

УДК 528.94:6303+502.174+504.5(477.87)

105

ГРОШОВА ОЦІНКА ЗБИТКІВ У РЕЗУЛЬТАТІ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ РУБОК НА ОСНОВІ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Касіянчук Дмитро^{1}, Пилип'юк Юліана², Боднарук Ірина¹*

¹ Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, *e-mail: dmvtro.kasianchuk@nung.edu.ua

² ст.гр. ГЗ-24-1, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Анотація. Представлено методику виявлення потенційних незаконних вирубок лісів на території Національного природного парку «Гуцульщина» шляхом аналізу супутникових знімків Sentinel-2 за 2021 та 2023 роки. Для виявлення змін у рослинному покриві застосовано спектральні індекси NBR, EVI та Forest Degradation Index (FDI), з використанням порогових значень: $dNBR < -0,35$, $dEVI < -0,35$, $FDI (RBR) > 0,35$. Встановлено, що за цей період потенційна площа вирубок становить 4,1 га, що відповідає приблизно 1600–2000 деревам. Оцінка втраченої біомаси складає 820 тонн, а прямі економічні збитки, за ринковою вартістю деревини (2023 р), оцінюються у понад 3,4 млн грн. Порівняння з офіційними даними прокуратури, де вказується на вирубку понад 1700 дерев і збитки на суму понад 257 млн грн, свідчить про істотну різницю між ринковими та екологічними втратами. Отримані результати підтверджують ефективність використання дистанційного зондування Землі для попереднього моніторингу лісокористування у природоохоронних зонах та підсилення доказової бази в розслідуваннях екологічних правопорушень.

Ключові слова: незаконні вирубки, дистанційне зондування Землі, Sentinel-2, спектральні індекси, Гуцульщина, оцінка

Вступ

Контроль за незаконними рубками в лісових масивах в умовах недостатнього фінансування та складного рельєфу залишається значною проблемою для більшості природоохоронних територій України, зокрема Карпатського регіону. Для нашого дослідження обрано територію Національного природного парку «Гуцульщина» (Івано-Франківська область, Косівський район), зокрема околиці урочища біля сіл Город і Вербовець, де, за повідомленнями ЗМІ та екоактивістів, протягом 2021–2023 рр. було зафіксовано факти незаконних рубок. Національний природний парк охоплює території з різноманітною орографією та типами лісових угідь – від букових та ялицевих до змішаних смерекових лісів, які є особливо вразливими до інтенсивного втручання.

Актуальність теми дослідження

У результаті з березня 2022 по березень 2023 року незаконно вирубано понад 1,7 тисячі дерев різних порід (Environmental Rights Action., 2023). Під виглядом вибіркових санітарних рубок на заповідній території масово знищили дерева. За повідомленням Івано-Франківської обласної прокуратури цим заподіяли шкоду навколишньому природному середовищу на суму понад 257 мільйонів гривень.

Методика

Оцінка економічних втрат від незаконного спалювання лісів здійснювалася на основі поєднання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геоінформаційного аналізу та

грошової оцінки втраченої лісової біомаси (Hansen et al., 2016; Mujetahid et al., 2023; Valbuena et al., 2023).

Методика полягає у порівнянні космічних знімків Sentinel-2 за допомогою індексів NBR та EVI для виявлення потенційних вирубок, з додатковою фільтрацією за Forest Degradation Index (FDI), що враховує деградацію лісу на основі зміни індексу NBR. Для оцінки вегетаційних умов також аналізується зміна евапотранспірації за даними MODIS. Втрати біомаси (в тоннах сухої речовини) обчислювалися за допомогою усереднених нормативів лісової продуктивності (т/га), які залежать від типу насадження та вікової структури. Для цього використовувалися показники, рекомендовані FAO та національними лісовими кадастрами.

Формула для розрахунку втраченої біомаси (1):

$$V_{\text{loss}} = A \cdot Y \tag{1}$$

де, V_{loss} – втрачена біомаса, т, A – площа пошкодженого лісу, га, Y – середня врожайність деревини, т/га (залежно від породи та регіону).

Економічні втрати розраховувалися як добуток втраченої деревини на середню ринкову вартість 1 тонни деревини відповідного типу (2):

$$L = V_{\text{loss}} \cdot P \tag{2}$$

де, L – грошові втрати, грн, P – ціна 1 тонни деревини (ринкова або нормативна).

Просторовий аналіз засобами Google Earth Engine та грошова оцінка

Для виявлення потенційних вирубок лісу на досліджуваній території були використані супутникові знімки Sentinel-2 за червень 2021 та липень 2023 років (рис. 1) у середовищі Google Earth Engine (GEE).

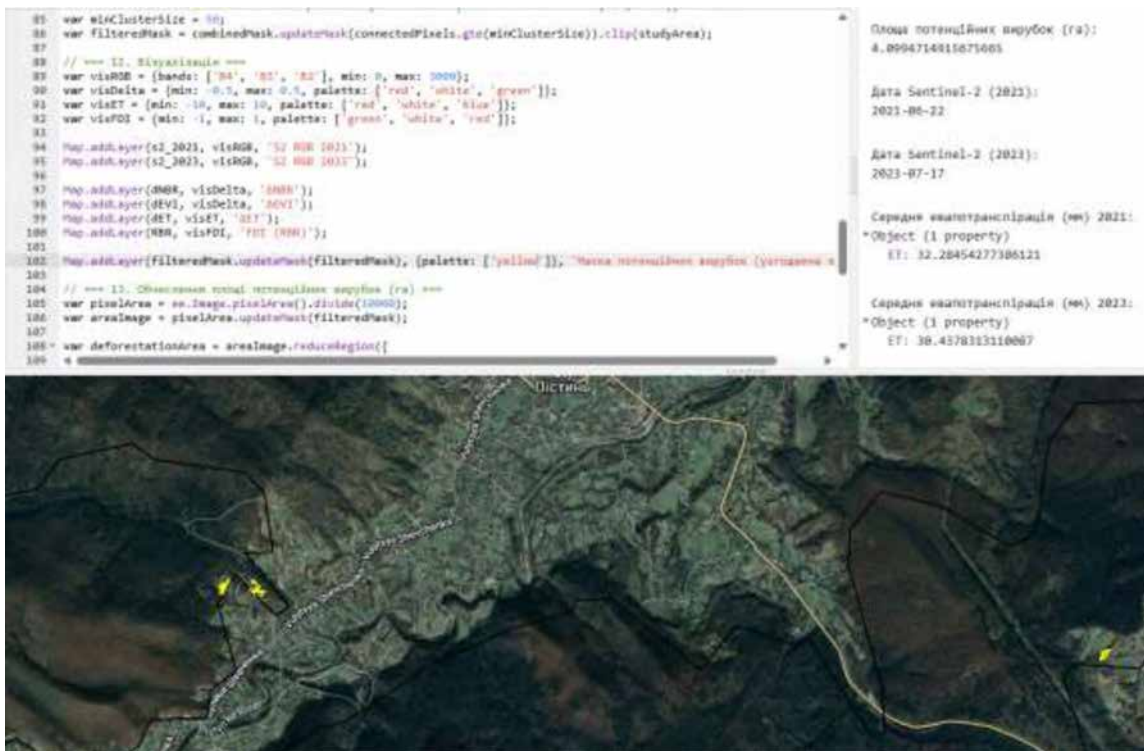


Рисунок 1. Скрин вікна GEE з результатами (на прикладі НПП «Гуцульщина»)

Аналіз ґрунтувався на порівнянні змін двох вегетаційних індексів – NBR та EVI. Індекс NBR, чутливий до деградації лісів, виявив суттєві зміни з порогом -0,35. Індекс EVI, стійкий до атмосферних перешкод і точніший для густої рослинності, застосовувався з

порогом -0,3. Для підвищення достовірності також розраховано Forest Degradation Index (FDI), або Relative Burn Ratio, з порогом 0,35 – як додатковий фільтр, що зменшив кількість хибних результатів.

Індекс NDVI, через слабку чутливість до змін лісового покриву на цій території, до аналізу не включався. З метою підтвердження змін в рослинному покриві було проаналізовано середні значення евапотранспірації (ET) за даними MODIS. Її зниження з 32,3 мм у 2021 році до 30,4 мм у 2023 році вказує на певний стрес рослинності, що узгоджується з іншими індикаторами деградації.

У результаті аналізу виявлено потенційно вирубану ділянку площею 4,1 га. З огляду на середню щільність деревостанів у Карпатах (500–600 дерев на гектар), це відповідає знищенню близько 1700 дерев, що корелює з офіційними повідомленнями. Використання кількох індексів із погодженими порогоми забезпечило побудову надійної карти вирубок.

Для оцінки втрати біомаси взято середню врожайність деревини для листяних порід – 200 тонн з гектара. Таким чином, втрати біомаси становлять приблизно 820 тонн. За середньою ринковою вартістю 2023 року – 4189,8 грн/т, економічні збитки оцінюються у близько 3,4 млн грн. Хоча ці розрахунки є орієнтовними, вони дають уявлення про масштаб екологічних та економічних втрат у межах досліджуваної ділянки.

Висновки

Використання комбінації індексів ΔNBR , ΔEVI та Forest Degradation Index (FDI) з відповідними порогоми дає обґрунтований інструмент для картування потенційних вирубок. Аналіз евапотранспірації підтримує отримані висновки, підтверджуючи зміни в стані рослинності. Результати узгоджуються з офіційними статистичними даними про обсяги вирубок. Запропонований підхід дозволяє не лише оперативного виявляти ділянки деградації, але й кількісно оцінювати екологічні та економічні наслідки вирубок. У грошовому еквіваленті оцінені збитки у понад 3,4 мільйона гривень свідчать про значні втрати, які можуть бути використані для обґрунтування компенсацій або екологічного податку. Отримані результати можуть лягти в основу системи моніторингу та прийняття управлінських рішень на рівні лісової політики, спрямованих на попередження незаконних рубок та раціональне використання лісових ресурсів.

Перелік літературних джерел

- Mujetahid, A., Nursaputra, M., & Soma, A. S. (2023). Monitoring illegal logging using Google Earth engine in Sulawesi Selatan Tropical Forest, Indonesia. *Forests*, 14(3), 652. <https://doi.org/10.3390/f14030652>
- Yordanov, V., & Brovelli, M. A. (2021). Deforestation mapping using Sentinel-1 and object-based random forest classification on Google Earth Engine. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2021, 865–872. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xliii-b3-2021-865-2021>
- Environmental Rights Action. (2023). *Моніторинговий звіт про незаконні рубки в НПП «Гуцульщина»*. <https://epl.org.ua/>
- Valbuena Gaona, M. P., Ferrucho Parra, C. C., Prieto Arenas, M. A., & Muñoz Bravo, G. A. (2023). Tool to generate deforestation and illegal mining alerts with remote sensing. *Environmental Sciences Proceedings*, 28(1), 27. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2023028027>
- European Space Agency. (n.d.). *Copernicus Open Access Hub*. Retrieved July 20, 2025, from <https://scihub.copernicus.eu>



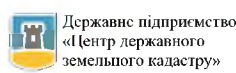
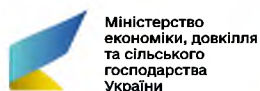
Асоціація
Фахівців
Землеустрою
України



Асоціація
Сертифікованих
Геодезистів
України
ПРОФЕСІЙНА ОРГАНІЗАЦІЯ

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Міжнародної конференції
"Land Unity Summit 2025"
11-12 вересня 2025 р.,
Івано-Франківськ



УДК 528+332:349
М-34

Матеріали Міжнародної конференції “Land Unity Summit 2025” 11–12 вересня 2025 р., Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2025.– Мова укр. і англ.

ISBN-978-966-694-497-2-2025

У збірнику матеріалів конференції представлені роботи, які відображають загальнотеоретичні, методологічні, практичні проблеми та результати досліджень у галузі геодезії, інженерної геодезії, картографії, аерофотогеодезії, фотограмметрії, геоінформатики, кадастру, просторового планування територій, правових відносин у галузі землекористування та раціонального природокористування. Рекомендується для науковців, викладачів, аспірантів, студентів та широкого кола громадськості.

Матеріали конференції подано в авторській редакції. Відповідальність за зміст поданих матеріалів та точність наведених даних несуть автори.

ISBN-978-966-694-497-2-2025

© ІФНТУНГ, 2025