

РОЗРОБЛЕННЯ ВИМОГ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ

Кравець Олена^{1*}, Незамай Борис², Гарматюк Віталій³

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

²⁻³ Кафедра інформаційних технологій, Карпатського національного університету імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна

Анотація. Розроблено вимоги до програмного забезпечення та, на їх основі, веб-платформу для автоматизованого моніторингу та аналізу лісових ресурсів. Виявлено ключові недоліки існуючого програмного забезпечення, зокрема обмежену інтеграцію даних з різних джерел та недостатні аналітичні можливості. На основі аналізу сучасних методів (дистанційне зондування, ГІС, LiDAR) та особливостей лісових ресурсів було створено програмну систему. Розроблена платформа поєднує картографування, облік ресурсів, відстеження техніки та управління завданнями. Результати дослідження підтверджують, що створений веб-додаток є ефективним інструментом для сталого лісового господарства, який допомагає підвищити точність управління та оперативність прийняття рішень.

Ключові слова: лісові ресурси, ГІС, веб-платформа, програмне забезпечення.

Актуальність теми дослідження

Ефективне управління лісовими ресурсами є важливим завданням з огляду на екологічні виклики, такі як зміна клімату, вирубування лісів та природні катастрофи. Незважаючи на існування різних засобів для моніторингу та аналізу лісових ресурсів, багато з них мають суттєві недоліки, які ускладнюють їх використання в лісовому господарстві. Передусім, більшість сучасних систем не здатні ефективно об'єднувати дані з різних джерел, таких як супутникові знімки, дані наземних спостережень, БПЛА, архівні записи та бази даних. Існуюче програмне забезпечення часто пропонує лише базові аналітичні функції, не забезпечуючи глибокого аналізу даних. Такі можливості, як прогнозування тенденцій, моделювання сценаріїв або виявлення аномалій, зазвичай відсутні.

Таким чином, існуючі рішення для моніторингу та аналізу лісових ресурсів мають низку недоліків, а саме: недостатня інтеграція даних, обмежена аналітика, висока вартість, складність у використанні та відсутність підтримки мобільних пристроїв. Ці проблеми знижують їхню ефективність та доступність і виникає потреба в розробленні нової веб-платформи, яка зможе подолати ці обмеження, забезпечуючи комплексне, зручне та економічно вигідне рішення для ведення лісового господарства.

Методика

У дослідженні використано методи аналізу та синтезу. Проведено аналіз особливостей лісових ресурсів, методів їх моніторингу та існуючого програмного забезпечення в цій галузі. На основі виконаного аналізу розроблено стратегію створення нової веб-платформи для моніторингу лісових ресурсів.

Виклад основного матеріалу

Моніторинг та аналіз лісових ресурсів відіграють ключову роль у веденні сталого лісового господарства. Традиційні методи моніторингу лісових ресурсів базуються переважно на наземних дослідженнях, таких як лісова таксація та польові дослідження.

Завдяки швидкому розвитку технологій з'явилися нові методи моніторингу, які дозволяють охоплювати великі території з високою точністю та мінімальною участю людини. Дистанційне зондування передбачає використання супутникових знімків (Landsat, Sentinel, Planet) для аналізу стану лісового покриву (Goodbody, T., 2019). ГІС є потужним інструментом для обробки, інтеграції та аналізу просторових даних. Геоінформаційні системи дають змогу створювати детальні карти лісових масивів, моделювати їхній стан і прогнозувати зміни залежно від різних факторів (Chaskovsky, O., 2020), (Horelyk, S., 2023), (Kulbanska, I., 2020). Технологія лазерного сканування (LiDAR) використовується для створення тривимірних моделей лісових масивів. Вона забезпечує високу точність у визначенні висоти дерев, щільності крон і структури підліску, що робить її незамінною для детального аналізу лісових ресурсів (Banskota, 2014). Зібрані дані потребують обробки та аналізу. Для цього застосовуються різні аналітичні підходи, зокрема: статистичні методи, машинне навчання, просторовий аналіз (Gavilán-Acuña, G., 2021).

Моніторинг та аналіз лісових ресурсів є багатогранним процесом, який потребує поєднання традиційних методів із сучасними технологіями. Кожен із цих підходів має свої сильні та слабкі сторони, але їх інтеграція в єдину систему дозволяє досягти максимальної ефективності. Така система забезпечить автоматизацію збору й обробки даних, високу точність аналізу, візуалізацію, а також оперативність у прийнятті рішень, що є критично важливим для збереження лісів і сталого розвитку лісового господарства. В процесі розробки веб-додатку для моніторингу лісових ресурсів важливим етапом є аналіз існуючих програмних рішень, що вже використовуються у цій галузі. Це дозволяє визначити наявні функціональні можливості, підходи до реалізації, а також виявити їх сильні сторони та недоліки. Було проаналізовано наступне програмне забезпечення: AFRY Smart Forestry Manager, FOVEA Forest Management System, Remsoft Operations, «Управління лісовим господарством». Кожен із згаданих продуктів має свої особливості, переваги та недоліки.

Розробка веб-платформи для автоматизованого моніторингу та аналізу лісових ресурсів вимагає глибокого розуміння їх особливостей, а також специфіки методів і підходів до моніторингу. Лісові ресурси мають унікальні властивості, які визначають підходи до управління ними та моніторингу. Ці характеристики впливають на дизайн і функціонал веб-платформи: просторова неоднорідність; динамічність; багатокomпонентність; вразливість до зовнішніх факторів; економічна та екологічна цінність.

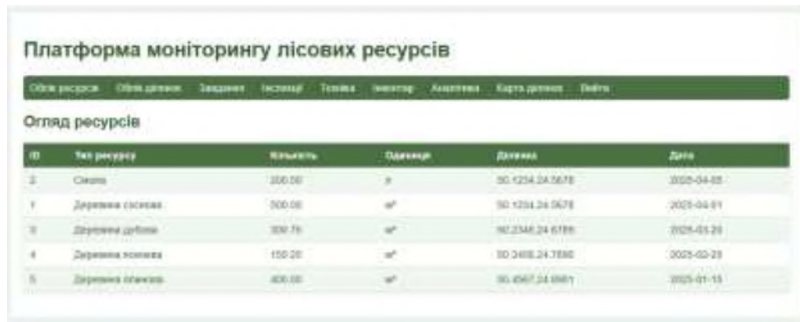
Представлений веб-додаток являє собою інтегровану систему управління лісовим господарством, що забезпечує комплексний облік та планування лісгосподарської діяльності. Основним призначенням системи є автоматизація процесів обліку лісових ресурсів, управління ділянками лісу, планування робіт та контроль за виконанням завдань з використанням геоінформаційних технологій. Система спрямована на підвищення ефективності управління лісовими ресурсами шляхом централізованого збору, обробки та візуалізації даних про стан лісових ділянок, наявні ресурси та виробничі процеси. На відміну від аналогічних систем, розроблений веб-додаток має ряд суттєвих відмінностей:

- інтеграція геопросторових даних з управлінням ресурсами - система поєднує в собі функціонал картографування лісових ділянок з модулями обліку інвентарю та управління завданнями, забезпечуючи цілісний підхід до лісгосподарського планування;
- відстеження техніки у реальному часі - впроваджено функціонал моніторингу розташування лісгосподарської техніки на карті з можливістю візуального

розмежування ділянок та обладнання, що підвищує ефективність логістики та операційного планування;

- гнучка система обліку ресурсів - реалізовано детальний облік лісових ресурсів з прив'язкою до конкретних ділянок, що дозволяє проводити більш точний аналіз продуктивності та планування заготівельних робіт;
- інтегроване управління завданнями - система включає функціонал для призначення та контролю виконання робіт з прив'язкою до конкретних працівників та ділянок, забезпечуючи можливість відстеження виробничих процесів лісового господарства.

На рисунку 1 наведено головну сторінку розробленої веб-платформи, яка слугує центральним пунктом доступу, надаючи користувачу навігацію до всіх основних розділів: "Облік ресурсів", "Облік ділянок", "Облік працівників", "Завдання" та "Інспекції".



ID	Тип ресурсу	Кількість	Статус	Ділянка	Дата
1	Сікоть	100.00	ак	80.1234.24.5678	2022-04-05
2	Дерева сікоти	500.00	ак	80.1234.24.5678	2022-04-01
3	Дерева дуби	100.75	ак	80.2345.24.6789	2022-05-20
4	Дерева сосни	150.20	ак	80.3456.24.7890	2022-02-28
5	Дерева берези	400.00	ак	80.4567.24.8901	2022-01-15

Рисунок 1. Головна сторінка платформи з таблицею ресурсів

Висновки

Результатом виконаних досліджень є реалізоване програмне забезпечення, яке включає функції обліку ресурсів, планування завдань, контролю інспекцій, управління персоналом, і може бути використане при веденні моніторингу лісових ресурсів.

Перелік літературних джерел

- Banskota, A., Kayastha, N., Falkowski, M. J., Wulder, M. A., Froese, R. E., & White, J. C. (2014). Forest Monitoring Using Landsat Time Series Data: A Review. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 40(5), 362–384. <https://doi.org/10.1080/07038992.2014.987376>
- Chaskovskyy, O. H., & Hrynyk, H. H. (2020). Estimation of losses of forest cover of the Ukrainian Carpathians by remote methods based on the materials of open sources of satellite information. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(1), 66–73. <https://doi.org/10.36930/40300111>
- Gavilán-Acuña, G., Olmedo, G. F., Mena-Quijada, P., Guevara, M., Barriá-Knopf, B., & Watt, M. S. (2021). Reducing the Uncertainty of Radiata Pine Site Index Maps Using an Spatial Ensemble of Machine Learning Models. *Forests*, 12(1), 77. <https://doi.org/10.3390/f12010077>
- Goodbody, T. R., Coops, N. C., & White, J. C. (2019). Digital aerial photogrammetry for updating area-based forest inventories: A review of opportunities, challenges, and future directions. *Current Forestry Reports*, 5, 55–75. <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00087-2>
- Horelyk, S., Saul-Hoze, D., & Sych, R. (2023). Methodology for determining forest losses using GIS technologies. *Ukrainian journal of remote sensing*, 10(2), 19–26. <https://doi.org/10.36023/uirs.2023.10.2.237>
- Kulbanska, I. M. (2024). Monitoring of changes in the forest cover area of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians using geoinformation technologies. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), 23-28. <https://doi.org/10.36930/40340503>