



ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЛІСОВОГО ВРЯДУВАННЯ В ЄС ТА УКРАЇНІ: ІНСТИТУЦІЙНІ ЗМІНИ, ЕКОНОМІЧНІ ЕФЕКТИ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ДЕКАПЛІНГ

Досліджено цифрову трансформацію лісового врядування в Європейському Союзі та Україні крізь призму інституційних змін, економічної ефективності та екологічної стійкості. Обґрунтовано, що цифровізація лісового сектору виходить за межі технологічної модернізації та набуває ознак системної інституційно-економічної трансформації, яка змінює механізми управління природними ресурсами, структуру трансакційних витрат і принципи регуляторного контролю. Узагальнено європейські та українські підходи до цифрового лісового врядування та оцінено економічні ефекти цифровізації за умов європейської інтеграції. Методологічну основу становлять системно-структурний, інституційний, порівняльний та економіко-математичний підходи. Формалізацію впливу цифровізації здійснено на основі виробничої функції та інституційної моделі трансакційних витрат. Установлено, що цифрові технології (геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, електронний облік деревини, системи простежуваності та просторові дані) формують модель управління на основі даних, яка забезпечує підвищення прозорості та доступності інформації, скорочення витрат координації та контролю, оптимізацію логістики ланцюгів постачання та детінізацію ринку деревини. Емпіричною основою перевірки положень моделі слугують дані публічного звіту голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2025 рік, які відображають результати функціонування лісового сектору за умов інституційних та цифрових трансформацій. Встановлено, що чистий прибуток АТ "Ліси України" зріс на 176 %, а податкові надходження до бюджетів усіх рівнів – на 73 %. Отримані результати узгоджуються з теоретичними положеннями моделі щодо підвищення економічної ефективності та зниження трансакційних витрат під впливом цифровізації та інституційних змін, а також можуть свідчити про наявність ефекту екологічного декаплінгу.

Ключові слова: управління на основі даних; нова інституційна економіка; теорія трансакційних витрат; економіко-математичне моделювання; екологічна сталість; регламент EUDR.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку світової економіки відбувається під впливом посилення глобальних екологічних викликів, серед яких кліматичні зміни, деградація природних екосистем, втрата біорізноманіття та зростання антропогенного навантаження на природні ресурси. Водночас традиційні підходи до управління лісовими ресурсами, що ґрунтуються на розрізних інформаційних масивах, періодичних натурних обстеженнях та традиційних формах управлінського обліку, дедалі більше виявляють обмежену здатність забезпечувати комплексний моніторинг стану лісових екосистем, належний рівень прозорості та оперативність прийняття управлінських рішень.

Особливо гостро зазначені проблеми проявляються за умов зростання світових масштабів лісових пожеж,

незаконних рубок, поширення шкідників та деградації лісових екосистем, що істотно ускладнює забезпечення ефективного управління лісовими ресурсами.

У відповідь на ці виклики в Європейському Союзі формується нова модель управління лісовим сектором, заснована на принципах управління на основі даних (англ. *data-driven governance*), інтеграції просторової інформації та цифрової прозорості. За таких умов геоінформаційні системи, технології дистанційного зондування Землі, цифрові реєстри та системи простежуваності деревини трансформуються з допоміжних технологічних інструментів у ключові елементи екологічного врядування та регуляторного управління. Їх застосування підвищує обґрунтованість управлінських рішень, сприяє оптимізації використання лісових ресурсів, зниженню виробничих і трансакційних витрат, а також посиленню контролю за легальністю обігу деревини.

© Copyright 2026 by the author(s)

Луців Наталія Григорівна, канд. екон. наук, доцент, кафедра економіки, туризму та рекреації.

Email: lutsiv@nltu.edu.ua; <http://orcid.org/0000-0001-5588-7778>

Чухна Павло Васильович, здобувач програми доктора філософії, кафедри економіки, туризму та рекреації.

Email: chukhna.pavlo@nltu.lviv.ua; <http://orcid.org/0009-0009-1789-792X>

Сохецька Анна Володимирівна, канд. екон. наук, доцент, кафедра маркетингу.

Email: anna.sokhetska@lnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-3452-3822>

Цитування за ДСТУ: Луців Н. Г., Чухна П. В., Сохецька А. В. Цифрова трансформація лісового врядування в ЄС та Україні: інституційні зміни, економічні ефекти та екологічний декаплінг. *Ефективність державного управління* : зб. наук. пр. Вип. 2(87). Львів: НЛТУ України, 2026. С. 101–108.

Citation APA: Lutsiv, N. H., Chukhna, P. V., & Sokhetska, A. V. (2026). Digital transformation of forest governance in the EU and Ukraine: institutional changes, economic effects, and environmental decoupling. *Efficiency of public administration*, 1(86), 101–108. <https://doi.org/10.36930/508713>

Для України цифрова трансформація лісового сектору має не лише технологічне, а й вагоме економічне, екологічне та інституційне значення. Її реалізація зумовлена необхідністю адаптації системи управління лісовими ресурсами до європейських стандартів екологічного врядування, забезпечення прозорості ринку деревини та виконання вимог Регламенту ЄС щодо продукції, не пов'язаної зі знелісненням (EUDR). Водночас цифровізація виступає інструментом детінізації лісового сектору, протидії незаконним рубкам, оцінювання екологічних збитків, завданих воєнними діями, та формування ефективних механізмів післявоєнного відновлення лісових екосистем. Упровадження цифрових технологій підвищує ефективність управління лісовими ресурсами, оптимізує управлінські процеси та зміцнює конкурентоспроможність лісового господарства за умов європейської інтеграції.

Актуальність дослідження. Попри значну кількість досліджень з використання геоінформаційних систем, дистанційного зондування Землі та електронного обліку деревини, у науковій літературі недостатньо висвітлено комплексний вплив цифрової трансформації на економічну ефективність, екологічну стійкість та інституційну прозорість управління лісовими ресурсами. Особливої актуальності набуває оцінювання потенціалу цифрових технологій у контексті адаптації національних систем лісового врядування до вимог Європейського Союзу та реалізації принципів сталого розвитку.

Мета дослідження та основні завдання для її досягнення. Метою дослідження є обґрунтування ролі цифрових технологій у підвищенні ефективності управління лісовими ресурсами та оцінювання їхнього впливу на економічні, екологічні й інституційні результати функціонування лісового сектору.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: проаналізувати сучасні тенденції цифрової трансформації лісового господарства; дослідити можливості використання геоінформаційних систем, технологій дистанційного зондування Землі та систем простежуваності деревини в управлінні лісовими ресурсами; оцінити економічні та екологічні ефекти впровадження цифрових технологій; здійснити порівняльний аналіз практик цифрового лісового врядування в Європейському Союзі та Україні; обґрунтувати перспективні напрями розвитку цифрового управління лісовими ресурсами за умов європейської інтеграції.

Наукова новизна дослідження полягає у розробленні інтегрованої економіко-інституційної моделі цифрової трансформації лісового сектору, що дає змогу формалізувати взаємозв'язок між цифровізацією, економічною ефективністю та екологічним навантаженням на основі виробничої функції, трансакційних витрат й ефекту екологічного декаплінгу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у їх потенційному застосуванні як аналітичного інструменту для підтримки управлінських рішень у сфері цифровізації лісового господарства, удосконалення систем моніторингу та простежуваності деревини, а також гармонізації національної системи лісового врядування з вимогами Європейського Союзу.

Методи та інформаційна база дослідження. Об'єктом дослідження є система управління лісовими ресурсами, зокрема її інформаційно-технічна складова,

що базується на використанні цифрових технологій, включаючи геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі та електронні системи обліку деревини.

Методологічну основу дослідження становлять порівняльний, системно-структурний, інституційний, економіко-математичний та графічний методи. Порівняльний аналіз використано для зіставлення підходів ЄС та України до цифрового лісового врядування в контексті імплементації вимог EUDR. Системно-структурний аналіз застосовано для розгляду лісового сектору як цілісної системи. Інституційний аналіз застосовано для оцінювання впливу цифровізації на трансакційні витрати та інформаційну асиметрію. Економіко-математичне моделювання використано для формалізації зв'язків між рівнем цифровізації, продуктивністю та екологічним навантаженням. Графічний метод застосовано для візуалізації та систематизації результатів дослідження.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є процеси цифрової трансформації управління лісовими ресурсами, включаючи механізми впровадження геоінформаційних систем, систем простежуваності деревини та їх вплив на економічну та інституційну ефективність галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні дослідження цифрової трансформації лісового сектору формують міждисциплінарну дослідницьку платформу, що об'єднує положення цифрового врядування, просторової аналітики та еколого-економічної теорії інституційних змін. Узагальнення наукової літератури дає змогу ідентифікувати три взаємопов'язані аналітичні підходи, які визначають сучасну інтерпретацію цифровізації лісового управління.

Перший підхід базується на концепції цифрового управління у сфері довкілля, у межах якої цифровізацію розглядають як інституційний механізм зменшення інформаційної асиметрії та підвищення прозорості екологічного регулювання. У цьому контексті цифрові платформи управління інформацією забезпечують підвищення підзвітності та ефективності політик у сфері природних ресурсів [2, 7].

Другий підхід охоплює геопросторову та технологічну парадигму, що базується на застосуванні дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем для безперервного моніторингу лісових екосистем. Методологічною основою виступають глобальні моделі оцінювання змін лісового покриву на основі супутникових даних *Landsat*, які стали базою для подальших регіональних застосувань [6]. У європейському контексті інтеграція даних програми Copernicus посилює можливості транскордонного моніторингу та стандартизації просторової інформації [5]. В Україні цей підхід розвивається через впровадження ГІС-орієнтованих систем моніторингу та оцінювання змін лісового покриву [12, 13].

Третій підхід представлений еколого-економічною та інституційною парадигмою, у межах якої цифровізація визначається як чинник зниження трансакційних витрат, посилення ринкової ефективності та інституційної прозорості. У цьому контексті системи електронного обліку деревини та цифрові реєстри розглядають як інструменти детінізації лісового сектору та вдосконалення контролю ланцюгів постачання [10]. Водночас впровадження ГІС у систему управління лісовими під-

приємствами підвищує ефективність управлінських рішень [11].

Окремий напрям досліджень стосується еколого-економічної оцінки лісових ресурсів, зокрема монетизації екосистемних послуг та аналізу природного капіталу. Теоретичну основу формують підходи просторової оцінки екосистемних послуг та методи умовного оцінювання, що дають змогу інтегрувати екологічні та економічні параметри в єдину аналітичну систему [1, 3, 9]. Поєднано з концепцією циркулярної біоекономіки це створює підґрунтя для аналізу ефектів декаплінгу між економічним зростанням і екологічним навантаженням [8].

Виокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значний обсяг досліджень у сфері цифрового моніторингу, геоінформаційних систем та дистанційного зондування, недостатньо розробленими залишаються комплексні підходи до оцінювання економічних та інституційних ефектів цифрової трансформації лісового сектору, особливо в контексті імплементації регуляторних вимог EUDR, євроінтеграційної адаптації України та умов воєнного й повоєнного відновлення.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням одержаних результатів

На сучасному етапі глобального економічного розвитку цифровізація системи управління лісовими ресурсами є одним із ключових напрямів трансформації екологічного врядування. У рамках сталого лісокористування цей процес виходить за межі простого впровадження інформаційно-комунікаційних технологій та охоплює оновлення управлінських механізмів на основі повного життєвого циклу даних – від їх формування та верифікації до інтеграції у процеси прийняття стратегічних рішень. Як наслідок, традиційні практики, що спиралися на фрагментарну інформацію та періодичні ретроспективні обстеження, поступово замінюються цифровою моделлю врядування, яка ґрунтується на відкритості, інтегрованості інформаційних ресурсів і використанні даних як основи для управлінських рішень.

Для опису процесів цифрової трансформації лісового сектору використано концепцію *"Digital Tree Framework"* [4]. Відповідно до цього підходу цифрову архітектуру галузі розглядають як багаторівневу систему взаємопов'язаних технологічних та інституційних компонентів. Така інтерпретація дає змогу розглядати цифровізацію як цілісну систему управління даними, у якій кожен рівень забезпечує формування визначених управлінських та еколого-економічних результатів.

Базовий рівень ("коріння") формує інфраструктурну основу цифрової трансформації та охоплює доступ до мережі Інтернет, використання хмарних сервісів, розвиток цифрових платформ, а також рівень цифрових компетентностей персоналу [5]. Цей рівень визначає технологічну та організаційну готовність суб'єктів лісового господарства до інтеграції даних і переходу до цифрових моделей управління.

Наступний рівень ("стовбур") забезпечує формування первинних масивів даних. До нього належать системи супутникового моніторингу, дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), лазерного сканування (*LiDAR*), сенсорні мережі та технології штучного інтелекту [2, 6]. Їх застосування забезпечує безперервне спостереження за

станом лісових екосистем, підвищує точність та достовірність інформації, а також дає змогу оперативно реагувати на біотичні, абіотичні та антропогенні ризики.

Аналітико-управлінський рівень ("гілки") виконує функцію інтерпретації даних та їх перетворення на управлінські рішення. Він охоплює інструменти предиктивної аналітики, геоінформаційні системи (ГІС) та комп'ютеризовані системи підтримки прийняття рішень (СППР) [7, 11]. Застосування цих технологій сприяє більш обґрунтованому плануванню, оптимізації логістичних процесів і підвищенню якості стратегічного управління лісокористуванням.

Результативний рівень ("крона") відображає узагальнений ефект функціонування всієї системи, який проявляється в еколого-економічних результатах цифровізації. До них належать зменшення масштабів лісових пожеж, зниження ризиків незаконних рубок, оптимізація витрат операційної діяльності, детінізація ринку лісопродукції та посилення інституційної прозорості [10]. В економічному вимірі це забезпечує зростання доданої вартості сектору та одночасне підвищення його кліматичної й екологічної стійкості.

Водночас стійкість цієї архітектури значною мірою залежить від інституційно-соціального середовища ("поживні речовини"), яке пронизує всі рівні моделі. Воно охоплює нормативно-правове забезпечення доступу до екологічної інформації, інклюзивність управлінських процесів та цифрову взаємодію з ключовими стейкхолдерами [9]. Це сприяє зниженню рівня соціальної конфліктності та підвищенню легітимності державної екологічної політики.

Сукупно цифровізація виступає чинником формування інтегрованої інституційно-цифрової екосистеми, у якій інформаційні потоки забезпечують вертикальну та горизонтальну взаємодію між рівнями управління [4].

Узагальнення положень концепції *"Digital Tree Framework"* доцільно розглядати в контексті сучасних міжнародних практик управління лісовими ресурсами, оскільки вони дають змогу простежити різні підходи до реалізації цифрової трансформації лісового сектору. Порівняльний аналіз моделей Європейського Союзу та України свідчить, що цифровізація охоплює не лише впровадження окремих технологічних рішень, а й істотну трансформацію підходів до організації даних, регуляторного контролю та координації між учасниками ринку [5, 7].

У Європейському Союзі цифрове лісове врядування сформувалося як багаторівнева система, у якій лісові дані розглядають як спільний інфраструктурний ресурс. Такий підхід забезпечує інтероперабельність інформаційних систем і стандартизацію геопросторових масивів, що значно спрощує обмін даними між державними структурами, бізнесом і науковими установами та водночас зменшує транзакційні витрати, пов'язані з пошуком, узгодженням і верифікацією інформації.

Формування цієї системи відбувалося поступово та еволюційно. Її базовим елементом стала Директива INSPIRE (2007/2/EC), спрямована на стандартизацію просторових даних і забезпечення їхньої сумісності між різними рівнями управління. Водночас практична імплементація показала низку обмежень цієї моделі, зокрема складність транскордонної інтеграції даних, фрагментацію інформаційних ресурсів та значне адміністративне навантаження на учасників системи.

У відповідь на ці виклики Цифрова стратегія ЄС та Європейська стратегія даних (2020 р.) визначили формування спільних цифрових просторів даних (*EU data spaces*), орієнтованих на консолідацію екологічної, кліматичної та природоохоронної інформації. У цьому процесі підходи *INSPIRE* не були відкинуті, а інтегрувалися у ширшу архітектуру цифрового управління даними. У лісовому секторі це реалізується через такі інструменти, як Лісова інформаційна система для Європи (*Forest Information System for Europe – FISE*), *Forest Data Space* та супутникову інфраструктуру *Copernicus*, які забезпечують безперервний моніторинг стану лісових екосистем у режимі, наближеному до реального часу [2].

Подальший розвиток європейської моделі пов'язаний з ініціативою *GreenData4All*, спрямованою на оновлення та узгодження Директиви *INSPIRE* з новими підходами цифрового регулювання ЄС. Як наслідок, формується модель управління на основі даних (*data-driven management*), у якій інформація виконує роль ключового інструменту координації між учасниками сектору та одночасно підвищує прозорість функціонування ринку.

Українська модель цифрової трансформації лісового сектору розвивається як комплексна система, що поєднує інституційну перебудову з цифровізацією управлінських і адміністративно-дозвільних процедур. Для неї характерний високий рівень централізації, який зумовлений як внутрішніми потребами модернізації системи управління лісовими ресурсами, так і необхідністю адаптації до європейських регуляторних вимог, зокрема положень Регламенту ЄС щодо продукції, вільної від знеліснення (*EUDR*).

Інституційною основою цих змін стало чітке розмежування функцій державного контролю, що здійснюються Держлісагентством та Міністерством захисту довкілля, і господарської діяльності у лісовому секторі.

Це супроводжувалося консолідацією лісогосподарських активів та переходом до акціонерної моделі управління в межах АТ "Ліси України". Така інституційна перебудова створила передумови для формування уніфікованої вертикально інтегрованої цифрової системи врядування [10]. Як наслідок, посилилася координація між різними рівнями управління, а також були стандартизовані процеси збирання, оброблення та верифікації даних.

Ключовим елементом цифрової інфраструктури є Електронна система обліку деревини (ЕСОД), яка забезпечує наскрізну простежуваність (*traceability*) лісопродукції за принципом "від лісосіки до кінцевого споживача". Інтеграція ЕСОД з електронними дозвільними документами (зокрема електронними лісорубними квитками) та сертифікатами походження деревини підвищила прозорість ринку, зменшила вплив суб'єктивного чинника в ухваленні рішень і сприяла скороченню тіньових операцій.

Важливим аналітико-інформаційним компонентом системи є Національна інвентаризація лісів, яка базується на поєднанні регулярних польових вимірювань із даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Такий підхід формує верифіковану інформаційну основу для оцінювання ресурсного та вуглецево-депозитарного потенціалу лісів [12, 13]. За умов воєнного стану цей інструментарій набуває додаткового значення, оскільки забезпечує можливість просторової верифікації та екологічного оцінювання втрат, завданих лісовим екосистемам України внаслідок військових дій.

Узагальнення інституційних і технологічних характеристик моделей ЄС та України дає змогу виокремити відмінності в архітектурі управління, підходах до інституціоналізації даних, регуляторній логіці та структурі цифрової інфраструктури (таблиця).

Таблиця. Порівняльна характеристика цифрових моделей лісового врядування в ЄС та Україні

Параметр	Європейський Союз (інтегрована модель простору даних)	Україна (централізована модель цифрового контролю та регуляторної відповідності)
Інституційна архітектура	Багаторівнева система цифрового врядування (<i>multi-level governance</i>) з розподіленими повноваженнями	Централізована вертикально інтегрована система управління з концентрацією функцій на державному рівні
Роль даних	Дані як публічний інфраструктурний ресурс у межах концепції <i>data spaces</i>	Дані як інструмент державного контролю, моніторингу та забезпечення регуляторної відповідності
Регуляторна логіка	Ризик-орієнтоване та превентивне управління на основі аналітики даних	Контрольно-верифікаційна модель державного нагляду та адміністративного контролю
Інтероперабельність	Високий рівень стандартизації та сумісності через <i>EU Data Spaces</i> та <i>Copernicus</i>	Часткова інтероперабельність із поступовою інтеграцією до європейських цифрових систем (<i>EUDR, TRACES</i>)
Цифрова інфраструктура	Розподілені платформи та сервіси (<i>FISE, EU Data Spaces, Copernicus, data.europa.eu</i>)	Централізовані державні інформаційні системи (ЕСОД, ЕкоСистема, Національна інвентаризація лісів)
Моніторинг лісів	Безперервний супутниковий моніторинг (<i>Sentinel, CLMS, EFFIS</i>)	Комбінований підхід: супутникові дані та адміністративно-технічний контроль
Простежуваність деревини	Децентралізована або частково інтегрована, залежно від національних систем	Наскрізна державна система простежуваності на рівні обліку та дозвільних процедур
Трансакційні витрати	Низькі завдяки <i>data-sharing</i> екосистемі та <i>API</i> -інтеграції	Середні з тенденцією до зниження внаслідок цифрової централізації та уніфікації процесів
Цифрова зрілість	Високий рівень інституційної інтеграції та еволюційний розвиток архітектури даних	Стадія активної інституційної трансформації та швидкого впровадження цифрових рішень
Ключові переваги	Масштабованість, стандартизація, глибока аналітична інтеграція даних	Високий рівень контрольованості, прозорості та антикорупційний ефект
Драйвери розвитку	<i>European Green Deal, GreenData4All, кліматична політика ЄС</i>	Євроінтеграційні зобов'язання, воєнні виклики, детінізація лісового сектору

Джерело: авторська розробка [2, 10].

Порівняльний аналіз цифрових моделей лісового врядування в Європейському Союзі та Україні демонструє формування двох інституційно різних, але функціонально сумісних архітектур управління. Європейський Союз розвиває розподілену модель простору даних, що ґрунтується на інтероперабельності, стандартизації та ризик-орієнтованому регулюванні. Водночас Україна формує централізовану модель цифрового контролю, орієнтовану на забезпечення повної простежуваності та регуляторної верифікації ресурсних потоків.

Отримані результати дають змогу розглядати ці підходи не як конкуруючі, а як такі, що відображають різні етапи та рівні інституційної еволюції цифрового врядування. У цьому контексті європейська модель виступає як масштабована екосистема обміну даними, тоді як українська модель демонструє ефективність централізованої верифікації за умов інституційної турбулентності, воєнних викликів та обмеженого часу для впровадження управлінських рішень.

З позицій інституційної економіки це означає, що цифрова трансформація не призводить до уніфікації уп-

равлінських систем за єдиним зразком. Натомість формується множинність інституційних траєкторій, які можуть співіснувати за умов наявності механізмів інтегрованих систем та стандартизації даних. У такому контексті важливим завданням є забезпечення функціональної сумісності цифрових моделей управління лісовими ресурсами, що дає змогу інтегрувати їх у сучасну систему міжнародного регулювання та забезпечити відповідність вимогам Регламенту ЄС щодо продукції, вільної від знецінення (*EUDR*).

Проведений порівняльний аналіз дає змогу узагальнити основні економічні механізми функціонування обох моделей. На цій основі здійснено перехід від інституційно-описового рівня до побудови інтегрованої економіко-інституційної моделі цифрової трансформації лісового сектору. Вона відображає причинно-наслідкові зв'язки між рівнем цифровізації, ефективністю використання природного капіталу та результатами функціонування ринку. Узагальнену логіку цих взаємозв'язків подано на рисунку.

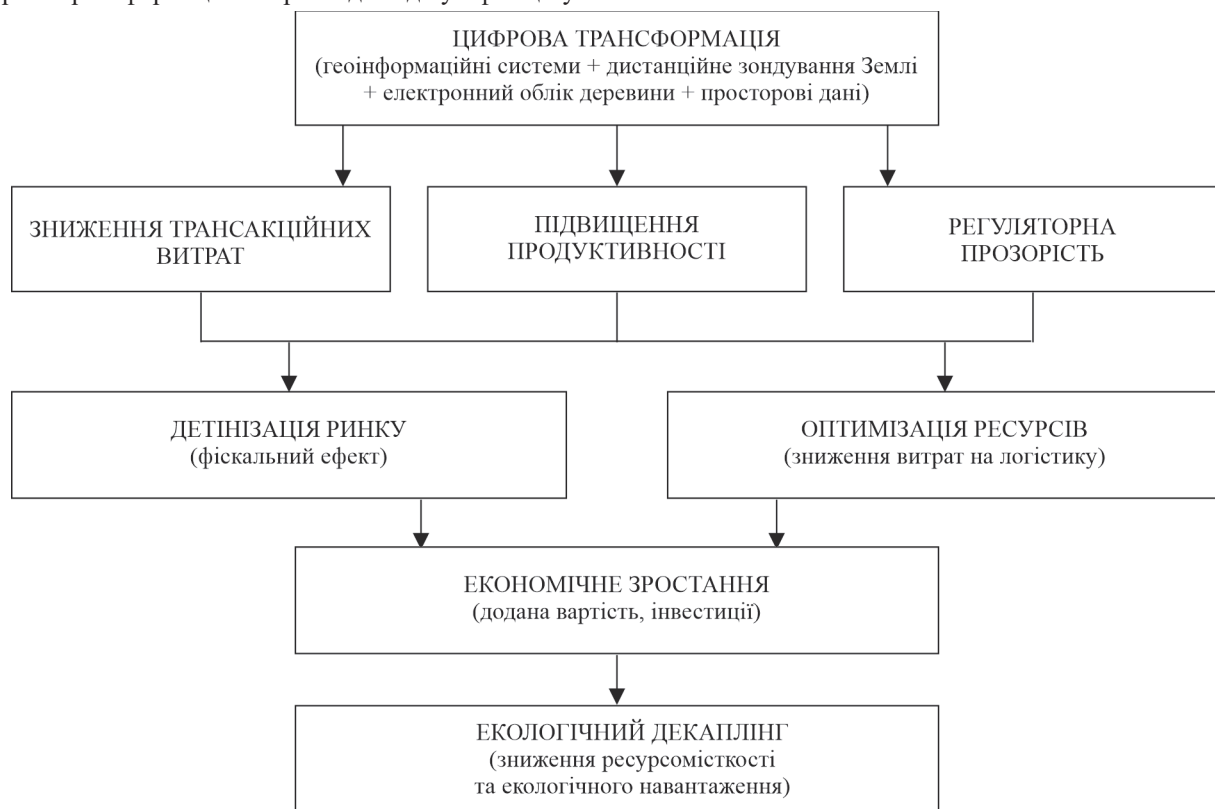


Рис. 1. Економіко-інституційна модель цифрової трансформації лісового сектору

Джерело: авторська розробка.

З позицій інституційної економіки та теорії інформаційної асиметрії, цифрова трансформація лісового сектору формує цілісну економіко-інституційну систему, у межах якої взаємодія ринкових і регуляторних механізмів проявляється через послідовний ланцюг ендогенних ефектів. У межах економіко-інституційної моделі (див. рисунок) ці ефекти відображають структурну трансформацію архітектури ринку за трьома взаємопов'язаними каналами, які одночасно визначають економічну ефективність, інституційну якість управління та екологічну стійкість системи.

Перший канал пов'язаний із мінімізацією інформаційної асиметрії. Інтеграція електронної системи обліку деревини (ЕСОД), технологій дистанційного зондуван-

ня Землі та відкритих державних реєстрів, зокрема платформи "ЕкоСистема", забезпечує доступ до уніфікованих і верифікованих просторових даних для всіх учасників ринку. Це зменшує інформаційні розриви між державою, лісокористувачами та бізнесом, обмежує можливості формування інформаційної ренти та підвищує загальний рівень прозорості розподілу лісових ресурсів.

Другий канал стосується оптимізації трансакційних витрат. У традиційній моделі лісоуправління значні витрати формуються через фізичний моніторинг, паперові процедури верифікації та адміністративний контроль виконання рішень. Цифровізація переводить зазначені процеси у значно автоматизовану площину, що

сприяє зниженню витрат, пов'язаних із підготовкою та укладанням угод, а також витрат на моніторинг, контроль і забезпечення виконання договірних зобов'язань, підвищуючи ефективність взаємодії між учасниками ринку [4].

Третій канал охоплює забезпечення регуляторного комплаєнсу та простежуваності. Перехід від дискретного контролю до безперервного супутникового моніторингу інтегрує наглядові функції безпосередньо у виробничо-логістичні ланцюги. Це підвищує рівень контролюваності походження деревини та забезпечує відповідність міжнародним регуляторним вимогам, зокрема Регламенту ЄС щодо продукції, вільної від знеліснення (EUDR), а також системі TRACES.

У межах зазначеної логіки цифрова трансформація формалізується як ендогенна система взаємозв'язків між економічними, інституційними та екологічними параметрами, що описується трьома взаємопов'язаними функціями: виробничою функцією, функцією трансакційних витрат та функцією екологічного навантаження.

Виробнича функція має такий вигляд:

$$Y = A(D) \cdot F(K, L, R), \quad (1)$$

де: Y – обсяг випуску (чиста додана вартість лісового сектору); K – фізичний капітал; L – трудові ресурси; R – природний капітал (лісові ресурси); $A(D)$ – ендогенний технологічний коефіцієнт, що зростає зі збільшенням рівня цифровізації ($D \partial A / \partial D > 0$). Отже, цифровізацію розглядають як чинник підвищення ефективності використання виробничих ресурсів без пропорційного збільшення факторів виробництва.

Функцію трансакційних витрат задають як:

$$TC = TC_0 - \varphi(D), \quad (2)$$

де: TC – сукупні трансакційні витрати; TC_0 – базовий рівень витрат у традиційній системі; $\varphi(D)$ – інституційний ефект цифровізації, що відображає кумулятивне зниження витрат на координацію, контракування та контроль ($\partial TC / \partial D < 0$).

З інституційної точки зору, $\varphi(D)$ охоплює чотири основні компоненти: витрати на пошук та вимірювання інформації, витрати на переговори та укладання угод, витрати на моніторинг і контроль виконання контрактів, а також витрати на захист прав власності та обмеження опортуністичної поведінки. Цифрові технології системно зменшують кожен із цих компонентів через автоматизацію, стандартизацію та наскрізну простежуваність даних.

Функцію екологічного навантаження визначають як:

$$E = g(Y, D), \quad (3)$$

де: E – рівень екологічного навантаження; Y – обсяг виробництва; D – рівень цифровізації.

При цьому виконується подвійна залежність: $\partial E / \partial Y > 0$ та $\partial E / \partial D < 0$, що відображає одночасний вплив економічної активності та цифрового моніторингу на стан лісових екосистем.

Інтеграція зазначених функцій формує узагальнену економіко-інституційну модель:

$$\begin{cases} Y = A(D) \cdot F(K, L, R) \\ TC = TC_0 - \varphi(D) \\ E = g(Y, D) \end{cases}, \quad (4)$$

яка відображає ендогенну взаємодію виробничих, інституційних та екологічних ефектів цифрової трансформації.

Додатково модель дає змогу інтерпретувати ефект екологічного декаплінгу (environmental decoupling), відповідно до якого темпи зростання економічної доданої вартості та фіскальних надходжень перевищують темпи екологічного навантаження [8]. Цифровий моніторинг та використання штучного інтелекту для раннього виявлення лісових пожеж і супутникового контролю нелегальних рубок знижує ризики деградації природного капіталу та стабілізує екологічну складову навіть за умов зростання економічної активності.

Практичне підтвердження положень запропонованої моделі демонструють результати функціонування лісового сектору України у 2024-2025 роках, висвітлені у публічному звіті Державного агентства лісових ресурсів України. Згідно зі звітом, чистий прибуток АТ "Ліси України" зріс на 176 %, а податкові надходження до бюджетів усіх рівнів – на 73 %. Наведені показники свідчать про істотне покращення економічних результатів функціонування галузі та узгоджуються з теоретичним припущенням щодо позитивного впливу цифровізації й інституційних змін на ефективність використання ресурсів і зниження трансакційних витрат. Водночас зафіксоване зростання економічних показників відбулося без пропорційного нарощування фізичних обсягів лісозаготівель, що можна розглядати як непряму ознаку екологічного декаплінгу та узгоджується з теоретичними положеннями моделі щодо підвищення економічної результативності без пропорційного зростання ресурсного навантаження.

Порівняльний аналіз отриманих результатів та обмеження дослідження. Для коректної інтерпретації отриманих результатів та сформованої моделі (4) доцільно окреслити основні обмеження проведеного дослідження, які визначають межі застосування його висновків. По-перше, інформаційну базу емпіричної верифікації сформували агреговані дані за відносно короткий часовий проміжок (2024-2025 рр.), що зумовлено нещодавнім характером інституційних реформ у галузі та створенням АТ "Ліси України". Це обмежує можливості повноцінного застосування довгострокових економетричних методів на сучасному етапі розвитку системи. По-друге, модель виробничої функції (1) наразі не повною мірою ізолює вплив екзогенних макроекономічних коливань цін на світовому ринку лісопродукції, які чинили синергетичний вплив на фінансові результати підприємств галузі. По-третє, оцінка ефекту екологічного декаплінгу (роз'єднання економічного зростання та екологічного навантаження) спирається на непрямі фіскально-адміністративні індикатори стабілізації обсягів лісозаготівель, оскільки розгорнуті просторові дані щодо динаміки відновлення лісових масивів безпосередньо у зонах ведення воєнних дій ще перебувають на стадії формування.

Зіставлення отриманих результатів із наявними теоретичними напрацюваннями інших науковців надає підстави для підтвердження висунутої гіпотези щодо інституційно-цифрової природи оптимізації лісового господарства. Зокрема, виявлені тенденції істотного покращення фінансово-економічних показників лісової галузі України (зростання прибутку на 176 %) корелюють із висновками Н. В. Голячук [10] щодо значного

антикорупційного та фінансового потенціалу впровадження Електронної системи обліку деревини (ЕСОД). Водночас, якщо у праці [10] основну увагу зосереджено переважно на технологічно-обліковому аспекті обігу лісопродукції, то в цьому дослідженні обґрунтовано, що зазначений фінансовий ефект є результатом кумулятивного зниження трансакційних витрат (2) за всіма чотирма інституційними компонентами теорії Р. Коуза [4], включаючи мінімізацію витрат на пошук інформації та захист прав власності.

Сформована економіко-інституційна модель та адаптація концепції "Digital Tree Framework" розвивають положення теорії управління на основі даних (*data-driven governance*) у сфері природокористування, подані у працях М. Budaragina [2] та Т. У. Hataу [7]. Водночас, на відміну від європейських підходів, які спираються на децентралізовані простори обміну даними (*EU data spaces*) та концепцію *Forest 4.0* [5], українська практика демонструє ефективність саме централізованої вертикально інтегрованої цифрової моделі контролю. Отримані результати підтверджують припущення про існування множинних інституційних траєкторій цифровізації залежно від початкових умов розвитку національної економіки.

Окремого теоретичного осмислення потребує підтверджений ефект екологічного декаплінгу. Отримані результати частково узгоджуються з положеннями класичної моделі П. Таніо [8] щодо розриву між темпами економічного зростання та рівнем антропогенного навантаження. Проте, якщо в моделях Європейського Союзу декаплінг здебільшого забезпечується капіталомісткою технологічною модернізацією та зміною структури споживання в межах циркулярної біоекономіки [8], то в Україні цей ефект має переважно інституційну природу. Він досягається завдяки детінізації ринку, обмеженню можливостей для опортуністичної поведінки суб'єктів господарювання та автоматизації контрольних процедур. Це розвиває раніше сформульовані положення щодо ролі ГІС як інструментів підвищення операційної ефективності суб'єктів лісового господарства [11], переводячи їх у площину забезпечення довгострокової макроекологічної стійкості галузі.

Попри високу ефективність цифрових сервісів, в Україні й надалі зберігаються окремі прояви інституційної інерції та дублювання функцій між органами контролю. Це підтверджує положення інституційної теорії про те, що ефект скорочення трансакційних витрат унаслідок цифровізації не є автоматичним і залежить не лише від рівня технологічного розвитку, а й від узгодженості регуляторного середовища та якості інституційних механізмів.

Водночас за умов воєнного стану цифрові технології виконують важливу компенсаторну функцію. Застосування супутникового моніторингу, геоінформаційних систем та дистанційних методів оцінювання стану лісових ресурсів частково заміщує традиційні форми польового контролю, можливості яких обмежені безпековими ризиками. Це забезпечує безперервність моніторингу, підвищує оперативність прийняття управлінських рішень і сприяє стабільності функціонування системи управління лісовими ресурсами за умов підвищеної невизначеності.

Отже, цифровізація виступає не лише інструментом автоматизації окремих управлінських процесів, а й важ-

ливим чинником інституційної трансформації економічних відносин у сфері природокористування, сприяючи підвищенню ефективності управління, прозорості та стійкості лісового сектору відповідно до положень нової інституційної економіки.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Проведене дослідження засвідчило, що цифрова трансформація лісового сектору є комплексним інституційно-економічним процесом, який впливає на параметри виробничої функції, рівень трансакційних витрат та екологічні характеристики функціонування галузі. Концепція "Digital Tree Framework" відображає багаторівневу структуру цифрового врядування та її роль у формуванні сукупного еколого-економічного ефекту.

Розроблена економіко-інституційна модель дає підстави стверджувати, що впровадження цифрових технологій сприяє зростанню сукупної факторної продуктивності через підвищення технологічного коефіцієнта ($\partial A/\partial D > 0$) та супроводжується зниженням трансакційних витрат ($\partial TC/\partial D < 0$). Вагомих результатів можна досягати завдяки автоматизації моніторингу, зменшенню інформаційної асиметрії та обмеженню проявів опортуністичної поведінки економічних агентів.

Аналіз звітних даних Державного агентства лісових ресурсів України за 2024–2025 роки свідчить про наявність тенденцій до екологічного декаплінгу, що проявляються у випереджальному зростанні економічних показників порівняно з динамікою ресурсного навантаження. Отримані результати підтверджують теоретичні положення щодо позитивного впливу цифрової трансформації на економічну ефективність та екологічну стійкість лісового сектору.

Одним із стратегічних напрямів подальшого розвитку є інтеграція національних цифрових систем із європейською інфраструктурою просторових даних у межах *INSPIRE* та *GreenData4All*. Така взаємодія сприятиме виконанню вимог *EUDR*, підвищенню ефективності управління лісовими ресурсами, зміцненню прозорості галузі та забезпеченню довгострокової екологічної стійкості лісових екосистем.

References

1. Abdelrhman, H. A., Almaleeh, T. A., Elshareef, I. M. M. (2022). Economic Valuation of Ecosystem Services Provided by Dellanj Forest Using Contingent Valuation Methods. *Journal of Economics and Public Finance*, 8(4), 58–66. <https://doi.org/10.22158/jepf.v9n3p127>
2. Budaragina, M. (2025). Live Canopy: Harnessing AI and Digital Innovation for Forest Conservation and Reforestation: policy report. M. Budaragina, A. Oliveira, C. Handforth, P. Formanko, R. Muralidharan; Tony Blair Institute for Global Change. London, 114 p.
3. Chen, N., Li, H., & Wang, L. (2009). A GIS-based approach for mapping direct use value of ecosystem services at a county scale: Management implications. *Ecological Economics*, 68(11), 2768–2776. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.12.001>
4. Coase, R. H. (1992). The Institutional Structure of Production. *American Economic Review*, 82(4), 713–719. https://doi.org/10.1007/0-387-25092-1_3
5. Damaševičius, R., Mozgeris, G., Kurti, A., & Maskeliūnas, R. (2024). Digital transformation of the future of forestry: an exploration of key concepts in the principles behind Forest 4.0. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7. Art. 1424327. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1424327>
6. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., et al. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Sci-*

- ence, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
7. Hatai, T. Y. (2025). From Barriers to Opportunities: The Digital Transformation of Forestry. *Forest Engineering (Theory, Methods and Applications)*, eds. D. Toksoy, M. M. Bayramoglu. 1st ed. Ankara: Gece Kitaplığı, 125–182.
 8. Tapio, P. (2005). Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*, 12, 137–151. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.001>
 9. Turner, W. R., Brandon, K., Brooks, T. M., et al. (2007). Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience*, 57(10), 868–873. <https://doi.org/10.1641/B571009>
 10. Голячук, Н. В. (2025). Цифрова трансформація лісового господарства: аспекти електронного обліку деревини. *Галицький економічний вісник*, 93(2), 25–32. https://doi.org/10.33108/gali-cianvisnyk_tntu2025.02.025
 11. Луців, Н. Г., & Чухна, П. В. (2024). Використання геоінформаційних систем як інноваційних інструментів стратегії розвитку та підвищення ефективності діяльності суб'єктів лісового господарства. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 27, 150–157. <https://doi.org/10.15421/412422>
 12. Мельник, А. А., & Ячнюк, М. О. (2022). Використання ГІС для моніторингу лісового покриття: приклад Чернівецької області. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*, 16, 32–39. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2022-16-3>
 13. Суска, А. А., & Полях, В. М. (2023). Застосування геоінформаційних технологій для моніторингу лісового покриття. Планування та використання територій в контексті інклюзивного розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 6–7 червня 2023 р.). Харків: Державний біотехнологічний університет, 284–286.

N. H. Lutsiv¹, P. V. Chukhna¹, A. V. Sokhetska²

¹ Ukraine National Forestry University, Lviv, Ukraine

² Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

DIGITAL TRANSFORMATION OF FOREST GOVERNANCE IN THE EU AND UKRAINE: INSTITUTIONAL CHANGES, ECONOMIC EFFECTS, AND ENVIRONMENTAL DECOUPLING

Introduction. Escalating global environmental challenges are rendering traditional and fragmented approaches to forest management increasingly inadequate. In response, a global shift toward data-driven governance has emerged. For Ukraine, this digital transition is driven by European integration processes, the need to combat illegal logging, and the requirement to comply with the European Union Deforestation Regulation (EUDR). Despite the growing body of literature on individual digital tools, a comprehensive assessment of the combined economic, institutional, and environmental effects of systemic digitalization in the forestry sector remains underexplored.

Materials and Methods. The study examines the information and technological architecture of the forest resource management system and the multidimensional effects of digital transformation on institutional efficiency. The methodological framework combines systemic-structural, institutional, and comparative analyses with economic and mathematical modeling. The formalization of digital impacts is based on an extended production function integrated with an institutional model of transaction costs.

Analysis of Literary Sources. Contemporary research on forest digitalization combines approaches from environmental governance, geospatial science, and new institutional economics. Previous studies interpret digitalization as a mechanism for reducing information asymmetry and increasing regulatory transparency. Digitalization is also widely regarded as a geospatial instrument for forest monitoring using remote sensing and GIS-based monitoring systems. In addition, digital tools are widely discussed as eco-economic mechanisms aimed at reducing market frictions and limiting shadow economic activity.

Highlighting previously unsettled parts of the general problem. However, the integrated macroeconomic and institutional effects of forest digital transformation remain insufficiently explored. In particular, there is a lack of comprehensive studies addressing the combined impact of digitalization on transaction costs, regulatory adaptation to the EUDR framework, and institutional resilience under wartime conditions.

Results. The architecture of digital forestry governance is conceptualized through the Digital Tree Framework, which includes four interconnected layers: digital infrastructure, primary data collection, analytical and managerial processing, and socio-ecological outcomes. Comparative analysis demonstrates that while the European Union is developing a decentralized and interoperable model based on spatial data infrastructures (INSPIRE and GreenData4All), Ukraine has established a centralized and vertically integrated digital control system through the Electronic Timber Accounting System (ETAS).

Empirical validation based on the 2025 public report of the State Forest Resources Agency of Ukraine indicates a 176 % increase in the net profit of JSC "Forests of Ukraine" and a 73 % growth in tax revenues transferred to the state budget. Notably, these improvements occurred without a proportional increase in timber harvesting volumes, supporting the theoretical assumptions of transaction cost reduction and environmental decoupling.

Discussion. The observed increase in profitability confirms previous findings regarding the fiscal and anti-corruption potential of digital timber tracking systems. However, this study extends existing research by demonstrating that these results stem from a systemic reduction in all major categories of transaction costs identified within Coasean institutional theory. Unlike the capital-intensive technological decoupling characteristic of many EU countries, the environmental decoupling observed in Ukraine has a predominantly institutional character. It is achieved through market de-shadowing, enhanced transparency, and automated compliance mechanisms. Furthermore, under wartime conditions, digital infrastructures perform an important compensatory function by partially replacing restricted field inspections with satellite-based monitoring and remote assessment technologies.

Conclusion. The digital transformation of the forestry sector represents a fundamental institutional transformation that increases total factor productivity while reducing transaction costs. Empirical evidence for 2024–2025 confirms the emergence of an environmental decoupling effect in Ukraine's forestry sector, whereby improvements in economic performance are achieved without a corresponding increase in environmental pressure. Further integration of national digital forestry systems with European spatial data infrastructures remains essential for ensuring long-term regulatory compliance and supporting sustainable forest ecosystem management.

Keywords: data-driven governance; new institutional economics; transaction cost theory; economic and mathematical modeling; environmental sustainability; EUDR.