

INTEGRATING GLOBAL CANOPY HEIGHT MODELS WITH SATELLITE DATA FOR ENHANCED FOREST INVENTORY IN UKRAINE

Lukeš P.^{1,2}, Ph.D.,

Myroniuk V. V.³, Doctor of Science

*¹Global Change Research Institute, Czech Academy of Sciences
(Czech Republic),*

²Czech Forestry Institute, Frýdek-Místek (Czech Republic),

³National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Petr.Lukes@nli.gov.cz

This study introduces a novel approach to enhance Ukraine's National Forest Inventory (NFI) by integrating global canopy height models (CHMs) with multi-source remote sensing data. We evaluated six state-of-the-art global CHMs – developed by Potapov et al. (2021) [6], Lang et al. (2023) [1], Liu et al. (2023) [2], Pauls et al. (2024, 2025) [4, 5], and Tolan et al. (2024) [7] – against 2,634 in-situ canopy height measurements from the Ukrainian NFI [3]. The CHM by [5] demonstrated the highest accuracy, with an R^2 of 0.68 and a root mean square error (RMSE) of 4.65 m, significantly outperforming earlier models like Potapov et al. (2021) ($R^2 = 0.28$, RMSE = 7.58 m).

Leveraging these results, we integrated Pauls et al. [5] CHM into a machine learning framework combining harmonized optical and radar data from Sentinel-1, Sentinel-2, and ALOS PALSAR. We tested 21 algorithms to address two hypotheses:

1) does CHM-derived canopy height significantly improve forest attribute retrieval accuracy?

2) can regionally trained models (in Ivano-Frankivsk and Sumy oblasts) perform comparably to globally trained models?

Feature importance analysis revealed that CHM-derived canopy height was the most influential predictor, followed by Sentinel-2 shortwave infrared (SWIR) bands, vegetation indices, and backscatter coefficients from ALOS PALSAR and Sentinel-1. Sentinel-2 visible and red-edge bands contributed least to model performance. Among the algorithms, Ridge Regression performed best, though linear and tree-based ensemble methods achieved comparable accuracy.

Using globally trained models based on nationwide NFI data, we retrieved four key forest parameters with reasonable accuracy: stand age ($R^2 = 0.49$, RMSE = 17.86 years), diameter at breast height (DBH; $R^2 = 0.44$, RMSE = 8.54 cm), growing stock volume (GSV; $R^2 = 0.64$, RMSE = 107.67 t·ha⁻¹), and basal area (BA; $R^2 = 0.52$, RMSE = 9.16 m²·ha⁻¹). These results reflect an average relative RMSE of ~11 %, a substantial improvement over our prior study, which reported ~30 % relative errors [3]. Regionally trained models showed a modest performance decline, with average relative errors of ~15 %.

This study demonstrates that integrating high-resolution global CHMs with harmonized satellite data and machine learning provides a scalable, effective solution for strengthening forest monitoring in data-scarce or conflict-affected regions. Therefore, to improve the quality of mapped forest attributes using NFI data, there is a need for regularly updated wall-to-wall CHMs in Ukraine.

References

1. Lang, N., Jetz, W., Schindler, K. & Wegner, J. D. (2023). A high-resolution canopy height model of the Earth. *Nature Ecology & Evolution*, 7(11), 1778-1789. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6>.
2. Liu, S., Brandt, M., Nord-Larsen, T., Chave, J. ... Fensholt, R. (2023). The overlooked contribution of trees outside forests to tree cover and woody biomass across Europe. *Science Advances*, (9), article Id: eadh4097. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh40>.
3. Myroniuk, V., Weinreich, A., Von Dosky, V., Melnychenko, V. ... Davis, R. (2024). Nationwide remote sensing framework for forest resource assessment in war-affected Ukraine. *Forest Ecology and Management*, (569), article ID: 122156. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122156>.
4. Pauls, J., Zimmer, M., Kelly, U. M., Schwartz, M. ... Gieseke, F. Estimating Canopy Height at Scale. *41st International Conference on Machine Learning (ICML 2024)* (Vol. PMLR 235, pp. 39972–39988). 21-27 July, 2024, Vienna, Austria: Proceedings. <https://openreview.net/forum?id=ZzCY0fRver>.
5. Pauls, J., Zimmer, M., Turan, B., Saatchi, S. ... Gieseke, F. (2025). Capturing Temporal Dynamics in Large-Scale Canopy Tree Height Estimation. <https://arxiv.org/abs/2501.19328>.
6. Potapov, P., Li, X., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A. ... Hofton, M. (2021). Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, (253), article ID: 112165. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112165>.
7. Tolan, J., Yang, H.-I., Nosarzewski, B., Couairon, G. ... Couprie, C. (2024). Very high resolution canopy height maps from RGB imagery using self-supervised vision transformer and convolutional decoder trained on aerial lidar. *Remote Sensing of Environment*, (300), article Id: 113888. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113888>.



Міжнародна науково-практична конференція з нагоди 185-річчя ННІ лісового і садово-паркового господарства НАН України

ЛІСІВНИЧА ОСВІТА ТА НАУКА В УМОВАХ НАЦІОНАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ



КИЇВ • 5-6 червня
2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І
САДОВОПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА**

ТОВАРИСТВО ЛІСІВНИКІВ УКРАЇНИ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

**УЧАСНИКІВ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ЛІСІВНИЧА ОСВІТА ТА НАУКА В
УМОВАХ НАЦІОНАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ
ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ
УКРАЇНИ»
(5 – 6 червня 2025 року)**

КИЇВ – 2025

Міжнародна науково-практична конференція «ЛІСІВНИЧА ОСВІТА ТА НАУКА В УМОВАХ НАЦІОНАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ».

Рекомендовано до друку науковою радою НДІ лісівництва та декоративного садівництва Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 9 від 19 травня 2025 р.)

Відповідальні за випуск:

директор НДІ лісівництва та декоративного садівництва,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент О.П. Бала

кандидат технічних наук, доцент О.Ю. Горбачова

© Національний університет біоресурсів і природокористування України,
ННІ лісового і садово-паркового господарства,
НДІ лісівництва та декоративного садівництва, 2025