for large-area forest resource inventory. In order to develop a UAV-LiDAR-based forest resource information extraction method, drone lidar scanning and field survey were conducted simultaneously on the artificial forest of *Larix kameferi* with clear planting information at the National Forest Seed and Variety Center(NFSV) located in Chuncheon, Gangwon-do. In order to extract the exact number of individual trees, the Canopy Height Model(CHM) by three interpolation methods of Inverse Distance Weighted(IDW), Kriging, and Triangulated Irregular Network(TIN) was applied, and the four Diameter of Breast Height(DBH) estimation equations derived by using the National Forest Inventory(NFI), LiDAR and field survey data were applied. The optimal number of individuals and interpolation method for extraction of tree height was Kriging-Radius Variable, and the optimal DBH estimation equation was field survey based on Fixed Yield Experimental Forest(FYEF). As a result of the estimation, the number of individuals was Kriging(80 trees) > IDW(79 trees) > TIN(84 trees), the height was Kriging(13.4m) > IDW(13.5m) > TIN(13.0m) method, DBH was in order of FYEF(28.8cm) > LiDAR(28.3cm) > field survey(33.9cm) > NFI(16.6cm) equation. In order to improve the accuracy of drone LiDAR-based DBH estimation in the future, necessary to develop a customized DBH estimation

equation considering the origin of forest, forest type and age, etc.

Keywords: Standardization, LiDAR, Canopy Height Mode(CHM), Diameter of Breast Height(DBH), Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging, Triangulated Irregular Network (TIN), National Forest Inventory(NFI), Fixed Yield Experimental Forest(FYEF)

사사: 본 연구는 국립산림과학원(FM0000-2020-01-2023)의 지원에 의해 수행되었음.

스마트 간벌시업의 벌도작업에 있어서 GNSS-RTK를 활용한 간벌목 측설 정확도 및 작업시간 분석

조현민^{1*}, 김태형¹, 이정수², 박진우², 한상균²
(¹강원대학교 산림경영학과, ²강원대학교 산림과학부)

Assessment of Positioning Accuracy and Operational Time of GNSS-RTK Utilized in the Felling Operation in Smart Thinning System

Hyun-Min Cho^{1*}, Tae-Hyung Kim¹, Jung-soo Lee², Jin-woo Park², Sang-Kyun Han²
(¹Department of Forest Management, Kangwon National University,
²Division of Forest Science, Kangwon National University)

요약: 스마트 간벌시업 시스템은 효율적이고 정확한 간벌시업을 위해 첨단 기술을 적용하여 구축된 방법으로, 작업 공정은 LiDAR 측량을 이용한 산림자원 조사 및 공간 인벤토리 구축, 머신러닝 기법을 활용한 최적 간벌목 선정, 실시간 위치결정시스템을 이용한 간벌목 위치 측설 및 벌도 작업으로 구성되어 있다. 이 시스템의 벌도작업에서는 작업자가 실제 간벌목에 벌도의 표시 없이 실시간 위치결정시스템과 간벌목의 위치 좌표만을 활용하여 간벌목을 정확히 찾아 벌도할 수 있어야 한다. 따라서, 본 연구는 임내에서 GNSS-RTK 장비(R12i, Trimble)를 활용한 벌도작업 방법의 현장 적용 가능성을 평가하기 위하여 1ha 면적의 잣나무와 낙엽송 간벌대상 임분에서 스마트 및 현행 벌도작업의 현장 시뮬레이션을 통해 측설 정확도 및 작업시간을 비교·분석하였다. 연구 결과, 스마트 벌도작업의 간벌목 측설 정확도는 잣나무림과 낙엽송림에서 각각 평균 80.3%, 97.0%로 양호한 수준으로 나타났다. 평균 작업시간(PMH)의 경우, 스마트 벌도작업에서 잣나무림과 낙엽송림 각각 약 47.6초/본, 49.9초/본으로 나타났으며, 이는 현행 벌도작업(잣나무림 9.2초/본, 낙엽송림 16.6초/본) 대비 잣나무림 약 5.2배, 낙엽송림 약 3.0배 높은 것으로 나타났다. 스마트 벌도작업의 경우, 시뮬레이션 1차시기 대비 2차 시기에서 작업시간이 평균 20.3% 감소한 것으로 나타나 작업자의 장비 숙련도 향상을 통해 작업시간을 축소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract: The smart thinning operation is a method constructed by applying advanced technologies for efficient and accurate thinning operations. It consists of forest resource survey and spatial inventory construction using LiDAR, optimal selection of trees to be removed using machine learning techniques, and felling operations based on the real-time positioning system. In the felling operation of the smart thinning operation, the operator must accurately navigate and fell the trees only using the positioning systems without any flagging on the actual trees. Therefore, this study evaluated the field applicability of a felling operation method using GNSS-RTK(R12i, Trimble) in a 1ha area of pinus and larix thinning stands. The study compared the thinning accuracy and operational time through field simulations of smart and current felling operation methods. The results showed that the thinning accuracy of the smart felling operation was satisfactory in both pine and larix stands, averaging 80.3% and 97.0%, respectively. The operational time(PMH) of the smart felling operation in pine and larix stands showed about 47.6 sec/tree and 49.9 sec/tree, respectively, which were approximately 5.2 times and 3.0 times higher each compared to the current felling operation. In smart felling operation, the operational time decreased by an average of 20.3% in the second phase compared to the first

phase of the simulation, indicating the operational time can be improved through enhancing the operators' proficiency of the GNSS-RTK equipment.

사사: 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 '2021359D10-2323-BD10'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

신규 임목수간재적표를 활용한 우리나라 주요 활엽수종의 온실가스 흡수량 추정

이민우^{1,2*}, 고치웅³, 강진택¹, 이선정¹, 임종수¹, 이영진²

(¹국립산림과학원 산림ICT연구센터, ²국립공주대학교 산림과학과, ³국립산림과학원 산림정책연구과)

Estimating Greenhouse Gas (GHG) Removals of Deciduous Species in the Republic of Korea Using New Stem Volume Tables

Min-Woo Lee^{1,2*}, Chi-Ung Ko³, Jin-Taek Kang¹, Sun-Jeoung Lee¹, Jong-su Yim¹, Young-Jin Lee²

(¹Forest ICT Center, National Institute of Forest Science,

²Department of Forest Science, Kongju National University,

³Division of Forest Policy & Economics Research, National Institute of Forest Science)

요약: 파리협정 체결에 따라 온실가스 인벤토리 투명성이 강화되고 있으며, 산림부문 온실가스 통계의 기초자료인 임목축적을 정확하게 추정하는 것은 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 주요 활엽수종을 대상으로 두 가지 임목수간재적표를 적용하여 온실가스 흡수량을 산정하여 변화량을 파악하였다. 연구자료는 제6차 및 7차 국가산림자원조사에서 모니터링이 가능한 표본점을 대상으로 하였으며, 대표수종이 상수리나무(199Plot), 굴참나무(665Plot), 신갈나무(1,114Plot)인 표본점을 추출하였다. 임목축적을 산출하기 위해 2009년과 2023년 임목수간재적표(이하 SVT 2009, SVT 2023) 내 Kozak(1988) 모수를 사용하였다. 또한, 산출한 기초자료에 국가고유계수와 축적차이법을 적용하여 수종별 온실가스 흡수량을 추정하였다. 연구 결과, SVT 2023으로 추정된 연간 온실가스 흡수량(tCO₂/ha/yr)은 상수리나무 13.90, 굴참나무 12.10, 신갈나무 7.23을 흡수하며, SVT 2009 대비 상수리나무 12.17%, 굴참나무 12.21%, 신갈나무 15.54% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 SVT 2023을 작성할 때, 과거 개발하지 않았던 ‘굴참나무’를 추가·개발하였고, 경급별 표본수를 충분히 확보하였기 때문인 것으로 판단된다. 결과적으로 온실가스 통계 투명성을 제고하기 위해서는 신규 임목수간재적표를 적용한 뒤, 산림부문 온실가스 인벤토리 재계산을 수행해야 한다.

Abstract: In accordance with the Paris Agreement, transparency in greenhouse gas (GHG) inventory is being enhanced, and accurately estimating stem volume, a base data of GHG statistics in the forestry sector, is crucial. Therefore, in this study, we applied two stem volume tables to major deciduous tree species in the Republic of Korea to calculate greenhouse gas absorption and understand the variations. The research data targeted sample points monitored during the 6th and 7th National Forest Inventory (NFI), and extracted sample points with representative species *Quercus acutissima*(119 Plot), *Quercus variabilis*(665 Plot), *Quercus mongolica*(1,114 Plot). To estimate stem volume accumulation, we used the Kozak (1988) parameters from the stem volume tables for the years 2009 and 2023 (hereafter referred to as SVT 2009, SVT 2023). Additionally, estimated species-specific GHG removals using country-specific coefficients and the stock-difference method applied to the generated base data. The research results reveal that the annual GHG absorption (tCO₂/ha/yr), estimated with SVT 2023, is 13.90 for *Quercus acutissima*, 12.10 for *Quercus variabilis*, and 7.23 for *Quercus mongolica*. This indicates an increase of 12.17% for *Quercus acutissima*, 12.21% for *Quercus variabilis*, and 15.54% for *Quercus mongolica* compared to SVT 2009. This is considered to be

due to the inclusion and development of '*Quercus variabilis*' not considered in SVT 2009, and the sufficient acquisition of sample points by diameter class when creating SVT 2023. In conclusion, to enhance transparency in GHG statistics, it is imperative to apply new stem volume tables and conduct a recalibration of GHG inventory for the forestry sector.

Keywords: carbon stock, greenhouse gas inventory, stem volume table

사사: 본 연구는 국립산림과학원 파리체제 대응 산림흡수원의 온실가스 감축실적 MRV 체계 개발 (FM0200-2023-01-2023)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

9차 반복 장기 모니터링에 따른 잣나무 인공림의 성장변화 분석

정상현^{1*}, 이대성², 진희준¹, 서영완³, 최정기¹

(1강원대학교 산림경영학과, 2핀란드 자연자원연구원, 3강원대학교 산림과학연구소)

Analysis of growth change of Korean white pine plantations according to the long-term monitoring of the 9th repeated measurement

Sanghyun Jung^{1*}, Daesung Lee², Heejun Jin¹, Yeongwan Seo³, Jungkee Choi¹¹Department of Forest Management, Kangwon National University,²Natural Resources Institute Finland (LUKE), Finland,³The Institute of Forest Science, Kangwon National University)

요약: 합리적인 산림경영계획 수립을 위해 장기 모니터링에 따른 산림생장에 대한 분석이 뒷받침되어야 한다. 하지만 임업선진국과 비교하여 우리나라는 장기적으로 반복조사된 자료가 미비한 실정이다. 본 연구는 강원대학교 학술림 내 영구고정표준지로부터 수집된 자료를 이용하여 우리나라 주요 경제수종 중 하나인 잣나무(*Pinus koreaensis*) 인공림의 성장변화를 분석하고자 수행되었다. 영구고정표준지 3개소는 1981년부터 2021년까지 9회 반복 조사되었다. 9차 조사 때 평균 임분 임령은 46년 생이며, 각 표준지별 평균 흉고직경은 24.1, 22.8, 30.3cm로 나타났다. 본 연구자료를 대상으로 연평균성장량(Mean Annual Increment)과 정기평균성장량(Periodic Annual Increment)의 성장변화를 분석하였으며, 임령에 따른 직경분포의 변화를 파악하였다. 또한 비선형회귀분석을 통해 임령 및 흉고직경에 따른 최적 수고성장모델을 선정하였다. 본 연구결과는 임령에 따른 성장량 변화 정보를 제공하고, 잣나무 인공림의 산림자원 예측을 위한 기초자료로써 일조할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract: In order to establish a reasonable forest management plan, analysis of forest growth through long-term monitoring must be supported. However, compared to advanced forestry countries, the repeated long-term inventory data were insufficient in Korea. This study was conducted to analyze growth changes in Korea white pine (*Pinus koreaensis*) plantations, one of the major economic tree species in Korea, using data collected from permanent plots in the research forest of Kangwon National University. The inventory was repeatedly measured nine times from 1981 to 2021. The average stand age at the three permanent plots was 46 years in the 9th inventory, the average DBH for each plot was 24.1, 22.8, and 30.3 cm. Using this data, growth changes were analyzed through the mean annual increment and periodic annual increment, and changes in diameter distribution by stand age were identified. In addition, the optimal height growth model was selected as a function of stand age and tree DBH through nonlinear regression analysis. The results of this study are considered to provide information on growth change over stand age and contribute as basic information for predicting forest resources in Korean white pine plantation.

사사: 본 연구는 산림청 연구용역 「2023년 국유림 내 주요 조림수종 간벌효과 장기 모니터링 및 간벌모델 개발 연구」의 지원과 교육부(한국연구재단) 기초연구사업(No. NRF-2016R1D1A1B02011648)의 지원을 받아 수행된 것임.

임분밀도지수를 활용한 주요 침엽수종의 임분성장량 모델 개발에 관한 연구

진희준^{1*}, 이대성², 정상현¹, 최정기¹
(¹강원대학교 산림경영학과, ²핀란드 자연자원연구원)

A Study on Model Development of Stand Growth of Major Coniferous Species using Stand Density Index

Heejun Jin^{1*}, Daesung Lee², Sanghyun Jung¹, Jungkee Choi¹
(¹Department of Forest Management, Kangwon National University,
²Natural Resources Institute Finland (Luke), Finland)

요약: 본 연구는 우리나라의 주요 경제수종인 소나무, 잣나무, 낙엽송 인공림을 대상으로 주요 임분 밀도지수인 상대밀도(Relative density)를 활용하여 임분성장량 모델을 개발하기 위하여 수행되었다. 연구자료는 북부·동부·남부지방산림청 관내 국유림에 설치된 영구고정표준지에서 4차 반복측정(3년간격)된 입목자료를 이용하였다. 임분성장량 모델의 종속변수는 임분평균흉고직경성장량, 임분평균수고성장량, 임분흉고단면적성장량, 임분재적성장량으로 선정하였고, 독립변수로 임령, 평방평균흉고직경, 평균수고, 상대밀도, 지위지수를 이용하여 다중선형회귀분석을 통해 최적 임분성장량 모델을 개발하였다. 모델의 R²은 0.2382 ~ 0.6117로 나타났으며, 잔차도에서 비이상적인 패턴이나 편향성은 나타나지 않았다. 선행연구의 성장량 사례를 비교한 결과, 본 모델의 잔차 범위 내에서 성장량 차이가 적게 나타났다. 본 연구는 실용적으로 주요 임황인자를 활용하여 임분성장량을 예측하고, 탄소흡수량 산출을 위한 임분성장량을 추정하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: This study was conducted to develop stand growth models for the major economic tree species in South Korea, including Korean red pine, Korean white pine, and Japanese larch, using relative density. The data were collected from repeatedly measured plots with four times at 3-year interval in the permanent experimental sites in the national forests of the northern, eastern, southern regions under the jurisdiction of the Korea Forest Service. Stand growth models were developed for stand average DBH growth, stand average height growth, stand basal area growth, and stand volume growth. Independent variables for the growth models were stand age, quadratic mean diameter, mean height, relative density and site index. The optimal stand growth models were developed through multiple linear regression analysis. The model's R² ranged from 0.2382 to 0.6117. And the residual plots didn't show abnormal patterns or biases. When comparing with growth cases of previous studies, the differences were smaller than residual ranges of each model. This study is expected to predict stand growth by using the major forest factors and can be utilized in estimating stand growth for the calculation of carbon sequestration capacity.

사사: 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 (No. 2022464B10-2224-0201)과 교육부(한국연구재단) 기초연구사업(No. NRF-2016R1D1A1B02011648)의 지원을 받아 수행되었습니다.

육림업 중심 사유림 경영모델 개발을 위한 사례분석

손은희^{1*}, 성호진¹, 하의린¹, 김형호¹

(¹경상국립대학교 산림환경자원학과(농업생명과학연구원))

Case analysis for the development of a private forest management model centered on the forestry

Eunhee Son^{1*}, Ho Jin Seong¹, Ui Rin Ha¹, Hyungho Kim¹

(¹Department of Forest Environmental Resources,
Gyeongsang National University(Institute of Agriculture & Life Science))

요약: 우리나라 사유림은 면적이 전체 산림면적의 66%를 차지하고 있으며 소유면적은 감소하고 있다. 경영형태가 목재생산보다는 소규모 단기소득임산물 재배업에 집중되어 있어, 임가소득은 낮은 수준이다. 소규모 산림경영 시 일어나는 생산비 과다, 산림경영 기술 부재 등의 문제를 해결하기 위해서는 정책 및 제도의 효율성을 높이고 산주의 특성 파악이 필요하다. 이에 본 연구는 목재생산, 임산물 생산, 가공품 개발 및 유통, 휴양 등 수요를 충족하는 임업의 6차산업화 사례를 조사하고, 육림업 중심의 경영모델을 개발하였다. 국내 임업의 6차산업 사례지의 제품, 유형, 규모를 조사한 결과 편백, 잣나무를 생산, 가공, 판매하는 유형이 많았으며, 사업체의 면적은 83~661ha, 매출 규모는 연 2억~7억 원으로 나타났다. 또한, 산업화 체계를 검토하여 단기소득임산물 생산, 산림복지서비스, 농축산업 연계모델을 제시하였다. 이러한 연구 결과는 사유림 경영 활성화와 수익성 제고에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: Private forests in Korea account for 66% of the country's total forest area, and their ownership is declining. The management type is concentrated on small-scale short-term income forest product cultivation rather than timber production, resulting in low forest income. In order to solve problems such as excessive production costs and lack of forest management technology in small-scale forest management, it is necessary to improve the efficiency of policies and institutions and identify the characteristics of forest owners. Therefore, this study investigated the case of 6th industrialization of forestry that meets the needs of timber production, forest product production, processed product development and distribution, and recreation, and developed a management model centered on forestry. The study examined the products, types, and scales of the 6th industrialization sites in the domestic forestry industry and found that cypress and pine trees were produced, processed, and sold in large numbers, with business areas ranging from 83 to 661 ha and sales ranging from 200 million to 700 million won per year. The study also examined the industrialization system and proposed a model for linking short-term income forest products production, forest welfare services, and agricultural industries. These findings are expected to contribute to revitalizing private forest management and improving profitability.

사사: 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2023511D10-2323-AB02)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

학술연구논문 포스터발표

한국과학기술회관(B1F) 로비 / 중회의실 3, 4

- P-0017. 임업의 6차 산업화에 대한 임업인 선호도 및 경제성 분석
- 박기현*, 배지윤, 원가영, 정형식, Anthony Sinyangwe, 한 희(서울대학교)
- P-0023. 소나무재선충병 피해에 따른 소나무 임분의 경제적 손실 가치 추정
- 정형식*(서울대학교), 이준산(산림청), 김다영, 한 희(서울대학교)
- P-0052. Sentinel-2 영상과 디지털 숲가꾸기 자료를 활용한 목재수확지 및 특성 분석
-충청남도 지역을 중심으로-
- 최솔이*, 이선정, 박정묵(국립산림과학원), 이수연(국민대학교),
임종수, 강진택(국립산림과학원)
- P-0063. 국유림 경영을 위한 강화학습기반 목재수확계획 적용 연구
- 지호빈*, 박진우(강원대학교)
- P-0088. 베트남 남부 *Acacia* Hybrid 조림지의 수고성장모델 개발
- 박희정*, 이상현(전북대학교)
- P-0091. 흉고직경-수고 성장곡선과 초기 수고성장 모델 개발을 통한 소나무의 초기
성장특성 분석
- 고병준*, 박희정, 최용락, 이상현(전북대학교)
- P-0166. 딥러닝 기반 효율적인 시계열 토지피복도 구축을 위한 데이터셋 구축 방안
에 관한 연구
- 이용규*, 이정수(강원대학교)
- P-0170. 포토그래메트리를 이용한 촬영 횟수 및 피팅 기법에 따른 흉고직경 추정 정확도 연구
- 이상진*, 이정수(강원대학교)
- P-0216. 임업진흥권역 제도 개선 방안 제시
- 하의린, 손은희, 김형호, 성호진*(경상대학교)

임업의 6차 산업화에 대한 임업인 선호도 및 경제성 분석

박기현^{1*}, 배지윤², 원가영¹, 정형식¹, Anthony Sinyangwe¹, 한 희^{1,3}

(¹서울대학교 농림생물자원학부, ²서울대학교 산림과학부, ³서울대학교 농업생명과학연구원)

Analysis of Foresters' Preferences and Economic Feasibility in the Sixth Industrialization of Forestry

Gihyun Park^{1*}, Jiyoun Bae², Gayoung Won¹, Hyungsik Jung¹, Anthony Sinyangwe¹, Hee Han^{1,3}

(¹Department of Agriculture, Forestry and Bioresources, Seoul National University,

²Department of Forest Sciences, Seoul National University,

³Research Institute of Agriculture and Life Science, Seoul National University)

요약: 국내 임업의 경제성은 낮다. 우리나라는 지난 50년간 국토녹화를 통해 황폐된 산지를 빠르게 복원하였지만, 산업적 측면에서 임업의 발전은 상대적으로 이루지 못하였다. 이에 본 연구는 임업의 6차 산업화에 대한 임업인의 선호와 경제성을 분석하여 임업인의 낮은 소득을 높일 수 있는 대안을 찾고자 하였다. 먼저 임업인을 대상으로 한 설문조사 결과, 임업인들은 6차 산업화를 통한 수익 및 일자리 창출에 긍정적인 전망을 보였다. 하지만 6차 산업을 시행 중인 임업인들의 만족도는 보통 수준으로, 초기 투자비용 부담과 제도적 뒷받침의 부재 등이 만족도를 하락시키는 원인으로 나타났다. 다음으로 6차 산업화 경영을 시행하는 두 임업경영체 사례에 대한 경제성 평가 결과, 체험·관광 프로그램을 사업에 포함할 경우 수익률이 높아지고 투자회수기간이 짧아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 임업인들이 기존 생산업에 더해 체험·관광업을 병행하는 것이 수익 증진에 도움이 될 수 있음을 보여주는 결과이나 이를 실현하기 위해서는 사업 마케팅의 어려움과 전문인력 부족 등의 과제가 선결되어야 하는 것으로 나타났다.

Abstract: The economic viability of forestry in South Korea is low. Although the country has rapidly restored barren lands through national reforestation over the past 50 years, industrial development in forestry has been relatively stagnant. This study analyzes foresters' preferences and the economic feasibility of the Sixth Industrialization of forestry, seeking alternatives to increase foresters' low income. Survey results show that foresters view revenue and job creation through Sixth Industrialization positively. However, satisfaction among those implementing this approach is moderate, with initial investment costs and lack of institutional support being key dissatisfiers. An economic assessment of two forestry management entities practicing Sixth Industrialization revealed that including experiential and tourism programs in their business model significantly increases profitability and reduces investment recovery time. This suggests that combining experiential and tourism activities with traditional forestry production can enhance revenue. However, overcoming challenges such as marketing difficulties and lack of skilled professionals is essential for successful implementation.

소나무재선충병 피해에 따른 소나무 임분의 경제적 손실 가치 추정

정형식^{1*}, 이준산², 김다영¹, 한 회¹
 (1서울대학교 농림생물자원학부, 2산림청)

Estimation of Economic Loss Value of Pine Forests Due to Pine Wilt Disease Damage

Hyungsik Jeong^{1*}, Joonsan Lee², Dayoung Kim¹, Hee Han¹

(¹Department of Agriculture, Forestry and Bioresources, Seoul National University,
²Korea Forest Service)

요약: 본 연구는 우리나라 소나무류(소나무, 잣나무)의 경제적 가치를 추정하여 소나무재선충병 방제 비용 집행의 타당성을 판단하기 위한 목적으로 수행되었다. 이를 위하여 소나무와 잣나무에서 생산 가능한 목재 및 비목재임산물(송이, 잣)의 경제적 가치를 추정한 후, 그 가치를 방제에 투입되는 비용과 비교하였다. 목재 및 비목재임산물의 경제적 가치는 현재의 임분에서 생산 가능한 재화의 총 가치와 임분이 영구히 경영되었을 때 얻을 수 있는 순수익의 현재가치를 합하여 추정하였다. 연구 결과, 소나무류 임분의 경제적 가치는 ha당 평균 65백만 원으로 산출되었으며, 이는 2021년 기준 동일 면적에 투입된 방제 비용 약 6백만 원의 10배 이상인 것으로 나타났다. 또한 분석 결과를 바탕으로 전국의 소나무류 임분의 경제적 가치를 추정한 결과, 전국적으로 강원지역과 경북지역에서 가치가 높은 것으로 나타났으며, 최근 3년간 발생지역이 임분 가치가 높은 지역에 위치하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이들 지역으로의 추가 확산을 막기 위해서는 현재 실시하는 소나무재선충 방제 비용의 집행을 적극적으로 확대하는 것이 필요한 것으로 분석되었다.

Abstract: This research was undertaken to evaluate the economic value of pine species (*Pinus densiflora* and *Pinus koraiensis*) in South Korea, aiming to determine the justification for the expenditure on pine wilt disease control measures. For this, we estimated the economic value of both timber and non-timber forest products (i.e. matsutake mushrooms and pine nuts) that can be harvested from these trees. These values were then compared to the costs incurred in disease control. The economic value was calculated by adding the total potential value of products from current forests and the present value of net income that could be gained from perpetual forest management. The results indicated that the economic value of these pine species stands is, on average, 65 million won per hectare, exceeding the disease control costs of about 6 million won per hectare as of 2021 by over tenfold. Furthermore, an analysis of the national economic value of pine species forests revealed higher values in the Gangwon and Gyeongbuk regions. It was also observed that regions with high forest values corresponded to the areas affected in the past three years. Consequently, the study suggests that there is a need to significantly increase the current funding for pine wilt disease control to prevent its further spread to these high-value areas.

Sentinel-2 영상과 디지털 숲가꾸기 자료를 활용한 목재수확지 및 특성 분석 -충청남도 지역을 중심으로-

최솔이^{1*}, 이선정¹, 박정목¹, 이수연², 임종수¹, 강진택¹
(¹국립산림과학원 산림 ICT 연구센터, ²국민대학교 산림환경시스템학과)

Detection and Analysis of Forest Clear-Cutting Activities Using Sentinel-2 and Random Forest Classification: A Case Study in Chungcheongnam-do, South Korea

Sol-E Choi^{1*}, Sun Jeoung Lee¹, Jeong mook Park¹, Su Yeon Lee², Jong Su Lim¹, Jin Taek Kang¹
(¹Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science,
²Department of Forestry, Environment and Systems, Kookmin University)

요약: 본 연구는 디지털 숲가꾸기 공간자료와 위성영상에서 획득할 수 있는 정보를 활용하여 산림경영 활동 및 경영활동이 발생하는 산림 특성에 대한 자료를 구축하는 방법을 제안하고자 하였다. 본 연구에서는 산림경영 활동 중 자료의 수집률이 낮지만, 위성영상으로 취득이 비교적 수월한 목재수확지에 대한 정보를 구축하는 것으로 하였다. 목재수확지에 대한 정보는 machine learning 방법 중 Random Forest classifier (RF)를 활용하여 구축하였다. RF의 훈련자료는 디지털 숲가꾸기 내 벌채에 대한 자료가 가장 많은 충청남도 부여군을 훈련 대상지로 하였으며, 부여군 내 목재수확이 발생한 지역에 대한 공간정보와 Sentinel-2 위성영상에 획득할 수 있는 식생지수들(ARVI, AVI, EVI, GNDVI, NDVI, SARVI, SAVI, SLAVI)의 값을 활용하였다. 분석지역의 탐지는 디지털 숲가꾸기 내 목재수확 자료가 구축된 시점과 동일한 2018년을 기준으로 하였으며, 훈련 대상지보다 큰 공간 규모인 충청남도를 대상으로 수행하였다. 목재 수확지 탐지 결과, RF 모델의 정확도(정밀도 0.99, 재현율 0.88, F1-score 0.93)와 예측 지역(충청남도)에 대한 정확도(overall accuracy 92.8%, Kappa coefficient 85.6%)는 높게 나타났다. 탐지 결과에 충청남도의 목재수확지는 산림면적의 2.5%이었으며, 사유림에서는 전체 산림면적의 2.4%, 국공유림에서는 0.1%가 탐지되었다. 또한, 1~4ha 규모의 목재수확지가 전체 수확 면적 중 46.6%로 가장 많이 발생하였다. 벌채지역에 대한 특성에 대하여 파악하기 위해서 수치임상도(1:5000)과 중첩분석을 수행한 결과, 천연림과 인공림에서 수종별, 영급별, 경급별 벌채 경향이 다른 것을 확인하였다. 이와 같이 본 연구에서는 현장에서 수집되는 공간자료를 기반으로 하여 위성영상을 활용하여 보다 큰 규모에서의 탐지가 가능함을 확인하였으며, 산림자원정보를 가지고 있는 임상도와 중첩분석을 통해서 목재수확이 수행되는 지역의 특성 또한 파악할 수 있었다. 따라서 본연구에서 수행한 바와 같이 여러 공간자료를 구축하고 융합하는 방법을 통하여, 산림경영 활동에 대한 일관성 있고 지속적인 자료를 구축할 수 있음을 확인하였으며, 이러한 자료들을 바탕으로 지자체-국가 단위에서의 목재수확지에 대한 특성을 파악하고, 이를 관리하기 위한 정책적 방향 설정 등을 지원할 수 있을 것이다.

Abstract: This study provides approach to detecting and understanding of forest clear-cutting in South Korea, with a specific focus on the Chungcheongnam-do region. Using spatial data from Digital Forestry, Sentinel-2 satellite imagery, and the Random Forest classifier, the research accurately predicted clear-cutting areas, accounting for 2.48% of the total forested area. The

methodology integrated various vegetation indices and machine learning techniques, achieving an effective detection and analysis of clear-cutting areas at both regional and provincial levels with an accuracy of 92.8%. Among eight vegetation indices, SLAVI was identified as the most crucial for accurately detecting clear-cutting areas. Moreover, the study analyzed clear-cutting patterns in different forest types, including private and national forests, natural and planted forests, age classes, and diameter at breast height, using the Digital Forest Type Map. However, the study had several limitations, such as highlighting the need for time series analysis and the inclusion of additional ancillary data to improve accuracy. Additionally, boundary errors due to the resolution of Sentinel-2 were observed, indicating the need for higher-resolution data in certain cases. Despite these challenges, the study provides a significant methodology for monitoring and analyzing clear-cutting patterns. This methodology is crucial for detecting, characterizing, and contributing to the management and policy support of clear-cutting areas at both local and national levels. The research contributes to sustainable forest management practices and aids in the development of systematic management strategies, offering valuable insights for forest conservation and management.

Keywords: Tree clear-cutting, Sentinel-2 satellite imagery, Random forest classifier, Vegetation indices, Forest management

사사: 본 연구는 파리체제 대응 산림흡수원의 온실가스감축실적 MRV 체계 개발(FM0200-2023-01-2023)의 지원을 받아 수행되었습니다.

국유림 경영을 위한 강화학습기반 목재수확계획 적용 연구

지효빈^{1*}, 박진우¹

(1강원대학교 산림경영학과)

A study on the application of reinforcement learning-based forest harvest planning for national forest management

Hyo-Bin Ji^{1*}, Jin-Woo Park¹

(1Department of Forest Management, Kangwon National University)

요약: 본 연구는 국유림 경영 목표에 기반하여 강화학습 알고리즘을 활용한 목재수확계획 모델을 구축하고, 평창 선도산림경영단지에 적용하여 기존의 계획과 성과를 비교·분석하였다. 경영 목표 설정은 국유림의 경제적 및 공익적 기능을 반영하여 파이션 기반 Q-Learning 알고리즘을 이용한 강화학습 모델을 통해 60년간의 장기 산림경영계획을 수립하였다. 분석 결과, 목재생산을 우선시한 경영안 2는 목재수확량의 제약조건에 가장 부합하였으나, 탄소저장을 우선시한 경영안 3이 별채면적 조건을 만족시키면서 높은 경영 성과를 달성하여 가장 효과적인 경영안으로 분석되었다. 모든 경영안에서 임상 및 영급 구조가 개선되었으며, 탄소저장량 증대를 목표로 한 경영이 경제적 및 공익적 측면에서 효과적인 관리 계획으로 평가되었다. 본 연구는 국유림의 지속 가능한 경영과 경제적 가치 증대를 위한 산림경영 전략 수립을 제시할 수 있으며, 강화학습 알고리즘을 적용하여 다양한 사회적 요구에 대응할 수 있는 산림경영계획 수립의 기초자료로 활용될 수 있다.

Abstract: This study established a timber harvesting planning model using a reinforcement learning algorithm based on national forest management goals and applied it to the Pyeongchang Leading Forest Management zone Complex to compare and analyze the performance of existing plans. The management goal setting reflects the economic and public interest functions of national forests, and a long-term forest management plan for 60 years was established through a reinforcement learning model using the Python-based Q-Learning algorithm. As a result of the analysis, management plan 2, which prioritized wood regeneration, best met the constraints of timber harvest volume, but management plan 3, which prioritized carbon storage, was analyzed as the most effective management plan because it achieved high management performance while satisfying the conditions of harvested area. All management plans improved clinical and management structure, and the management aimed at increasing carbon storage was evaluated as an effective management plan in terms of economic and public interest. This study can suggest forest management strategies for sustainable management of national forests and increase economic value, and can be used as a basis for establishing forest management plans that can respond to various social needs by applying reinforcement learning algorithms.

Keywords: Forest Management, Reinforcement Learning, Decision Support Model, Timber Yield Regulation

베트남 남부 *Acacia* Hybrid 조림지의 수고성장모델 개발박희정^{1*}, 이상현²

(1)전북대학교 임학과, (2)전북대학교 산림환경과학과)

Developing Tree Height Growth Model for *Acacia* Hybrid Plantations in Southern VietnamHee-Jung Park^{1*}, Sang-Hyun Lee²¹Department of Forestry, Jeonbuk National University,²Department of Forest Environment Science, Jeonbuk National University)

요약: 본 연구는 베트남 남부지역의 *Acacia* Hybrid를 대상으로 수고성장모델을 개발하여 베트남 남부지역의 *Acacia* Hybrid 경영·관리 및 수확에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다. 본 연구에서는 베트남 남부지역 조림지 중 생장이 좋은 주옌목현(Huyện Xuyên Mộc)과 함편현(Huyện Hàm Tân)의 조림지를 대상으로 총 132개 plot, 16,764본이 대한 수고성장모델을 개발하였다. 임령을 매개변수로 하여 수고생장을 추정하는 식인 Chapman-Richards식, Gompertz식, Hossfeld IV식, Logistic식, Schumacher식의 5가지 이용하여 수고성장모델을 추정하고, 평균제곱오차, 95% 신뢰수준, 표준오차, Shapiro-wilk 검정을 통해 가장 적합한 모델을 선정하였다. 분석결과, 95% 신뢰수준의 구간이 0을 포함하지 않는 식 중 각 계수값의 표준오차가 상대적으로 낮게 분석된 Gompertz식을 선정하였다. Gompertz식을 이용하여 개발한 임령별 수고성장모델은 초기 생장이 빠르며 임령이 증가함에 따라 점진적 둔화를 보이는 시그모이드(sigmoid) 형태로 나타났으며, 8년차 이후에는 수고 생장이 둔화되어 점근선에 도달하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구결과를 바탕으로 베트남 남부지역의 *Acacia* Hybrid 조림지의 합리적인 경영·관리 및 수확에 대한 기초자료 제공이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract: This study was conducted to provide basic data on rational forest management and harvest of *Acacia* Hybrid in Southern Vietnam by developing tree height growth model for *Acacia* Hybrid in Southern Vietnam. The research was conducted within the *Acacia* Hybrid plantations located in Huyện Xuyên Mộc and Huyện Hàm Tân. The dataset used for analysis was consisted of 132 plots and a total of 16,764 trees, situated in the southern region of Vietnam. The height growth model was formulated utilizing the Chapman-Richards, Gompertz, Hossfeld IV, Logistic, and Schumacher models. And The optimal model was identified by employing rigorous statistical criteria, including the mean square error, a confidence level of 95%, standard error analysis, and the Shapiro-Wilk test. As a result, the Gompertz model, characterized by a notably low standard error for each coefficient, was chosen from among the equations where in the 95% confidence interval did not encompass zero. The Gompertz model for tree height growth manifested as a sigmoid curve, indicative of a gradual deceleration in growth after an initial phase of rapid expansion. Notably, as the forest matured, growth exhibited a discernible slowdown, with tree height growth tapering off and eventually reaching an asymptotic state post the 8th year. Hence, predicated upon the findings of this investigation, it is posited that the outcomes furnish foundational data conducive to the informed practices of rationalized administration, governance, and harvest protocols for *Acacia* Hybrid afforestation within the southern region of Vietnam.

Keywords: Tree height model, Gompertz model, *Acacia* Hybrid, Vietnam, Overseas reforestation

흉고직경-수고 성장곡선과 초기 수고성장 모델 개발을 통한 소나무의 초기 성장특성 분석

고병준^{1*}, 박희정¹, 최용락¹, 이상현²

(¹전북대학교 임학과, ²전북대학교 산림환경과학과)

Analysis of Early Growth Characteristics of *Pinus densiflora* by Developing a DBH-Height Growth Curve and Early Growth Model of Height

Byung-Jun Ko^{1*}, Hee-Jung Park¹, Yong-Lak Choi¹, Sang-Hyun Lee²

(¹Department of Forestry, Jeonbuk National University,

²Department of Forest Environment Science, Jeonbuk National University)

요약: 본 연구는 한국의 주요 조림수종인 소나무를 대상으로 흉고직경에 따른 수고 성장곡선식과 연령에 따른 초기 수고성장 모델을 개발하였으며, 소나무의 초기 성장특성을 고려한 합리적인 산림경영계획 수립에 있어 기초자료를 제공할 목적으로 실시하였다. 소나무는 연구자료는 제5차 국가산림자원조사 자료 중 강원지방 소나무 3,719본, 중부지방 소나무 15,212본에 대한 수고, 흉고직경, 연륜성장 자료를 이용하였다. 흉고직경-수고 성장곡선식은 Petterson 식, Log 식, Michailow 식을 이용하여 개발하였으며, 초기 수고성장 모델은 Chapman-Richards 식, Gompertz 식, Schumacher 식을 이용하여 개발하였다. 본 연구 결과, 모델 검정을 통하여 흉고직경-수고 성장곡선식은 강원지방 소나무와 중부지방 소나무 모두 Petterson 식이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 초기 수고성장 모델은 Gompertz 식이 가장 적합한 것으로 나타났다. 본 연구에서 개발한 초기 수고성장 모델을 그래프로 나타내어 분석한 결과 강원지방 소나무는 18년생일 때 수고의 연간성장량이 0.5304m로 가장 높은 것으로 나타났으며, 중부지방 소나무는 15년생일 때 수고의 연간성장량이 0.4844m로 가장 높은 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 소나무의 성장특성 관련 연구에 있어 유용하게 활용할 수 있을 뿐 아니라 소나무의 초기 조림지에 대하여 합리적인 산림경영계획 수립에 있어 기초자료 될 것으로 기대된다.

Abstract: This study was conducted to develop diameter at breast height(DBH)-Height growth curves and early growth models of height for *Pinus densiflora*, a major afforestation tree species in Korea, and to provide basic data for rational forest management plan considering the initial growth characteristics of *Pinus densiflora*. The data used the height, DBH, and the tree core data of 3,719 trees in Gangwon and 15,212 trees in central districts from the 5th national forest inventory. DBH-height growth curves were developed using the Petterson, Log and Michailow equations. Early growth models of height were developed using the Chapman-Richards, Gompertz and Schumacher equation. The results of this study showed that the Petterson equation was the most suitable for the DBH-Height growth curve both Gangwon and central districts, and the Gompertz equation was the most suitable for the early growth model of height. When the early growth models developed in this study was graphed, it was found that *Pinus densiflora* in Gangwon had the highest annual tree height growth of 0.5304 meters when 18 years old, and *Pinus densiflora* in central districts had the highest annual tree height growth of 0.4844 meters when 15 years old. The results of this study is expected to be useful for research

on the growth characteristics of *Pinus densiflora* and serve as basic data for the rational forest management planning of stands.

Keywords: growth model, early growth model, *Pinus densiflora*, national forest inventory

사사: 본 논문은 산림청(한국임업진흥원) R&D과제 산림부문 탄소중립 추진기반 및 실증기술 연구사업의 ‘전과정산림관리 모형 개발을 통한 산림 영급구조 개선 시나리오 개발(2022464C10-2324-0201)’의 지원에 의하여 수행되었습니다.

딥러닝 기반 효율적인 시계열 토지피복도 구축을 위한 데이터셋 구축 방안에 관한 연구

이용규^{1*}, 이정수¹

(¹강원대학교 산림경영학과)

A Study on the Construction of Datasets for Efficient Time-Series Land Cover Mapping Based on Deep Learning

Yong-Kyu Lee^{1*}, Jung-Soo Lee¹

(¹Department of Forest Management, Kangwon National University)

요약: Semantic segmentation 딥러닝 모델은 데이터의 참값인 라벨데이터를 정확하게 구축하는 것이 매우 중요하며, 많은 양의 데이터가 필요하다. 이에 따라, 본 연구는 효율적인 시계열 토지피복도를 구축하기 위해 데이터셋 구축 방법을 제시하고 적용하는 것을 목적으로 하였다. 위성영상자료는 2010년, 2019년 Rapideye 자료를 이용하였으며, 라벨자료는 2020년 세분류 토지피복도를 이용하였다. 데이터셋은 미변화 데이터셋과 일반 데이터셋을 구축하여 비교하였다. 미변화 데이터셋은 미변화지역을 추출하고, 미변화지역내에서 학습 및 검증 데이터를 무작위 추출하였으며, 일반 데이터셋은 모든 지역에서 학습 및 검증 데이터를 무작위 추출하여 구축하였다. 딥러닝 모델은 가장 보편적으로 많이 사용되는 Unet 기본 모델을 이용하였다. 데이터셋에 따른 학습 및 검증 결과, 일반 데이터셋은 2010년과 2019년의 검증 손실 차이가 0.044인 반면, 미변화 데이터셋의 검증 손실 차이는 0.013으로 분포하였다. 시계열에 따른 검증 손실의 차이가 미변화 데이터셋이 일반 데이터셋에 비해 약 3.4배 낮았다. 또한, 2010년 토지피복도를 구축하고 전체정확도 평가 결과, 미변화 데이터셋 91.1%, 일반 데이터셋 87.9%으로 미변화 데이터셋이 3%이상 높게 분포하였다. 이에 따라, 미변화지역을 활용하여 데이터셋을 구축한다면, 2019년의 라벨자료를 2010년 위성영상 자료에 효과적으로 적용할 수 있다고 판단된다. 본 연구에서 제시된 데이터셋 구축 방안이 적용된다면, 지속적으로 수집되는 시계열 농림위성 자료를 이용한 데이터셋 구축 비용을 효과적으로 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: In the realm of semantic segmentation using deep learning, it's essential to accurately build labeled data, requiring extensive datasets. This study focused on creating a dataset method for efficient time-series land cover mapping using Rapideye satellite data from 2010 and 2019, alongside 2020 land cover maps. We built and compared two types of datasets: an unchanged dataset extracted from non-changing areas and a general dataset from all areas. Notably, the Unet model showed that the unchanged dataset's validation loss difference was significantly lower and its accuracy for the 2010 land cover map was higher at 91.1%, compared to 87.9% for the general dataset. This indicates that using unchanged areas for dataset construction allows effective application of 2019 labels to 2010 imagery, which could greatly reduce the time and cost in creating datasets with continuous agricultural and forestry satellite imagery.

사사: 본 연구는 한국연구재단 박사과정생연구장려금지원(No. 2022R1A6A3A13055432)의 지원에 의해 이루어진 것임.

포토그래메트리를 이용한 촬영 횟수 및 피팅 기법에 따른 흉고직경 추정 정확도 연구

이상진^{1*}, 이정수¹
(¹강원대학교 산림경영학과)

A Study of DBH Estimation Accuracy Using Photogrammetry Based on Number of Shots and Fitting Techniques

Sang-Jin Lee^{1*}, Jung-Soo Lee¹
(¹Department of Forest Management, Kangwon National University)

요약: 산림의 구조 및 인자들을 체계적으로 조사하는 것은 산림 자원의 효과적인 관리와 활용에 있어서 매우 중요하다. 기존의 흉고직경 측정 방법은 윤척, 직경테이프 등과 같은 전통적인 측정 도구를 사용하였다. 하지만 기존 방법은 인력 부족과 조사자 간 측정 결과의 변동성으로 인해 오차 발생 가능성 등의 문제가 있다. 최근 이러한 문제를 극복하고자 라이다 기술을 사용하는 연구가 활발히 진행되고 있으나, 라이다를 도입하기 위해서는 많은 비용이 소요된다. 최근 국외 연구에서는 포토그래메트리의 비용 효율성과 정확성을 겸비한 기술로 적용 범위가 점차 넓어지고 있다. 이에 따라, 본 연구의 목적은 포토그래메트리 기술을 활용하여 촬영 횟수와 피팅 알고리즘에 따른 흉고직경 추정 정확도를 분석하는 것이다. 이미지의 촬영 횟수는 18회, 36회, 72회로 설정하였으며, 일정한 각도로 취득하였다. 피팅 알고리즘은 최소제곱법을 이용한 원형 피팅, 타원형 피팅, Convex Hull을 이용한 다각형 피팅을 이용하였다. 가장 정확도가 높은 피팅 알고리즘은 원형 피팅이며, 촬영 횟수별 RMSE는 18회 3.70cm, 36회 1.84cm, 72회 1.74cm 순으로 촬영 횟수가 증가함에 따라 정확도가 증가하였다. 하지만 36회와 72회의 RMSE의 차이는 0.1cm로 효율성을 고려한다면, 36장 이미지와 원형 피팅 알고리즘을 이용하는 것이 적합한 것으로 판단된다. 포토그래메트리는 개체목 단위의 고품질 3D 모델 구축이 가능하였으며, 향후 지속적인 연구를 통해 수고, 재적 추정 등 다양한 산림인자를 추정하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: A systematic investigation of forest structure and factors is essential for the effective management and utilization of forest resources. Traditional methods for measuring Diameter at Breast Height (DBH) have relied on conventional tools such as calipers and diameter tapes. However, these methods face challenges due to labor shortages and variability in measurement results among surveyors. Recent studies have been exploring LiDAR technology to overcome these issues, but the high costs of LiDAR implementation remain a barrier. Recent international research has recognized photogrammetry as a cost-effective and accurate technology, with its application scope gradually expanding. Accordingly, this study aims to compare and analyze the accuracy of DBH estimation using photogrammetry, focusing on the number of shots taken and the fitting algorithms used. The study experimented with capturing images in sets of 18, 36, and 72, each taken at consistent angles. The fitting algorithms tested included circular fitting using least squares, elliptical fitting, and polygonal fitting using Convex Hull. Circular fitting proved to be the most accurate, with Root Mean Square Error (RMSE) decreasing as the number of shots increased: 3.70 cm for 18 shots, 1.84 cm for 36 shots, and 1.74 cm for 72 shots. However, given

the minimal RMSE difference between 36 and 72 shots, 36 images combined with circular fitting are deemed most efficient. Photogrammetry has enabled high-quality 3D modeling of individual trees, and ongoing research is expected to expand its application for estimating various forest factors such as tree height and volume.

사사: 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) ‘산림과학기술 연구개발사업(2021359B10-2323-BD01)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

임업진흥권역 제도 개선 방안 제시

하의린¹, 손은희¹, 김형호¹, 성호진^{1*}
 (¹경상국립대학교 산림환경자원학과(농업생명과학연구원))

Suggestions for the Improvement of the Forestry Promotion Area System

Ui Rin Ha¹, Eunhee Son¹, Hyungho Kim¹, Ho Jin Seong^{1*}
 (¹Department of Forest Environmental Resources,
 Gyeongsang National University(Institute of Agriculture & Life Science))

요약: 임업진흥권역은 경제림육성단지, 선도산림경영단지와 지정목적이 유사하며 약 75만ha의 면적이 중복되어 산림정책 지원이 이루어지지 않고 있다. 2008년 대체지정제도가 폐지되며 지속적인 지정해제로 권역이 파편화되고 축소되고 있으며, 임업용산지로 편입되면서 행위규제가 적용되고 있어 권역의 활용에 어려움이 있다. 또한, 현재 임업진흥권역 지정 및 지정해제에 대한 기준은 법적구속력이 없는 업무매뉴얼에 있어 실무활용이 어려운 실정이다. 이를 개선하기 위해 임업진흥권역 지정해제 기준 관련 법률 및 유사제도, 사업지원 등 관리현황, 산지구분체계 개편 등 관련 연구를 분석하여 경제림육성단지와 일원화, 편입, 연계 등 통합 관리제도 방안을 제시하고자 하였다. 또한, 업무매뉴얼에 있는 지정 및 해제 기준에 대하여 법적구속력이 있는 임업진흥권역 관리요령에 상향 입법되도록 하여 실무에서 활용할 수 있도록 하였다. 이는, 경제림육성단지와 임업진흥권역의 통합관리를 통해 지자체의 민원을 해소하고 효율적인 관리를 도모하고 산주들의 임가소득 증대에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract: Forestry promotion areas are similar in their designated purpose to economic forest growing zones and leading forest management zones, with an overlap of about 750,000 hectares where forest policy support is not being implemented. Since the abolition of the alternative designation system in 2008, the areas have been fragmented and reduced due to continuous designation cancellations. Additionally, the inclusion as forest land for forestry purposes has led to the application of regulatory restrictions, making it difficult to utilize these areas. Moreover, the current standards for the designation and cancellation of forestry promotion areas are in an operational manual without legal binding force, making practical application challenging. To improve this, we aim to present an integrated management system that includes unification with economic forest growing zones, incorporation, and connection, based on the analysis of related research on the legal and similar systems, project support, management status, and restructuring of the mountainous land classification system. Furthermore, we have raised the standards for designation and cancellation, which are in the operational manual, to the forestry promotion area management guidelines with legal binding force for practical application. This is expected to resolve complaints from local governments through the integrated management of economic forest growing zones and forestry promotion areas, promote efficient management, and contribute to increasing the income of forest owner.

