

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА: ТЕНДЕНЦІЇ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Мостепанюк Володимир

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Кафедра ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Левченко Валерій

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Кафедра лісового господарства та агротехнологій
Національний університет «Чернігівський колегіум»
ім. Т. Г. Шевченка, Україна

Ліси є одним із найважливіших природних ресурсів планети, що виконують екологічні, економічні та соціальні функції. Вони забезпечують підтримання кліматичної рівноваги, збереження біорізноманіття, регулювання водного режиму та формування значного ресурсного потенціалу для розвитку економіки. У зв'язку зі зростанням антропогенного навантаження, змінами клімату та необхідністю забезпечення сталого розвитку особливої актуальності набуває підвищення ефективності управління лісовими ресурсами.

Традиційні методи дослідження лісових екосистем часто потребують значних часових і матеріальних витрат, а також не завжди забезпечують достатній рівень точності та оперативності отримання інформації. Саме тому сучасна наука активно впроваджує передові технології, що дозволяють автоматизувати процес збору, обробки та аналізу даних про стан лісів.

У світовій практиці лісового господарства спостерігається активний розвиток цифрових технологій, що базуються на використанні геоінформаційних систем, супутникових даних, безпілотних літальних апаратів, сенсорних мереж і методів штучного інтелекту.

Метою наукового дослідження є аналіз сучасних технологій, що використовуються у наукових дослідженнях лісового господарства, визначення основних тенденцій їх розвитку, а також оцінка викликів і перспектив їх подальшого застосування.

Одним із ключових напрямів розвитку сучасних досліджень у лісовому господарстві є застосування геоінформаційних систем (GIS) та технологій дистанційного зондування землі, що забезпечують можливість отримання просторової інформації про лісові масиви та здійснення комплексного аналізу їх стану. Завдяки використанню супутникових даних дослідники можуть

відстежувати зміни лісового покриву, визначати площі рубок, оцінювати динаміку відновлення лісів та прогнозувати можливі екологічні ризики [1].

Важливу роль у сучасних дослідженнях лісів відіграють також безпілотні літальні апарати. Використання дронів дозволяє отримувати високоточні аерофотознімки та створювати детальні тривимірні моделі лісових насаджень. На відміну від супутникових даних, безпілотні системи забезпечують більш високу просторову роздільну здатність і можуть використовуватися для дослідження локальних ділянок.

Застосування дронів у лісовому господарстві відкриває широкі можливості для моніторингу стану дерев, оцінки висоти та густоти насаджень, виявлення шкідників і хвороб, а також аналізу наслідків природних катастроф, таких як пожежі або буревії. Крім того, дрони можуть використовуватися для створення цифрових моделей рельєфу та визначення обсягів деревної біомаси [2].

Ще одним важливим напрямом розвитку технологій у лісовому господарстві є застосування лазерного сканування (LiDAR). Ця технологія дозволяє отримувати високоточні дані про вертикальну структуру лісу, включаючи висоту дерев, густоту крони та структуру підліску. Завдяки цьому дослідники можуть більш точно оцінювати запаси деревини, аналізувати біомасу та прогнозувати розвиток лісових екосистем [3].

Значного поширення у сучасних дослідженнях лісових екосистем набувають технології штучного інтелекту та машинного навчання. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматично аналізувати великі обсяги даних, отриманих із супутників, дронів і наземних сенсорів. Такі алгоритми можуть використовуватися для класифікації типів лісів, визначення стану рослинності, прогнозування поширення шкідників і оцінки ризику виникнення лісових пожеж.

Завдяки поєднанню технологій штучного інтелекту з дистанційним зондуванням Землі дослідники отримують можливість створювати складні моделі прогнозування змін лісових екосистем. Це дозволяє більш ефективно планувати лісгосподарські заходи, зменшувати екологічні ризики та забезпечувати сталий розвиток лісового господарства.

Отже, аналіз сучасних технологій у лісовому господарстві свідчить про їх багатовекторність та високий потенціал застосування. З метою узагальнення ключових характеристик і функціональних можливостей розглянутих інструментів доцільно систематизувати їх у вигляді порівняльної таблиці (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристика передових технологій у наукових дослідженнях лісового господарства

Технологія	Основні інструменти	Функціональне призначення	Переваги	Обмеження
Геоінформаційні системи (GIS)	ArcGIS, QGIS	Просторовий аналіз, картографування	Висока точність, інтеграція даних	Потреба у спеціальних навичках

Технологія	Основні інструменти	Функціональне призначення	Переваги	Обмеження
Дистанційне зондування Землі	Landsat, Sentinel, MODIS	Моніторинг лісового покриву	Велике охоплення територій	Обмежена роздільна здатність
Безпілотні літальні апарати (БПЛА)	DJI, Parrot	Аерофотозйомка, 3D-моделювання	Висока деталізація	Обмежений час польоту
LiDAR (лазерне сканування)	Airborne LiDAR, Terrestrial LiDAR	Аналіз структури лісу	Висока точність даних	Висока вартість
Штучний інтелект та ML	TensorFlow, Python	Аналіз великих даних, прогнозування	Автоматизація процесів	Потреба у великих масивах даних

Джерело: сформовано авторами

Як видно з табл. 1, кожна із зазначених технологій має власну специфіку застосування, переваги та обмеження, що зумовлює доцільність їх комплексного використання у сучасних наукових дослідженнях лісових екосистем. Саме інтеграція цих інструментів дозволяє досягти найбільш повного та об'єктивного уявлення про стан лісових ресурсів і підвищити ефективність управлінських рішень у галузі.

Сучасні наукові дослідження у лісовому господарстві характеризуються кількома ключовими тенденціями. По-перше, спостерігається активна цифровізація лісової галузі, що передбачає впровадження інформаційних систем управління лісовими ресурсами та використання електронних платформ для обробки даних.

По-друге, відбувається інтеграція різних джерел інформації, зокрема супутникових даних, аерофотознімків, наземних вимірювань та даних сенсорних мереж. Такий підхід дозволяє отримувати більш повну інформацію про стан лісових екосистем і підвищує точність наукових досліджень.

По-третє, значного розвитку набуває концепція так званого «розумного лісового господарства» (Smart Forestry), яка передбачає використання автоматизованих систем моніторингу, сенсорних мереж і технологій Інтернету речей для контролю стану лісових ресурсів.

Ще однією важливою тенденцією є використання технологій великих даних. Сучасні системи моніторингу лісів генерують величезні обсяги інформації, які потребують ефективних методів обробки та аналізу. Саме тому дедалі більшого значення набувають аналітичні платформи, що дозволяють інтегрувати різні типи даних і здійснювати їх комплексний аналіз.

Незважаючи на значний потенціал сучасних технологій, їх впровадження у лісовому господарстві супроводжується низкою проблем. Однією з основних є висока вартість обладнання та програмного забезпечення, що може обмежувати доступ до новітніх технологій для багатьох підприємств і наукових установ.

Ще одним важливим викликом є недостатній рівень підготовки фахівців, здатних працювати з сучасними цифровими інструментами. Використання

геоінформаційних систем, технологій дистанційного зондування та методів машинного навчання потребує спеціальних знань і навичок, що вимагає модернізації освітніх програм у сфері лісового господарства.

Крім того, існують певні проблеми, пов'язані з інтеграцією різних джерел даних та забезпеченням їх сумісності. Для ефективного використання сучасних технологій необхідно створювати єдині інформаційні платформи, що дозволяють об'єднувати дані з різних джерел і забезпечувати їх доступність для дослідників і практиків.

Перспективи розвитку передових технологій у лісовому господарстві пов'язані з подальшим удосконаленням систем моніторингу та аналізу лісових ресурсів. Очікується, що у майбутньому значно розшириться використання автономних сенсорних систем, роботизованих платформ і штучного інтелекту для дослідження лісових екосистем.

Важливу роль відіграватиме інтеграція супутникових, безпілотних і наземних даних у єдині цифрові платформи, що дозволить створити комплексні системи управління лісами. Такі системи сприятимуть підвищенню ефективності планування лісогосподарських заходів, оптимізації використання ресурсів та збереженню природного середовища.

Таким чином, передові технології відіграють ключову роль у розвитку сучасних наукових досліджень у лісовому господарстві. Використання геоінформаційних систем, дистанційного зондування Землі, безпілотних літальних апаратів, лазерного сканування та штучного інтелекту дозволяє значно підвищити точність і ефективність моніторингу лісових екосистем.

Разом із тим ефективно впровадження цих технологій потребує вирішення низки проблем, пов'язаних із фінансуванням, підготовкою кадрів та створенням відповідної інформаційної інфраструктури. Подальший розвиток цифрових технологій у лісовому господарстві сприятиме підвищенню ефективності управління лісовими ресурсами, збереженню біорізноманіття та забезпеченню сталого розвитку природокористування.

Список використаних джерел

1. Лозінська Т. П., Задорожний А. І., Масальський В. П. Дослідження нових технологій та інновацій у сфері лісового господарства. *Агробіологія*. 2024. № 1. С. 268–276.
2. Нові технології для допомоги лісовій охороні: дрони з тепловізорами на стороні природних ресурсів. URL: <https://bulletin.com.ua/europa/novi-tehnologiyi-dlya-dopomogy-lisovij-ohoroni-drony-z-teplovizoramy-na-storozhi-pryrodnyh-resursiv-2/> (дата звернення: 15.03. 2026)
3. Гаврилюк С. А., Регуш Н. В. Використання даних лазерного сканування для потреб лісового господарства. Наукові основи підвищення продуктивності та біологічно стійкості лісових та урбанізованих екосистем : матеріали 69-ої наук.-техн. конф. професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2018 році / Редкол.: С.І. Миклуш (відп. ред.) та ін. Львів : РВВ НЛТУ України, 2019. С. 12-15.