

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора

Зацерковного Віталія Івановича

на дисертаційну роботу

Петрик Юлії Валеріївни

«Моніторинг стану хвойних лісів Прикарпатського регіону за космічними знімками»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 193 Геодезія і землеустрій

(галузь знань 19 Архітектура і будівництво)

Актуальність теми та її зв'язок з напрямками науково-дослідних робіт

Хвойні ліси відіграють ключову роль у підтримці екологічної рівноваги, регулюванні водного балансу, збереженні біорізноманіття та розвитку економіки, проте вони зазнають значного впливу як природних, так і антропогенних чинників. Серед основних загроз для цих екосистем – зміни клімату, що спричиняють аномальні погодні явища, зниження рівня ґрунтових вод та екстремальні температури. Крім того, значну шкоду хвойним лісам завдають шкідники та патогенні мікроорганізми, які сприяють ослабленню дерев, роблячи їх вразливішими до інших негативних факторів. Не менш важливим є збільшення частоти та інтенсивності лісових пожеж, які не тільки знищують великі площі лісових масивів, але й змінюють структуру ландшафтів, завдаючи шкоди екосистемам на довгі роки.

Окремо варто відзначити антропогенний тиск, що включає інтенсивне лісокористування, незаконні вирубки, рекреаційне навантаження та урбанізаційні процеси. Усе це в комплексі значно впливає на стан хвойних лісів, особливо у регіонах із складними природними умовами, таких як гірські території Прикарпаття. З огляду на ці загрози, питання моніторингу хвойних насаджень набуває критичного значення для розробки стратегій їх збереження та відновлення.

Сучасні технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) відкривають нові можливості для спостереження за станом лісових масивів та

ефективніші підходи порівняно з традиційними наземними обстеженнями. Використання супутникових знімків дозволяє отримувати актуальні дані про великі території, у тому числі важкодоступні ділянки, що робить цей метод незамінним у складних гірських регіонах. Застосування багатоспектральних і гіперспектральних знімків дає змогу аналізувати спектральні характеристики рослинності, що дозволяє виявляти ослаблені та пошкоджені дерева ще на ранніх стадіях деградації.

Моніторинг лісів у Прикарпатті має особливе значення, оскільки цей регіон є вразливим до кліматичних змін та антропогенних впливів. Впровадження методів ДЗЗ у поєднанні з геоінформаційними системами (ГІС) дозволяє не лише фіксувати зміни у структурі лісових масивів, а й оцінювати масштаби деградації, прогнозувати подальший розвиток проблемних зон і запобігати екологічним та економічним втратам. Використання таких підходів сприяє ефективнішому управлінню лісовими ресурсами, забезпечуючи їхню раціональну експлуатацію та довготривале збереження.

Дослідження, подане у цій роботі, спрямоване на аналіз сучасних технологій моніторингу лісів Прикарпатського регіону з використанням методів дистанційного зондування, ГІС-аналізу та визначення спектральних характеристик хвойних насаджень.

Метою дисертаційної роботи є удосконалення методики для виявлення ділянок із пошкодженими хвойними масивами за даними дистанційного зондування середнього та високого розрізнення, даними з БПЛА та з використанням наземного спектрофотометрування.

Тема дисертаційної роботи відповідає науковій темі кафедри фотограмметрії та геоінформатики Національного університету «Львівська політехніка» - «Розроблення та дослідження методів фотограмметрії, дистанційного зондування та геоінформаційних технологій для кількісної та якісної оцінки явищ, об'єктів і процесів». Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідних робіт кафедри фотограмметрії та геоінформатики - «Методи, моделі і технології моніторингу стану довкілля та окремих об'єктів

засобами фотограмметрії, дистанційного зондування та геоінформатики» (державний реєстраційний номер - 0118U001548) та «Застосування знімання з БПЛА та геоінформатики для моніторингу довкілля та у військовій справі» (державний реєстраційний номер - 0123U101021).

Аналіз змісту роботи

Дисертаційна робота Петрик Ю. В. складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації становить 145 сторінок, з яких основний зміст займає 110 сторінок. У роботі представлено 45 рисунків та 24 таблиці.

У вступі розглянуто актуальність теми дослідження, визначено мету та завдання дослідження, виділено наукову новизну та практичну значущість.

У першому розділі «Сучасні технології моніторингу лісів Прикарпатського регіону» розглянуто сучасні технології лісового моніторингу, включаючи традиційні методи, такі як лісова таксація, та сучасні підходи із залученням даних ДЗЗ і ГІС. Проаналізовано екологічне значення лісів України та основні нормативно-правові акти, що регулюють лісове господарство, зокрема Лісовий кодекс України та державні програми охорони лісів. Визначено основні причини деградації хвойних насаджень, серед яких кліматичні зміни, посухи, забруднення довкілля та діяльність шкідників. Зосереджено увагу на застосування сучасних технологій моніторингу для своєчасного виявлення загроз і розробки заходів збереження лісових екосистем.

Другий розділ «Теоретичні основи дослідження лісових утворень за спектральними характеристиками» присвячено теоретичним аспектам моніторингу, що базуються на спектральних характеристиках земної поверхні, отриманих із супутникових знімків і опрацьованих у геоінформаційному середовищі. Дослідження включає три етапи: польові роботи, аерознімання з БПЛА та камеральне опрацювання даних. Проведено спектрофотометричний аналіз хвойної рослинності, що дозволяє виявляти ранні стадії засихання на підставі відбивної здатності хвойних дерев. Подано

оцінку ефективності різних вегетаційних індексів, включаючи NDVI, WDRVI та PSRI, для ідентифікації змін у лісовому покриві. Також досліджено методи контрольованої класифікації супутникових знімків та визначено оптимальні статистичні підходи для розділення класів рослинності, серед яких найефективнішою виявилася трансформована дивергенція.

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням у Тухлянському лісництві, де проведено аналіз динаміки змін лісового покриву на основі супутникових даних Landsat 5 (2007), GeoEye (2011), Sentinel-2 (2017, 2018) та PlanetScope (2017, 2022). Створено навчальні вибірки на основі польових досліджень, які дозволили оцінити масштаби деградації хвойних насаджень та ідентифікувати нові осередки засихання.

Отримані результати підтверджують ефективність спектрального аналізу, методів дистанційного зондування та ГІС у моніторингу стану хвойних лісів, що дозволяє своєчасно реагувати на загрози та впроваджувати ефективні заходи для збереження екосистем.

У висновках дисертаційної роботи викладено основні результати, які відповідають поставленій меті та завданням дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів у дисертаційній роботі полягає у вдосконаленні методики для виявлення пошкодженої та здорової хвойної рослинності Прикарпаття за допомогою космічних знімків різної просторової розрізняювальної здатності та даних отриманих із безпілотних літальних апаратів.

Здійснено комплексний аналіз методів класифікації лісових об'єктів із використанням матриць значень евклідової відстані, відстані Джеффріса-Матусіти, дивергенції та трансформованої дивергенції. Це дозволило оцінити ефективність різних алгоритмів та підібрати оптимальні підходи для класифікації лісових угруповань.

Уперше в межах даного дослідження застосовано метод спектрофотометрії з визначенням оптимальних зон електромагнітного

спектра для оцінки стану хвойних насаджень у Прикарпатському регіоні. Подальше дослідження спектральних характеристик рослинного покриву стосувалось визначення найінформативніших вегетаційних індексів, які дозволяють розмежовувати здорові та пошкоджені хвойні дерева.

Окрему увагу надано удосконаленню методів класифікації за використання композиційних зображень, які формуються шляхом поєднання різних типів вегетаційних індексів. Такий підхід забезпечує точнішу ідентифікацію різних типів хвойної рослинності, що має важливе значення для моніторингу лісових екосистем та виявлення змін у їхньому стані.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертації та їх достовірність

Ознайомившись з дисертаційною роботою Петрик Ю. В., зазначимо, що ця робота відрізняється логічною побудовою структури, що виявляється в послідовному аналізі теоретичних положень та виконанні емпіричних досліджень.

Аналіз змісту дисертації, використаних методів та способів їх застосування дозволяє зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів роботи. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, підкріплені ґрунтовним теоретичним аналізом, результатами практичного застосування та даними з науково-технічної літератури. Отримані автором наукові положення та практичні результати можуть бути використані державними та приватними установами для своєчасного виявлення пошкоджених ділянок, оцінки рівня деградації та прогнозування поширення негативних впливів. Це дозволить підвищити ефективність лісового менеджменту, оптимізувати заходи з охорони лісів, а також знижувати екологічні та економічні ризики, пов'язані з деградацією лісових екосистем.

Варто зазначити, що теоретичні результати дисертаційної роботи використано при підготовці таких дисциплін: Геоматика та дистанційні

методи в дослідженні територій», «Фотограмметрія та дистанційне зондування» для студентів спеціальності 193 *Геодезія та землеустрій* та «Геоматика та дистанційне зондування» для студентів спеціальності 103 *Науки про Землю* Навчально-наукового інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка».

Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Повнота оприлюднення результатів роботи

Основні наукові результати дисертації опубліковано у 13 працях, з яких: три статті – у наукових фахових періодичних виданнях України; три статті – у наукових фахових періодичних виданнях України, що входять до наукометричних баз; 1 публікація - у науковому періодичному виданні іншої держави, яке внесено до міжнародних наукометричних баз даних, 6 публікацій – у матеріалах міжнародних та наукових конференцій. В опублікованих працях повною мірою розкрито та апробовано основні результати теоретичних та експериментальних досліджень. Це дозволяє підтвердити достовірність і надійність отриманих даних, а також практичну цінність і наукову новизну проведених досліджень.

Авторкою дотримані вимоги п. 8, 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, щодо кількості та повноти публікацій.

Зауваження та дискусійні положення щодо дисертації

Позитивно загалом оцінюючи дисертаційну роботу зазначаємо такі зауваження та дискусійні положення:

1. На нашу думку, недостатньо обґрунтовано переваги спектрофотометрування і рекомендації щодо використання спектральних каналів для підвищення інтерпретаційних можливостей космічних знімків для визначення стану хвойної рослинності.
2. Аналіз літературних джерел стосовно лазерного сканування вважаємо занадто детальним, оскільки він не має практичного значення для ідентифікації об'єктів.
3. Оскільки в дисертаційній роботі наголошено на доцільності застосування вегетаційних індексів, варто було б детальніше подати обґрунтування фізичних основ їх створення.
4. Технологічну схему, в якій подано методику визначення стану лісів, зокрема виявлення ділянок із пошкодженими хвойними масивами, варто було б розглянути детальніше.
5. В дисертаційній роботі не проаналізовано інших методів класифікації об'єктів, окрім неконтрольованої та контрольованої класифікації. Варто було б в аналізі літературних джерел подати інформацію щодо перспективи використання методу нейронних мереж.

Загалом, зазначені зауваження не є суттєвими і не зменшують високого наукового рівня та практичної цінності дисертаційної роботи, а також не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Висновок

Дисертаційна робота Петрик Юлії Валеріївни «Моніторинг стану хвойних лісів Прикарпатського регіону за космічними знімками» є самостійною та завершеною науковою працею, у викладі якої подано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Зміст дисертаційної роботи відповідає обраній темі дослідження та спеціальності 193 *Геодезія та землеустрій*, забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдання дослідження. Наукові положення, висновки та

рекомендації є добре обґрунтованими, у повній мірі представлені у наукових публікаціях та мають практичну значущість.

Дисертаційна робота «Моніторинг стану хвойних лісів Прикарпатського регіону за космічними знімками» відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України № 261 від 23.03.2016 р. «Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)» зі змінами та доповненнями, Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» зі змінами та доповненнями, та Постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами та доповненнями.

Вважаємо, що автор дисертаційної роботи Петрик Юлія Валеріївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 193 *Геодезія та землеустрій* із галузі знань 19 *Архітектура та будівництво*.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри геоінформатики
Київського національного
університету імені Тараса Шевченка



Віталій ЗАЦЕРКОВНИЙ

