



Ю. В. Ковць, О. В. Максимець, Ю. В. Шведюк

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ЧЕРЕЗ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ В ЛІСОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Описано важливість інвентаризації лісових ресурсів природного капіталу для зниження економічних витрат лісового підприємства через порівняння сучасних альтернатив моніторингу цього інструменту. Наведено актуальні тлумачення вітчизняних дослідників щодо користі впровадження нових технологій у моніторинг лісових площ для скорочення фінансових витрат на польові виїзди, використання пального, технічне обслуговування та ремонт знарядь і пристроїв інвентаризації лісових ресурсів й оплату праці персоналу, залученому до таких робіт, та описано відмінності між засобами спостереження та обчислення. Використано метод багатокритеріального порівняння задля зіставлення таких засобів інвентаризації лісових ресурсів, як супутникове спостереження, безпілотні літальні апарати, сенсорні мережі та інтерактивні платформи з інтегрованим штучним інтелектом через їх відповідність екологічному, економічному, соціальному, технологічному та інноваційному факторам та масштаби застосування в них. Обчислено величину ефективності кожної з альтернатив моніторингу з урахуванням експертних оцінок, взятих за джерела дослідження та застосовуючи нормалізовану матрицю переваг та ранжування альтернатив моніторингу з показниками неузгодженості та рандомізації. Встановлено, що серед досліджуваних інструментів лісового моніторингу найкращі результати показало супутникове спостереження, оскільки підсумок обчислення наводять вищі дані, ніж в інших засобах. Виявлено, що супутникове спостереження становить найбільшу вигоду для підприємства через відсутність спричинення збитків на природні ресурси господарства, широку доступність у придбанні готових даних без необхідності витрат коштів та часу на проведення обстеження лісових територій, відкритість для громадськості та адаптивності до кооперації з іншими прогресивними технологіями, зокрема алгоритмами штучного інтелекту та аналітичними програмами. Охарактеризовано дієвість такої альтернативи моніторингу через вираження її функцій у п'яти критеріях, за якими було здійснено ранжування. Така тематика в цій галузі економіки має перспективи до подальших етапів дослідження за умови технологічних нововведень в моніторингу, внесенні в розрахунки додаткових критеріїв порівняння та наведення нових аргументів експертних оцінок фахівців.

Ключові слова: управління лісовими ресурсами; інвентаризація у менеджменті; сталий розвиток; критерії вагомості; порівняння альтернатив моніторингу; удосконалення процесів моніторингу.

Вступ / Introduction

Актуальність питання інвентаризації лісових ресурсів у галузі лісового господарства зумовлена не тільки потребою обчислення ресурсного капіталу підприємства, але й необхідністю пошуків шляхів для зниження виробничих витрат. Дослідники описують технологічний розвиток інвентаризації лісових ресурсів як метод заощадження коштів на проведенні обліку та обслуговуванні обчислювальних приладів, однак у цій галузі досліджень мало описують питання вибору найбільш економічно вигідних інструментів моніторингу. Ця проблема вимагає порівняння сучасних альтернатив моніторингу інвентаризації лісових ресурсів за різними фак-

торами з вибором придатного методу для підприємства як результат.

Об'єкт дослідження – управління лісовим господарством через моніторинг та інвентаризацію лісових масивів.

Предмет дослідження – методи і засоби управління лісовими ресурсами через інвентаризацію господарської діяльності та удосконалення виробничих процесів, що дасть змогу проаналізувати статті витрат на їх реалізацію, а також встановити рівень втручання у природний капітал лісового підприємства.

Мета роботи – з'ясувати особливості формування управлінських рішень через порівняння різних способів

© Copyright 2026 by the author(s)

Ковць Юрій Васильович, магістр, кафедра менеджменту. Email: 073.24Kovts.Yu@nltu.lviv.ua; <https://orcid.org/0009-0008-8929-8099>

Максимець Олена Віталіївна, канд. екон. наук, доцент, завідувач кафедри менеджменту.

Email: olena.maksymets@nltu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-8395-6195>

Шведюк Юлія Володимирівна, канд. екон. наук, доцент, кафедра менеджменту. Email: shvediukiuliia@nltu.edu.ua;

<https://orcid.org/0000-0001-5337-6173>

Цитування за ДСТУ: Ковць Ю. В., Максимець О. В., Шведюк Ю. В. Удосконалення виробничого процесу через інвентаризації в лісовому господарстві. Науковий вісник НЛТУ України. 2026, т. 36, № 1. С. 72–79.

Citation APA: Kovts, Yu. V., Maksymets, O. V., & Shvediuk, Yu. V. (2026). Improvement of the production process in forestry through inventory. *Scientific Bulletin of UNFU*, 36(1), 72–79. <https://doi.org/10.36930/40360108>

інвентаризації лісових ресурсів за кількома критеріями, що допоможе визначити доцільність застосування кожного з них за вартістю застосування, завданою шкодою довкіллю, суспільною вигодою та ефективністю нововведень у технологіях.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- здійснити аналіз сучасних інструментів інвентаризації лісових ресурсів лісових господарств та охарактеризувати їх застосування за різними критеріями оцінювання з погляду збалансованого управління, що дасть змогу проаналізувати статті витрат на його реалізацію, встановити рівень втручання в природний капітал лісового підприємства та цінність отримуваних даних для виробничого процесу;
- провести комплексне порівняння усіх альтернатив моніторингу інвентаризації лісових ресурсів за такими критеріями: екологічний, економічний, соціальний, технологічний, інноваційний, що допоможе визначити доцільність застосування кожного з них за вартістю застосування, завданою шкодою довкіллю, суспільною вигодою та ефективністю нововведень у технологіях;
- обчислити показники альтернатив моніторингу та визначити доречність їх інтегрування в інвентаризацію лісового господарства, що інформуватимуть про те, наскільки кожен з інструментів інвентаризації лісових ресурсів підходить для лісового господарства у числовому вираженні та із зіставленням отриманих результатів відповідно.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [5] наведено характеристику важливості скорочення виробничих витрат та зростання доходів у лісовій галузі через інновації у виробництві, наприклад: "...забезпечення високого рівня ефективності виробничо-господарської діяльності постійних лісокористувачів значною мірою визначається високим техніко-технологічним рівнем основного капіталу..." [5, с. 10], однак аргументи наведено узагальнено і не конкретизовано інструмент скорочення витрат, яким може слугувати моніторинг.

У дослідженнях [4, 15] наведено перелік поширених інноваційних методів інвентаризації лісового господарства та рівень їх вагомості, переваги щодо впровадження та додаткові можливості від використання, проте вони потребують детальнішого зіставлення даних альтернатив моніторингу за різними показниками.

У роботі [9] розглянуто нюанси застосування штучного інтелекту в питаннях збору інформації, аналізі масивів даних, розробленні планів дій щодо внесення коректив у покращення діяльності підприємства, проте тема обліку й розрахунку недостатньо розкрита.

Згідно з дослідженням [10], здійснено порівняння альтернатив моніторингу за різними критеріями оцінювання та визначено кращу опцію для проведення інвентаризації лісового господарства.

Аналіз перерахованих робіт свідчить про відсутність порівняння альтернатив моніторингу для проведення моніторингу природних ресурсів лісових господарств

через методи багатокритеріального вибору, а отже, не були раніше враховані критерії вагомості в разі застосування інструментів інвентаризації лісових ресурсів, тому було ухвалено рішення про здійснення такого порівняння у цьому науковому дослідженні.

Матеріали та методи дослідження. Порівняння переваг альтернатив моніторингу дослідження здійснювали на підставі останніх досліджень та публікацій, враховуючи експертні оцінки авторів та їх трактування загальної користі від сучасних інструментів лісової інвентаризації лісових ресурсів. Розрахунки проводили із використанням методу багатокритеріального вибору, побудовою матриці альтернатив моніторингу та їх ранжуванням.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Застосування дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем (ГІС) та алгоритмів штучного інтелекту відкриває нові можливості для професійного обліку лісових ресурсів. Проведення інвентаризації лісових ресурсів і земель, вкритих лісовою рослинністю, сприяє не тільки удосконаленню ведення лісгосподарської діяльності, але й створює передумови для отримання правовстановчої документації на землю. У цьому контексті інвентаризація виступає інструментом стратегічного управління, забезпечуючи інформаційну базу для планування, ведення кадастрового обліку та моніторингу лісових масивів.

Роль інвентаризації лісових ресурсів у лісгосподарствах не обмежується лише обліком дерев, а й має значно ширший перелік переваг для промисловості. По-перше, це пришвидшення, автоматизація та цифровізація виробничого процесу. Дані про забезпечення ресурсами стають точнішими та актуальними, що підтверджують роботи таких науковців (табл. 1).

Другим плюсом є удосконалення лісозаготівель зі скороченням витрат, завдяки якій лісові підприємства можуть планувати заготівлю з максимальною рентабельністю та уникати перевиробки, економити на логістиці та зменшувати кількість неспридатної або низькоякісної сировини. Вітчизняні вчені так описують цю функцію інвентаризації лісових ресурсів (табл. 2). За сучасних умов ведення лісового господарства спостерігається тенденція до активного впровадження інноваційних засобів для оперативного спостереження, документування та акумулювання інформації, проведення всебічного аналізу та якісного оцінювання поточного стану лісових екосистем, а також прогнозування динаміки їх розвитку на перспективу.

Кожну з цих технологій уже застосовують за кордоном через їх вигоду або показники технологічної результативності. Приклад наведено на рис. 1.

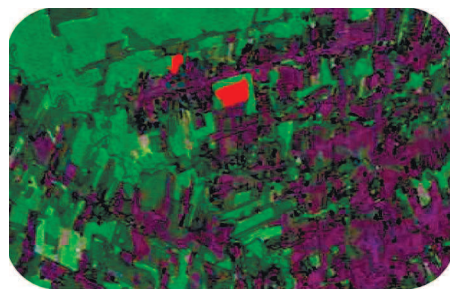
Табл. 1. Значення нових технологій в удосконаленні виробничих процесів лісових господарств /
The importance of new technologies in improving forestry production processes

Дослідник	Тлумачення
Стоянець Н. В., Камаєв С. О.	"Цифровізація виробничих процесів може покращити ефективність роботи лісгосподарських підприємств та забезпечити точність і швидкість оброблення даних, що може бути корисним для прийняття управлінських рішень" [13, с. 122].
Муравйов Ю. В.	"Запровадження сучасних технологій, таких як автоматизовані системи моніторингу, аналітика даних та використання штучного інтелекту, здатні істотно підвищити ефективність управлінських рішень у лісовому господарстві. Наприклад, використання дронів для аерофотознімання лісових масивів дає змогу отримувати

	точні дані про стан лісів, виявляти проблемні ділянки та планувати заходи з відновлення. Окрім цього, геоінформаційні системи (ГІС) можуть бути використані для просторового аналізу та моделювання розвитку лісових екосистем, що сприяє ухваленню обґрунтованих управлінських рішень" [7, с. 114].
Карпук А. І., Голян В. А., Буценко Р. А.	"Вагомий вплив на процеси відтворення основного капіталу лісового господарства здійснюють процеси цифровізації процесів руху лісопродукції. Цифровізація змінила систему управління лісовим господарством, зокрема дала можливість оперативніше приймати рішення в частині вирішення проблем лісгосподарського та природоохоронного призначення" [1, с. 119].
Мулик Т. О., Іщенко Я. П.	"...інноваційні технології, такі як супутникова зйомка, лазерне сканування та програмне забезпечення для управління лісовими ресурсами, можуть допомогти підприємствам отримувати більш точні дані про запаси лісу, заготівлю деревини та інші облікові показники. Це може призвести до кращого прийняття рішень, зниження витрат та підвищення прибутку" [6, с. 106].

Табл. 2. Дослідження українських науковців щодо зниження витрат лісових господарств /
Studies by Ukrainian Researchers on Cost Reduction in Forest Enterprises

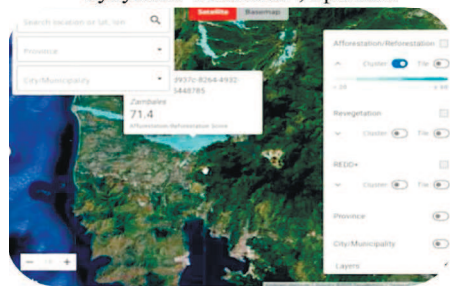
Дослідник	Тлумачення
Хрик В. М., Кімейчук І. В., Костянук А. Б.	"Ефективне управління витратами дає змогу знизити собівартість та підвищити маржинальність, що досягається завдяки впровадженню інноваційних технологій, оптимізації процесів виробництва та логістики, а також зниженню витрат на сировину і матеріали" [2, с. 126].
Марчук Ю. М., Демидюк С. М., Аксаїтов Р. Ш., Доценко Т. Г.	"Модернізація та реконструкція виробничотехнічної бази лісопереробки необхідна для зниження рівня матеріальних та енергетичних витрат, що виступає вагомим чинником отримання цінової конкурентної переваги на міжнародному та національному цільових ринках. Зниження величини операційних витрат продукції лісопереробки та отримання конкурентних цінових переваг дасть змогу збільшити виручку від реалізації та відповідно прибуткові надходження, а це в підсумку сприятиме зростанню рентабельності лісопереробки в цілому" [5, с. 10].
Стоянець Н. В.	"Основними напрямками інтелектуалізації є точне лісівництво через використання дронів, супутникових знімків, лазерного сканування (LiDAR) для отримання детальних даних про стан лісових насаджень, їхню структуру, біомасу, видовий склад та санітарний стан... Економічна складова забезпечує оптимізацію ресурсів, підвищення продуктивності праці, зниження операційних витрат та збільшення доданої вартості продукції лісового господарства, цифровізація ланцюгів постачання забезпечує прозорість та ефективність на ринку деревини" [12, с. 188-189].
Шведюк Ю. В., Швець Т.	"Інноваційні рішення підвищують продуктивність праці, оптимізують виробничі процеси, зменшують витрати ресурсів, сприяють розробленню ефективних і дієвих підходів до системи управління, підвищують конкурентоспроможність лісгосподарських підприємств і послаблюють негативний вплив на довкілля" [11, с. 107].



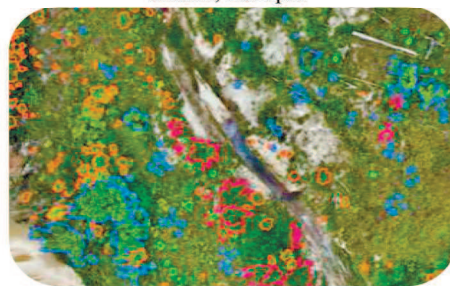
Супутник "PRODES", Бразилія



БПЛА, Австрія



Мережа "Picterra", Швейцарія



Програма "Morfo", Центральна Америка

Рис. 2. Використання засобів інвентаризації лісових ресурсів у інших країнах / Use of forest resource inventory tools in other countries [4, 9]

Розглянемо найпоширеніші підходи та їх докладну характеристику й потенційні можливості (рис. 2). Адже відомо [9], інвентаризація лісових ресурсів в Україні містить наземні вимірювання (обмір дерев, оцінювання порід, ґрунтів) та дистанційні методи (аерофотозйомка, супутникові дані), що дозволяють визначити площу, запас деревини та стан лісів. Вона проводиться за допомогою геоінформаційних систем (GIS), картографічних матеріалів (формат SHP) та вимірювальних приладів.

Перед підприємством постає питання вибору найбільш фінансово вигідного, швидкого та наповненого інформацією інструменту інвентаризації лісових ресур-

сів задля оцінювання власних природних ресурсів та їх стану, тому доцільно розглядати ці технології як альтернативи моніторингу та порівняти їх за такими критеріями: екологічний, економічний, соціальний, технологічний, інноваційний. Нижче розберемо детальніше їх суть на рис. 3.

Кожен з інструментів інвентаризації лісових ресурсів відрізняється за раціональністю його застосування згідно з його вартістю, прогресивністю технологій, суспільною користю і т.ін. Ми можемо розуміти наскільки вони відповідають вимогам критеріїв порівняння і це допоможе у зіставленні даних методів інвентаризації лі-

сових ресурсів задля вибору найпридатнішої стратегії їхнього використання.

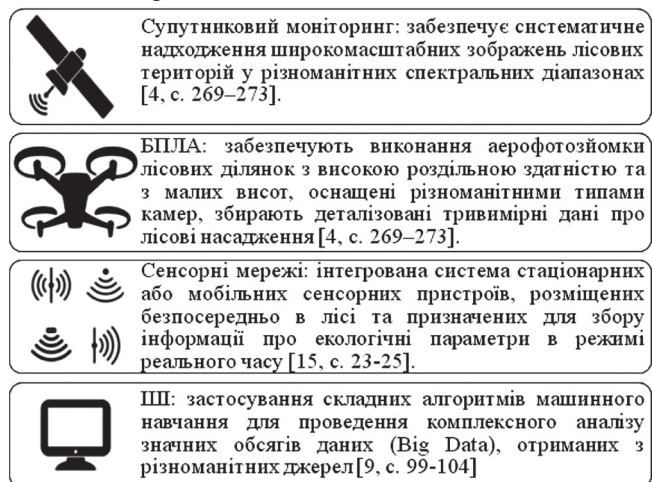


Рис. 2. Сучасні технології інвентаризації лісових ресурсів лісогосподарського підприємства / Modern technologies for inventorying forest resources of forestry enterprises [4, 9, 15]

Використовуючи експертні оцінки, джерела яких розміщено у списку літератури, можна побудувати матрицю порівняння альтернатив моніторингу за кожним із критеріїв, оцінюючи їх за шкалою від 1 до 9, де 1 – альтернативи моніторингу рівноцінні за значенням, 9 – перевага значно вища (табл. 3).



Рис. 3. Критерії оцінювання методів інвентаризації лісових ресурсів у галузі лісового господарства / Criteria for evaluating methods of forest resource inventory in the forestry sector [3, 8]

Порівняння засобів моніторингу лісів здійснено за аналізом наукових досліджень фахівців, зокрема сенсорні мережі добре себе показують в екологічному (через оперативну інформацію та превентивні заходи) [14, с. 411–412] та інноваційному аспектах (їх адаптивність до кооперації з іншими пристроями, під'єднання до застосунків) [9, с. 102–104]; інтерактивні платформи – за економічним (завдяки покращенню управління та стратегічного планування за мінімальних затрат) [4, с. 273] та соціальним (застосування у різноманітних галузях економіки та широкий доступ для громадськості) [8, с. 260–262]; супутникові технології – за технологічним критерієм через покращення моніторингу та управління [4, с. 273].

Наступним кроком є побудова нормалізованої матриці переваг альтернатив моніторингу за усіма критері-

ями, що містить відношення оцінки кожної альтернативи моніторингу (BO) до загальної суми за такою формулою [10, с. 2–4]:

$$B = OA/3C, \quad (1)$$

де: OA – оцінка альтернативи моніторингу; $3C$ – загальна сума альтернативи моніторингу за критерієм.

Табл. 3. Порівняння альтернатив моніторингу за різними критеріями за 9-бальною шкалою / Comparison of monitoring alternatives according to various criteria on a nine-point scale

Альтернативи моніторингу	Супутник. моніторинг	Дронні технології	Сенсорні мережі	Інтерактивна платформа
Екологічний критерій				
Супутниковий моніторинг	1	5	6	3
Дронні технології	1/5	1	2	1/3
Сенсорні мережі	1/6	1/2	1	1/4
Інтерактивна платформа	1/3	3	4	1
Сума	1,700	9,500	13,000	4,583
Економічний критерій				
Супутниковий моніторинг	1	6	8	9
Дронні технології	1/6	1	2	7
Сенсорні мережі	1/8	1/2	1	2
Інтерактивна платформа	1/9	1/7	1/2	1
Сума	1,403	7,643	11,500	19,000
Соціальний критерій				
Супутниковий моніторинг	1	5	2	8
Дронні технології	1/5	1	1/4	6
Сенсорні мережі	1/2	4	1	7
Інтерактивна платформа	1/8	1/6	1/7	1
Сума	1,825	10,167	3,393	22,000
Технологічний критерій				
Супутниковий моніторинг	1	1/2	1	1/9
Дронні технології	2	1	1/2	1/8
Сенсорні мережі	1	2	1	1/5
Інтерактивна платформа	9	8	5	1
Сума	13,000	11,500	7,500	1,436
Інноваційний критерій				
Супутниковий моніторинг	1	7	9	1
Дронні технології	1/7	1	1	1/5
Сенсорні мережі	1/9	1	1	1/8
Інтерактивна платформа	1	5	8	1
Сума	2,254	14,000	19,000	2,325

Згодом визначається середнє значення у кожному ряді таблиці та знаходиться міра неузгодженості (MH), котра розраховується як матричний добуток двох масивів (порівняння альтернатив моніторингу за різними критеріями по горизонталі та всі середні значення по вертикалі) із діленням на кожне середнє значення поково, що зазначено у такій формулі [10, с. 2–4]:

$$MH_i = \frac{\sum_{j=1}^n OA_j \cdot C3_j}{C3_i}, i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де: OA_j – оцінка j -тої альтернативи моніторингу; $C3_j$ – середнє значення j -тої альтернативи моніторингу; n – кількість альтернатив моніторингу.

Для того, щоб упевнитися, що в оцінюванні не допущено похибку, необхідно знайти коефіцієнт неузгодженості ($K_{неуз}$), котрий є відношенням індексу неузгодженості до індексу рандомізації [10, с. 2–5]:

$$K_{неуз} = IH/IP, \quad (3)$$

де: IH – індекс неузгодженості; IP – індекс рандомізації. Результати за кожним із факторів подано у табл. 4.

Показники коефіцієнта неузгодженості допустимі тоді, коли не перевищують 10 %, тобто 0,1. Індекс ран-

домізації змінюється залежно від кількості альтернатив моніторингу і в цьому разі за кількості чотирьох порівнюваних елементів становить 0,90. Результати розрахунку індексів та коефіцієнтів за усіма критеріями подано у табл. 5. Як бачимо з цієї таблиці, усі показники коефіцієнта неузгодженості за кожним критерієм відповідають допустимій нормі.

Табл. 4. Нормалізована матриця переваг альтернатив моніторингу за різними критеріями / Normalised matrix of advantages of monitoring alternatives according to various criteria

Альтернативи моніторингу	Супутник. моніторинг	Дронні технології	Сенсорні мережі	Інтерактивна платформа	Середнє значення	Міра неузгодженості
<i>Екологічний критерій</i>						
Супутниковий моніторинг	0,588	0,526	0,462	0,655	0,558	4,162
Дронні технології	0,118	0,105	0,154	0,073	0,112	4,017
Сенсорні мережі	0,098	0,053	0,077	0,055	0,071	4,034
Інтерактивна платформа	0,196	0,316	0,308	0,218	0,259	4,103
<i>Економічний критерій</i>						
Супутниковий моніторинг	0,713	0,785	0,696	0,474	0,667	4,476
Дронні технології	0,119	0,131	0,174	0,368	0,198	4,152
Сенсорні мережі	0,089	0,065	0,087	0,105	0,087	4,223
Інтерактивна платформа	0,079	0,019	0,043	0,053	0,049	4,004
<i>Соціальний критерій</i>						
Супутниковий моніторинг	0,548	0,492	0,589	0,364	0,498	4,368
Дронні технології	0,110	0,098	0,074	0,273	0,139	4,163
Сенсорні мережі	0,274	0,393	0,295	0,318	0,320	4,453
Інтерактивна платформа	0,068	0,016	0,042	0,045	0,043	4,041
<i>Технологічний критерій</i>						
Супутниковий моніторинг	0,077	0,043	0,133	0,077	0,083	4,100
Дронні технології	0,154	0,087	0,067	0,087	0,099	4,214
Сенсорні мережі	0,077	0,174	0,133	0,139	0,131	4,191
Інтерактивна платформа	0,692	0,696	0,667	0,696	0,688	4,182
<i>Інноваційний критерій</i>						
Супутниковий моніторинг	0,444	0,500	0,474	0,430	0,462	4,037
Дронні технології	0,063	0,071	0,053	0,086	0,068	4,004
Сенсорні мережі	0,049	0,071	0,053	0,054	0,057	4,017
Інтерактивна платформа	0,444	0,357	0,421	0,430	0,413	4,046

Аналогічне попарне порівняння варто провести із критеріями оцінювання для визначення найбільш вагомого серед них (табл. 6) і побудувати нормалізовану матрицю переваг критеріїв (табл. 7).

Табл. 5. Коефіцієнт неузгодженості / Consistency Ratio

За критеріями	Індекс неузгодженості	Індекс рандомізації	Коефіцієнт неузгодженості
Екологічний	0,026	0,90	0,029
Економічний	0,071	0,90	0,079
Соціальний	0,085	0,90	0,095
Технологічний	0,057	0,90	0,064
Інноваційний	0,009	0,90	0,010

Табл. 6. Порівняння вагомості критеріїв / Comparison of Criteria Weights

Критерій	Екологічний	Економічний	Соціальний	Технологічний	Інноваційний
Екологічний	1	5	1/3	3	5
Економічний	1/5	1	1/5	1/2	1
Соціальний	3	5	1	3	5
Технологічний	1/3	2	1/3	1	2
Інноваційний	1/5	1	1/5	1/2	1
Сума	4,733	14,000	2,067	8,000	14,000

Табл. 7. Нормалізована матриця вагомості критеріїв / Normalized matrix of criteria weights

Критерій	Екологічний	Економічний	Соціальний	Технологічний	Інноваційний	Середнє значення	Міра неузгодженості
Екологічний	0,211	0,357	0,161	0,375	0,357	0,292	5,177
Економічний	0,042	0,071	0,097	0,063	0,071	0,069	5,063
Соціальний	0,634	0,357	0,484	0,375	0,357	0,441	5,421
Технологічний	0,070	0,143	0,161	0,125	0,143	0,128	5,048
Інноваційний	0,042	0,071	0,097	0,063	0,071	0,069	5,063

За кількості п'яти порівнюваних критеріїв індекс рандомізації становить 1,12 (табл. 8). Як можемо побачити з результатів розрахунку, умови обчислення значення коефіцієнта неузгодженості повністю дотримані.

Табл. 8. Коефіцієнт неузгодженості критеріїв / Consistency ratio of criteria

Індекс неузгодженості	Індекс рандомізації	Коефіцієнт неузгодженості
0,039	1,12	0,035

Вирішальним етапом проведення розрахунків є ранжування альтернатив моніторингу ($OA_{\text{ранж}}$), що містить повернення суми добутків відповідних елементів масиву, а саме середніх значень кожної альтернативи моніторингу за різними критеріями і вагових коефіцієнтів критеріїв [10, с. 5-6]:

$$OA_{\text{ранж}} = \sum_{j=1}^m CZ_{\text{Альт},j} \cdot CZ_{\text{Крит},j}, \quad (4)$$

де: $CZ_{\text{Альт}}$ – середнє значення оцінки альтернатив моніторингу за кожним критерієм відповідно; $CZ_{\text{Крит}}$ – середнє значення оцінки кожного критерію.

Значення вище оцінки альтернатив моніторингу свідчить про кращу позицію даної альтернативи моніторингу. Візьмемо, до прикладу, супутниковий моніторинг. Середні значення альтернатив моніторингу за різними критеріями отримано із розрахунків з табл. 4, середні значення критеріїв – із табл. 7. Ранжування усіх альтернатив моніторингу здійснено в табл. 9.

На підставі проведеного комплексного багатокритеріального порівняльного аналізу актуальних методоло-

гій інвентаризації лісових ресурсів було встановлено, що технологія супутникового моніторингу продемонструвала найвищий інтегральний показник серед розглянутих альтернатив моніторингу.

Табл. 9. Ранжування альтернатив моніторингу /
Ranking of monitoring alternatives

Критерій	Альтернативи моніторингу				Вагові коефіцієнти критеріїв
	супутниковий моніторинг	дронні технології	сенсорні мережі	інтерактивна платформа	
Екологічний	0,558	0,112	0,071	0,259	0,292
Економічний	0,667	0,198	0,087	0,049	0,069
Соціальний	0,498	0,139	0,320	0,043	0,441
Технологічний	0,083	0,099	0,131	0,688	0,128
Інноваційний	0,462	0,068	0,057	0,413	0,069
Оцінки альтернатив моніторингу	0,471	0,125	0,189	0,215	

Загальна зважена оцінка для цього методу сягнула значення 0,471, що істотно перевищує аналогічні показники для інших варіантів: дронних технологій (0,125), сенсорних мереж (0,189) та інтерактивних платформ (0,215). Провідна позиція супутникового моніторингу зумовлена його вираженими перевагами за ключовими критеріями оцінки, а саме: екологічною безпекою, економічною раціональністю, соціальною значущістю, технологічною зрілістю та інноваційним потенціалом.

- Екологічні аспекти переваги:** супутниковий моніторинг позиціонується як найбільш екологічно прийнятний серед сучасних підходів до збору інформації про стан лісових екосистем. Його застосування не передбачає прямого антропогенного впливу на природні ресурси лісового підприємства. Завдяки широкому просторовому охопленню, супутникові технології забезпечують систематичне спостереження за природним капіталом у глобальному масштабі та дають можливість відстежувати порушення системи і в такий спосіб мінімізувати масштаби екологічних втрат, які надалі потребували б значних фінансових витрат на відновлення. Запобігання екологічним кризовим явищам завдяки супутниковому моніторингу прямо впливає на зниження витрат підприємства на рекультивацію, санітарні рубки та відновлювальні заходи [6, с. 104].
- Економічна раціональність:** з погляду фінансових витрат, супутниковий моніторинг демонструє найвищу економічну ефективність за здійснення моніторингу великих за площею територій. Ключова перевага полягає у вільному доступі до даних з відкритих джерел, за таких умов собівартість отримання інформації в розрахунку на один гектар є надзвичайно низькою [12, с. 189]. На відміну від технології використання дронів, яка вимагає регулярного технічного обслуговування, залучення операторів, налагодження наземної логістики та забезпечення технічної підтримки, застосування супутникових даних не потребує створення та підтримки складної наземної інфраструктури. Значна частина процесів збору первинної інформації про стан деревостанів може бути автоматизована та виконана дистанційно, і зменшує потребу у виїздах фахівців, у використанні транспорту, пального й робочого часу.
- Соціальна значущість:** супутниковий моніторинг має значну соціальну цінність завдяки принципам прозорості та публічності отриманих даних. Такі платформи,

як Global Forest Watch, надають можливість відстежувати незаконні вирубування лісів у режимі реального часу навіть для користувачів без спеціальних технічних знань. Це сприяє посиленню громадського контролю за станом лісових ресурсів, підвищенню рівня підзвітності органів державної влади та активному залученню громадськості до моніторингу навколишнього середовища. Окрім цього, супутникові дані можна ефективно використовувати навіть у важкодоступних або небезпечних для людини регіонах (наприклад, у зонах ведення бойових дій або на територіях, що постраждали від стихійних лих), де застосування інших методів збору інформації є неможливим або пов'язаним з неприйнятними ризиками [8, с. 260].

- Технологічні перспективи розвитку:** незважаючи на те, що супутниковий моніторинг характерний нижчою просторовою роздільною здатністю порівняно з аерофотозніманням з використанням дронів, сучасні комерційні сервіси (такі як PlanetScore, Maxar, ICEYE) вже пропонують зображення з просторовою роздільною здатністю від 0,5 до 3 м, що значно розширює сферу застосування супутникових знімків для проведення детальної інвентаризації лісових ресурсів. Окрім цього, оброблення супутникових даних може бути автоматизовано у хмарних обчислювальних середовищах, що істотно знижує технологічні бар'єри для їхнього практичного впровадження [8, с. 260]. Швидкі інформаційні потоки у цифрові платформи дають можливість формувати довготермінові плани рубок, лісовідновлення та охорони ресурсів з високою точністю, підкріпленою регулярним оновленням даних.
- Інноваційність та науково-дослідний потенціал:** супутниковий моніторинг активно інтегрується з передовими інструментами аналізу даних, зокрема з технологіями штучного інтелекту та машинного навчання [8, с. 260].

Зазначені підходи впроваджують процеси оброблення великих обсягів інформації та приводять до освоєння прогнозно-аналітичних моделей управління, заснованих на машинному навчанні та автоматизованому обробленню даних, забезпечує здатність підприємства прогнозувати зміни у стані лісових масивів, оцінювати ризики втрат деревини та заздалегідь планувати виробничі процеси, мінімізуючи нераціональні витрати.

Обговорення результатів дослідження. У дослідженні [7] автор вказує на важливість штучного інтелекту, безпілотних літальних апаратів та геоінформаційних систем у виробничих процесах лісового господарства, однак не розкрито рівня їх значущості через ранжування альтернатив моніторингу з урахуванням екологічного, економічного, соціального, технологічного та інноваційного критеріїв.

У роботі [12] описано економічний аспект зниження витрат на підприємстві завдяки використанню новітніх методів інвентаризації лісових ресурсів та швидкому плануванню через штучний інтелект, але не пояснено суті скорочення витрат під час експлуатації таких засобів.

У працях [3, 8] дослідники пояснюють можливості сучасних технологій в обчисленні витрат та прогнозуванні потенційних доходів, проте подають лише теоретичну частину цього явища без встановлення кращого методу моніторингу.

У роботі [14] автори наводять аргументи на користь використання засобів інвентаризації лісових ресурсів, однак не виокремлюють найефективніший серед них та не вказують можливі негативні сторони в разі їх застосування.

Після обговорення результатів дослідження було підтверджено доцільність вивчення цієї тематики, щоб здійснити ранжування альтернатив моніторингу лісової інвентаризації лісових ресурсів, включаючи критерії вибору, щоб розрахувати найвигодніший та найрезультативніший варіант.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – отримав подальший розвиток багатокритеріальний метод зіставлення різних технологій інвентаризації лісового господарства, який на відміну від наявних, враховує найменші витрати лісового підприємства на їхню реалізацію, що допомогло визначити доцільність застосування кожного з них за вартістю застосування, завдання шкодою довкіллю, суспільною вигодою та ефективністю нововведень у технологіях.

Практична значущість результатів дослідження – запропоновану методику розрахунку альтернатив моніторингу лісових ресурсів можна використати під час оцінювання інвестиційних проєктів у сфері лісового господарства для вибору ефективної технології інвентаризації лісових площ.

Висновки / Conclusions

З'ясовано особливості формування управлінських рішень через порівняння різних способів інвентаризації лісових ресурсів за кількома критеріями, що допомогло визначити доцільність застосування кожного з них за вартістю застосування, завдання шкодою довкіллю, суспільною вигодою та ефективністю нововведень у технологіях. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Використано метод попарних порівнянь задля оцінювання важливості кожної альтернативи моніторингу лісових ресурсів за усіма критеріями відповідно та побудовано матрицю конкурентних переваг, що дало змогу здійснити ранжування альтернатив, визначити найвигодніший інструмент моніторингу та обґрунтувати управлінське рішення щодо його впровадження у виробничий процес лісового господарства.
2. Переверіено отримані дані на неузгодженість, суперечностей у результатах не виявлено, що дало можливість вважати отримані оцінки достовірними та використати їх для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень щодо вибору інструменту моніторингу лісових ресурсів.
3. Проведено ранжування чотирьох альтернатив моніторингу інвентаризації лісового господарства за ваговими коефіцієнтами п'яти критеріїв, а саме екологічного, економічного, соціального, технологічного та інноваційного, що забезпечило комплексну оцінку ефективності кожної альтернативи та визначення доцільного інструменту моніторингу з урахуванням багатовимірного впливу на виробничий процес.
4. Встановлено, що супутниковий моніторинг є найефективнішим та найперспективнішим сучасним методом інвентаризації лісового господарства, оскільки не вимагає додаткових фінансових витрат на експлуатацію інструменту збору даних та тривалого інструктування спеціалістів, не завдає збитків для природних ресурсів та вирізняється швидкістю й достовірністю даних через технологічну складову, сумісну з іншими сучасними знаряддями обліку і прогнозування.
5. Описано, як супутникове спостереження сприяє підвищенню якості управління капіталом досліджуваної галузі та наближає до досягнення цілей сталого розвитку,

що допоможе підвищити ефективність використання лісових ресурсів, забезпечити прозорість управлінських рішень та мінімізувати екологічні ризики в довготерміновій перспективі.

References

1. Karpuk, A. I., Holian, V. A., & Butsenko, R. A. (2023). Reproduction of the main capital of forestry economy in the conditions of digitalization, European integration and decentralization: The ecological and economic aspects. *Business Inform*, 5(544), 119–120. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-5-113-120>
2. Khryk, V. M., Kimeichuk, I. V., & Kostianuk, A. B. (2024). Economic analysis of economic activities and assessment of the financial and economic state of the branch "Bila Tserkva forestry" SSF "Forests of Ukraine". *International Scientific Journal "Internauka". Series: "Economic Sciences"*, vol. 1, no. 4(84), 126–127. <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-4-9795>
3. Lebid, O. V., Kiporenko, S. S., & Vovk, V. Yu. (2023). Use of artificial intelligence technologies in agriculture: European experience and application in Ukraine. *Electronic Modelling*, 45(3), 60–62. <https://doi.org/10.15407/emodel.45.03.057>
4. Lozinska, T., Zadorozhnyy, A., & Masalskiy, V. (2024). Research of new technologies and innovations in the field of forestry. *Agrobiology*, 1(187), 269–273. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-268-276>
5. Marchuk, Yu. M., Demydyuk, S. M., Aksaitov, R. Sh., & Dotsenko, T. G. (2023). Financial and investment support for modernization of main forestry capital: Diversification of sources and methods. *Academic Visions*, 21, 10–11. URL: <https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/view/532/485>
6. Mulyk, T. O., & Ishchenko, Y. P. (2024). The influence of Innovative Technologies in the Forest Industry on the accounting system of forestry enterprises. *Sustainable Economic Development*, 3(50), 104–106. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-16>
7. Muravyov, Y. V. (2025). Innovative approaches to forestry management in Ukraine: Current challenges. *Efficiency of public administration*, 82/83, 114–115. <https://doi.org/10.36930/508214>
8. Pasat, M. O. (2024). Legal aspects of using Artificial Intelligence algorithms AS a tool for forest monitoring. *Juridical Scientific and Electronic Journal*, 11, 260–263. <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2024-11/59>
9. Pryshlyak, K. M., & Semenenko, Y. S. (2024). The role of electronic document flow in the efficiency of agricultural enterprises activities. *Agrosvit*, 21, 99–104. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.21.97>
10. Shchypskyi, Y., Didenko Yu. V., Prozor, O. P., & Yarovyi, A. A. (2020). Implementation of the analytic hierarchy process in decision-making. *Bulletin of Vinnytsia National Technical University*, 2–5. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/pmouv/pmouv20/paper/viewFile/10515/8787>
11. Shvediuk, Y. V., & Shvets, T. (2025). Concept of nature-oriented solutions in innovative activities of forestry enterprises. *Economic Journal of Lesya Ukrainka Volyn National University*, 1(41), 107–108. <https://doi.org/10.29038/2786-4618-2025-01-106-114>
12. Stoyanets, N. V. (2025). Intellectualization of forestry activities and sustainable development: EU experience for planning in Ukraine. In *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Eurointegration Vector of Agroecosystem Development in Ukraine: Global Challenges and Prospects"*. Kharkiv: State Biotechnological University. June 5, 2025 (pp. 188–189). URL: <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2025/08/conf-05-06-25-mater.pdf>
13. Stoyanets, N., & Kamaiev, S. (2023). Management of forestry development under modern conditions. In *Problems of Enterprise Management under Modern Conditions: Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference*, Kyiv: National University of Food Technologies. April 18–19, 2023 (pp. 122). URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/590d82d2-6384-4925-bee4-0ea5d2d83cfd/content>
14. Volkovskiy, Yu. S., & Dubovich, I. A. (2024). International ecological and economic experience in the implementation of informa-

- tion technologies in forestry. *Sustainable Economic Development*, 4(51), 411–412. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-51-57>
15. Zadorozhnyi, A. I. (2024). Information systems and technologies in forestry: Lecture notes for Masters students in Forestry. *Uzhho-*

rod National University, 14, 23–25. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/83806>

Yu. V. Kovts, O. V. Maksymets, Yu. V. Shvediuk
Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION PROCESS IN FORESTRY THROUGH INVENTORY

This study highlights the managerial significance of forest – resource inventory practices in reducing operational expenditures by comparing a range of contemporary monitoring alternatives used in forest enterprises. The analysis synthesizes current interpretations provided by Ukrainian scholars regarding how advanced monitoring technologies can decrease costs associated with field inspections, fuel consumption, equipment maintenance, and labour inputs. Consequently, the study underscores the economic rationale for transitioning from traditional ground-based surveys to digital observation and computational tools. The research applies a multi-criteria optimization framework to evaluate satellite Earth-observation systems, unmanned aerial vehicles, sensor networks, and AI-enabled interactive analytic platforms, using a set of ecological, financial, social, technological, and innovation-related indicators. Moreover, the study ranks these monitoring instruments by constructing a normalized preference matrix and calculating consistency and randomization indices, which allows for a comprehensive comparison of their managerial utility. The results show that satellite monitoring demonstrates the strongest performance among the assessed alternatives, *AS* a result offering superior cost efficiency, zero disturbance to forest ecosystems, broad data accessibility without the need for extensive fieldwork, openness for public verification, and strong compatibility with emerging analytical technologies such *AS* machine-learning algorithms and spatial decision-support systems. The benefits of this study include the identification of the most economically advantageous monitoring instrument for forest enterprises and the articulation of its effectiveness through five integrative criteria that capture both ecological and managerial dimensions. For example, satellite observation proves particularly valuable in long-term strategic planning by enabling rapid detection of forest disturbances and minimizing the financial risks associated with delayed responses. The topic retains considerable potential for further investigation, especially with the emergence of new remote-sensing technologies, expanded optimization criteria, and refined expert-based evaluation approaches.

Keywords: forest resources management; inventory management; sustainable development; weighting criteria; comparison of alternatives; process optimization.