

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ НАЗЕМНИХ СПОРУД І АЕРОДРОМІВ
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНОЇ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ **Юрій ВЕЛИКОДСЬКИЙ**
«_____» _____ 2023 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 193 «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

**Тема: «Геоінформаційний аналіз змін лісовкритих площ
Київської області за даними ДЗЗ»**

Виконавець: студент 412 групи Джулай Богдан Русланович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: доцент кафедри Аерокосмічної геодезії та землеустрою Беленок
Вадим Юрійович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер: _____ Стецюк М. П.
(підпис) (П.І.Б.)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет наземних споруд і аеродромів

Кафедра аерокосмічної геодезії та землеустрою

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

ОПП «Геоінформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

___ **Юрій ВЕЛИКОДСЬКИЙ**

«__» _____ 2023р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Джулая Богдана Руслановича

1. Тема роботи: «Геоінформаційний аналіз змін лісовкритих площ Київської області за даними ДЗЗ», затверджена наказом ректора від 10.05.2023р. №677/ст.
2. Термін виконання роботи: 29.05.2023 по 25.06.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: методичні матеріали, літературні джерела за напрямом дослідження, нормативно – правові документи.
4. Зміст пояснювальної записки: 53 с., 13 рис., 14 літературних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу: рисунки, гістограми, таблиці.

6. Календарний план-графік

| з/п | Завдання | Термін виконання | Відмітка про виконання |
|-----|--|---------------------------|------------------------|
| 1 | Отримання завдання, Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи | 29.05.2023– 01.06.2023 | |
| 2 | Огляд літературних джерел та документації пов'язаних з темою. | 02.06.2023– 05.06.2023 | |
| 3 | Опрацювання методів та методик, що використовуються в даній роботі | 06.06.2023– 12.06.2023 | |
| 4 | Формулювання висновків і рекомендацій | 13.06.2023 16.06.2023 | |
| 5 | Підготовка до доповіді та презентації дипломної роботи | 17.06.2023– 19.06.2023 | |
| 6 | Попередній захист дипломної роботи | 09.06.2023 | |
| 7 | Оформлення дипломної роботи згідно вимог діючих стандартів | 20.06.2023– 22.06.2023 | |
| 8 | Захист дипломної роботи | 25.06.2023 | |

7. Дата видачі завдання: « 29 » Травня 2023 р.

Керівник дипломної роботи: : _____ к. ф. – м. н., доц. Беленок В. Ю.

(підпис керівника)

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Джулай Б. Р.

(підпис випускника)(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Геоінформаційний аналіз змін лісовкритих площ Київської області за даними ДЗЗ» містить 52 с., 13 рис., 14 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: Ліси Київської області

Мета роботи: дослідити за допомогою геоінформаційного аналізу зміни лісовкритих площ Київської області за даними ДЗЗ.

Методи дослідження: аналіз, статистична обробка результатів досліджень, узагальнення.

Практичне значення роботи полягає в тому, щоб оцінити зміни, виявити зони деградації та моніторинг змін лісу, та лісовкритих площ Київської області.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ, СТАН ЛІСІВ, ДОВКІЛЛЯ, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, ГІС, СУПУТНИК, ДЕГРАДАЦІЯ ЛІСІВ, ПОЖЕЖІ, ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ, ВИРУБКА ЛІСІВ .

ЗМІСТ

| | |
|--|-------------------------------------|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ | 6 |
| ВСТУП..... | 7 |
| РОЗДІЛ 1 ЛІСИ УКРАЇНИ..... | 9 |
| 1.1. Загальна характеристика лісів України..... | Error! Bookmark not defined. |
| 1.2. Традиційні методи моніторингу лісів. | 12 |
| 1.3. Сучасні проблеми лісів України..... | Error! Bookmark not defined. |
| РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ЗАСАДИ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ..... | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1 Особливості відображення лісів на космічних знімках. | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2 Огляд відкритих даних дистанційного зондування для космічного моніторингу лісів | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3. Огляд веб-ресурсів глобального космічного моніторингу лісів. | Error! Bookmark not defined. |
| 2.4. Досвід картографування лісів України за супутниковими даними. | Error! Bookmark not defined. |
| РОЗДІЛ 3. КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЛІСІВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ..... | 32 |
| 3.1. Інвентаризація та стан лісів Київської області. | Error! Bookmark not defined. |
| 3.2. Геоінформаційне картографування лісів Київської області за даних дистанційного зондування. | 35 |
| 3.3. Аналіз лісових пожеж та вирубок Київської області за даних дистанційного зондування. | 46 |
| ВИСНОВКИ | 48 |
| СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ВИСНОВКИ | Error! Bookmark not defined. |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ДЗЗ– Дистанційне зондування Землі

ГІС – Геоінформаційні системи ;

NDVI – Нормований різницевий вегетаційний індекс;

NIR –коефіцієнт відбиття у ближньому інфрачервоному діапазоні спектра;

RED – коефіцієнт відбиття у червоному діапазоні спектра;

НЛІ – Національна лісова інспекція;

ВІ – Вегетаційний індекс;

GCI – індекс зеленого каналу;

PDI – індекс розподілу енергії рослин.

ВСТУП

Актуальність теми.

По-перше, зміни лісистості є однією з важливих складових екологічного стану регіону. Вивчення та аналіз змін лісових територій дозволяє оцінити ступінь збереженості природних ресурсів, рівень деградації та вплив на біорізноманіття. У зв'язку із зростанням екологічних проблем, таких як зміна клімату, важливо мати актуальну інформацію про стан лісових екосистем для прийняття ефективних рішень щодо їх збереження та управління.

По-друге, використання геоінформаційного аналізу та даних ДЗЗ дозволяє отримати детальну інформацію про зміни в лісових площах, включаючи їх розташування, розміри, типи лісів та ступінь змін у часі. Це дає змогу ідентифікувати рушійні сили, які призводять до змін лісових територій, такі як рубка, ріст, розширення сільськогосподарських угідь, будівництво та інша антропогенна діяльність. Такий аналіз важливий для визначення причин змін і розробки стратегії управління лісовими ресурсами.

Тому дана тема наразі є актуальною, оскільки сприяє розумінню та оцінці змін лісових масивів Київської області, що важливо для екологічного стану регіону та прийняття обґрунтованих рішень щодо збереження та управління лісовими екосистемами.

Мета і завдання виконання дипломної роботи.

Мета роботи – дослідити стан лісів Київської області за допомогою інструментів Дистанційного Зондування Землі

Завдання роботи:

1. аналіз стану лісового покриву Київської області .
2. отримання супутникових даних та їх обробка.
3. Виконати сегментацію та класифікацію зображень.

4. Розрахувати вегетаційний індекс - Нормалізований Вегетаційний Індекс (NDVI) ,для розподілу лісових покривів.

5. Порівняти дані з різних періодів та виявити зміни у розподілі лісових покривів. Визначити лісові площі, які збільшилися або зменшилися протягом певного періоду. Встановити причини змін, такі як вирубка лісу, природні фактори або зміни використання землі.

Об'єкт дослідження – ліси Київської області.

Предмет дослідження – зміна площі лісів Київської області.

Методи дослідження – аналіз, статистична обробка результатів досліджень, узагальнення.

Особистий внесок випускника: було опрацьовано відповідні наукові джерела та визначено особливості застосування ДЗЗ ; визначені основні інструменти, які використовуються для моніторингу стану лісів та зроблено аналіз змін лісів Київської області з 2013 по 2023.

Апробація отриманих результатів: результати дипломної роботи доповідались на: XXIII Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки».

Публікації: Результати дипломної роботи доповідалися на:

1. Джулай Б.Р., Беленок В. Ю. *Геоінформаційний аналіз змін лісо вкритих площ регіону за даними ДЗЗ: XXIII всеук. наук.-практ. конф., м. Київ, 4-7 квіт. 2023 р., Київ, 2023. С. 14-15.*

РОЗДІЛ 1

ЛІСИ УКРАЇНИ

1.1. Загальна характеристика лісів України

Ліси України є важливим ресурсом країни, який надає ряд екосистемних послуг і сприяє збереженню біорізноманіття. Загальна площа лісів в Україні становить близько 10 млн. га, що становить понад 15% території країни.

Лісовий фонд України складається з 1160 лісових масивів, які налічують понад 120 видів дерев і чагарників. Ліси України представлені переважно змішаними та хвойними породами дерев, такими як сосна, дуб, бук, ялина, смерека та інші.

Лісовий комплекс України має велике значення для збереження біологічного різноманіття країни та надання екосистемних послуг, таких як ґрунтозахисна функція, охорона ґрунтів, збереження водних ресурсів, кліматичний сервіс тощо. Крім того, ліси України є важливе джерело деревини, яка використовується для будівництва, виробництва меблів та інших галузей промисловості.

Однак українські ліси також стикаються з низкою загроз, включаючи незаконні рубки, відсутність фінансування для збереження та відновлення лісових екосистем, зміни клімату та стихійні лиха. Тому для збереження цього важливого екосистемного комплексу важливо здійснювати ефективний моніторинг та управління лісовими ресурсами.

Ліси є одним із найважливіших природних багатств України. Вони займають понад 9 млн га або близько 16% території країни. Лісовий фонд України складається з лісів державної, комунальної та приватної власності. На рисунку 1.1 ви можете побачити поділ всієї площі лісів України на основні категорії.

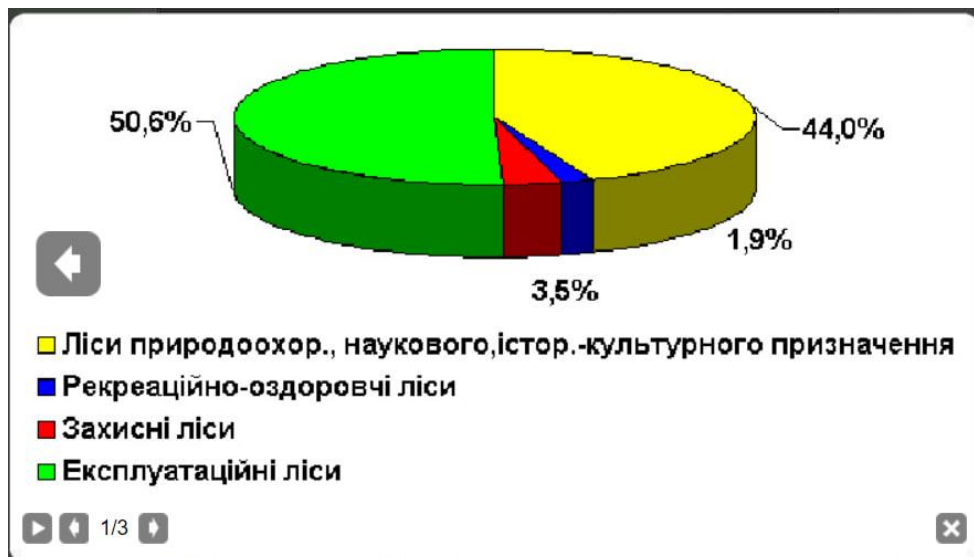


Рис 1.1 Поділ загальної площі на категорії лісів

Найбільші площі лісів розташовані в західній і північній частинах країни, в тому числі в Карпатах і Польщі. Загальна площа лісів у цих областях становить понад 70% загальної площі лісів України. Ліси України складаються з понад 120 видів дерев і чагарників, серед яких дуб, сосна, бук, ялиця та інші [11]. Що продемонстровано на рисунку 1.2 та показує які види дерев переважають у нашій країні.

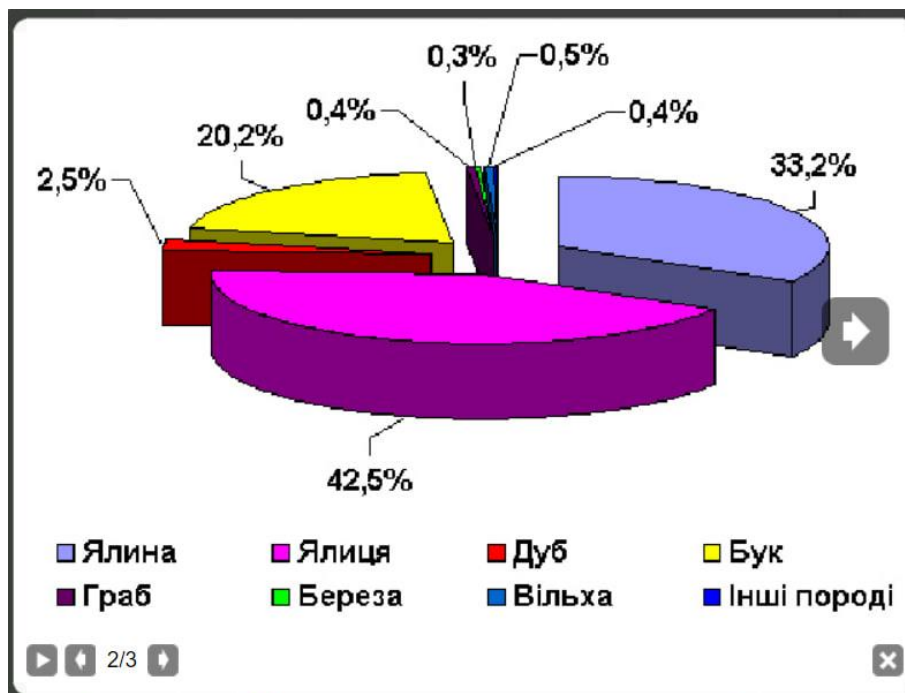


Рис 1.2. Поділ вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за переважаючими породами.

Однак лісовий фонд України стикається з низкою проблем, зокрема незаконними рубками, недостатнім фінансуванням охорони та відновлення лісів, погіршенням стану ґрунтів і водних ресурсів через забруднення. Для збереження та відновлення лісових ресурсів України необхідно проводити регулярний моніторинг та розробляти стратегії управління лісами на різних рівнях – від державного до місцевого[1].

Загальна характеристика лісів України є важливим аспектом вивчення та управління лісовими ресурсами країни. Лісові покриви України відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття, охороні водних ресурсів, забезпеченні киснем і продовольством місцевих громад і промислових підприємств [8].

За даними Державного агентства лісових ресурсів України, загальна площа лісів становить близько 10,6 млн га, що становить понад 40% території країни. Ліси України складаються з понад 100 видів дерев і кущів, у яких мешкає понад 20 тис. видів тварин і рослин. На рисунку 1.3 ви можете переглянути лісистість областей України у відсотковому співвідношенні станом на 2011 рік

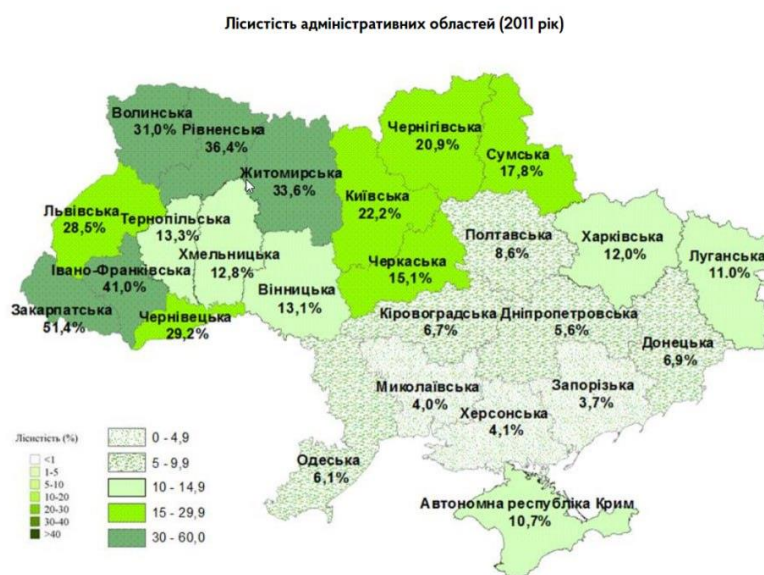


Рис. 1.3 Лісистість областей України у відсотковому співвідношенні.

Однак лісові ресурси України стикаються зі значними викликами та загрозами, такими як необхідність розширення деревообробної промисловості, зміна клімату, незаконна вирубка лісів та недостатнє фінансування для збереження та відновлення лісів. Тому вивчення загальної характеристики лісів України є важливим кроком до створення стратегій і програм збереження та управління лісовими ресурсами з метою забезпечення екологічно сталого розвитку країни та задоволення потреб населення майбутніх поколінь.

1.2. Традиційні методи моніторингу лісів

Моніторинг лісів — систематичне спостереження за станом лісів з метою забезпечення ефективного господарювання та збереження їх. Цей процес допомагає зрозуміти ступінь змін у лісовій екосистемі, визначити проблеми та розробити стратегії їх вирішення. Традиційні методи моніторингу лісів є важливим інструментом для визначення розмірів лісових масивів, їх структури та породного складу.

Одним із традиційних методів моніторингу лісів є облік лісових площ. Для цього використовуються аерофотознімки та картографічні матеріали, які дозволяють визначити площу лісових масивів та їх межі. Доцільність використання цього методу полягає в тому, що він дозволяє порівнювати дані про зміну площі лісів у часі.

Ще одним традиційним методом моніторингу лісів є таксація лісів. Цей метод полягає у визначенні таких параметрів лісових насаджень, як вік, склад, структура, густина насаджень, діаметри дерев тощо. Лісокадастр дає змогу зрозуміти, як змінюється структура лісу під впливом природних і антропогенних факторів. Цей метод дуже важливий для збереження біорізноманіття та підтримання різноманіття екосистем.

Також традиційні методи моніторингу лісів включають визначення

показників, що характеризують здоров'я лісу, таких як густина насаджень, висота дерев, розмір деревини, наявність хвороб і шкідників.

Іншим методом є вибірковий районний облік, який полягає у вимірюванні параметрів дерев і характеристик лісистості на обмеженій території. Цей метод дає змогу отримати детальні дані про структуру та функціонування лісових екосистем та створити розширену базу даних для подальшого аналізу та прогнозування стану лісів.

Крім того, до традиційних методів моніторингу лісів відноситься моніторинг стану лісів, який полягає у виявленні на деревах ознак хвороб і шкідників та визначенні їх поширеності. Цей метод дозволяє вчасно виявити та контролювати розповсюдження шкідливих організмів, що дає можливість запобігти масштабному пошкодженню лісу.

Важливим аспектом традиційних методів моніторингу є збір і аналіз метеорологічних даних, що впливають на розвиток і стан лісу. Це може включати спостереження за температурою, опадами, вологістю та іншими метеорологічними параметрами, які дозволяють встановити зв'язок між кліматичними факторами та здоров'ям лісу.

На жаль, традиційні методи моніторингу мають свої обмеження, такі як великі затрати часу та зусиль, обмежене охоплення простору та недостатня точність і деталізація зібраних даних. Тому для ефективного моніторингу та управління лісовими ресурсами необхідно поєднувати традиційні методи з новітніми технологіями, такими як геоінформаційні системи та дистанційне зондування Землі.

Ще одним традиційним методом моніторингу лісів є використання супутникових знімків. Цей метод заснований на отриманні знімків із супутників, які фіксують різні спектральні характеристики рослинного покриву. Завдяки цьому методу можна оцінити стан лісів, їх санітарний стан, площі рубок та інші параметри, а також відслідковувати зміни лісистості на великих площах.

Традиційні методи моніторингу лісів, хоч і ефективні, мають свої

обмеження. Наприклад, пункти спостереження не завжди дають можливість оцінити стан лісу в цілому, а лише окремих його ділянок. Крім того, ці методи можуть потребувати часу та ресурсів. Тому сучасні методи моніторингу лісів, такі як геоінформаційний аналіз, використання дистанційного зондування та машинне навчання, набувають все більшої популярності серед дослідників та лісівників.

1.3. Сучасні проблеми лісів України

Сучасні проблеми лісів України є актуальними та важливими для вивчення та вирішення, оскільки ліси є важливим елементом екосистеми та надають людству багато корисних послуг. У зв'язку зі зростаючими темпами індустріалізації, вирубуванням лісів, забрудненням та зміною клімату ліси України потребують особливої уваги та заходів щодо їх збереження та відновлення.

Однією з головних проблем є брак лісів, зокрема рубаних, стиглих і старих, які надають більшу кількість екосистемних послуг, а також забезпечують збереження біорізноманіття. Найбільшої шкоди зазнають ліси на заході та південному заході України, де більшість з них під загрозою вирубування та деградації.

Ще однією важливою проблемою є забруднення лісів, яке відбувається внаслідок викидів промислових відходів та скидання відходів під час розведення тварин у лісі. Це призводить до забруднення водних ресурсів, зниження рівня ґрунтових вод і погіршення якості повітря.

Зміна клімату та стихійні лиха, такі як лісові пожежі та шкідники, які негативно впливають на ліси, також є значною проблемою. Необхідно провести дослідження та розробити заходи щодо зменшення впливу цих факторів на ліси та їх збереження. На рисунку 1.4 наглядно видно кількість пожеж по областях та збитки які вони принесли державі за 2015 та 2016 роки.



Рис. 1.4 Кількість пожеж та втрати економіки України в 2015-2016 рр

Однією з основних проблем лісів України є низький рівень відновлення лісових насаджень. За даними державної статистики, у 2020 році було зібрано лише 23% від запланованого обсягу насіння лісових порід. Це пояснюється недостатньою кількістю маточних дерев, недостатнім фінансуванням державного лісового господарства та низьким рівнем суспільного інтересу до лісового господарства.

Ще однією серйозною проблемою є відсутність ефективної системи моніторингу та контролю за діяльністю лісгосподарських підприємств та окремих лісокористувачів. Це призводить до незаконної вирубки лісу, порушення екологічних норм та зниження якості лісових ресурсів.

Ще одна важлива проблема – збільшення кількості лісових пожеж та їх масштабів. За даними Державного агентства лісових ресурсів України, у 2020 році в лісах України виникла 2651 пожежа на загальній площі 5292 га. Це свідчить про необхідність розвитку системи попередження та виявлення лісових пожеж, а також удосконалення системи їх гасіння та ліквідації наслідків.

Крім того, важливою проблемою є вплив зміни клімату на лісові екосистеми України. Зокрема, збільшення частоти та інтенсивності посух та

шкідливих комах призводить до масштабного відмирання лісів та зменшення їх площ.

Ще однією серйозною проблемою лісів України є вирубка лісів. Здійснюється для забезпечення потреб промисловості, будівництва та інших галузей економіки. Внаслідок незаконних рубок та недостатнього контролю за дотриманням лісового законодавства ліси в країні значно скорочуються. Крім того, скорочення площі лісів впливає на біорізноманіття та екосистемні послуги, які надають ліси, такі як збереження ґрунту, зменшення ерозії, збереження води, поглинання вуглецю та інші. Графік на рисунку 1.5 добре показує рівні незаконної вирубки по рокам.

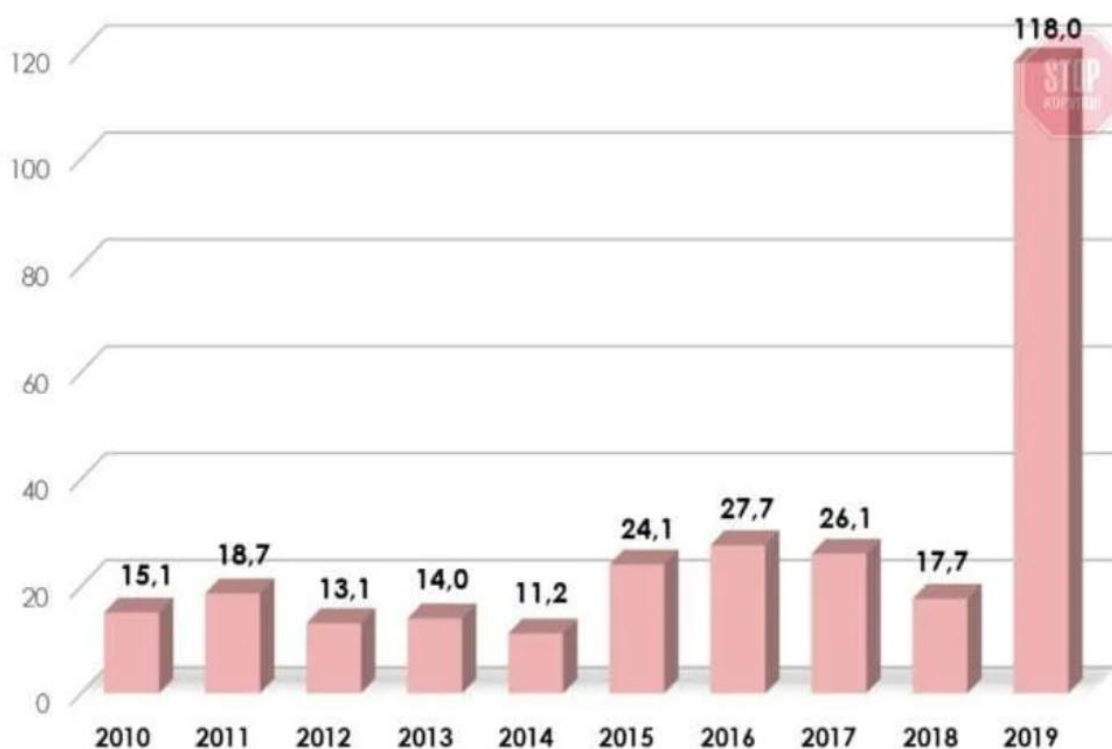


Рис. 1.5 Обсяг незаконної вирубки лісів (тис. куб. м.) по рокам

Ще однією серйозною проблемою лісів України є їх деградація. Це процес зниження продуктивності лісів, який може бути спричинений надмірними рубками, пожежами, хворобами та іншими факторами. Деградація лісів призводить до втрати їхніх екологічних функцій і послуг, таких як збереження біорізноманіття, зменшення ерозії, збереження води та

поглинання вуглецю [2].

Таким чином, сучасні проблеми лісів України є досить серйозними і потребують невідкладних заходів щодо їх вирішення. Відновлення та збереження лісових ресурсів країни є необхідністю забезпечення екологічної стійкості та економічного розвитку. Для цього необхідно проводити ефективний моніторинг лісових ресурсів та впроваджувати стратегії збереження та сталого використання лісів.

РОЗДІЛ 2.

ОСНОВНІ ЗАСАДИ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ

2.1 Особливості відображення лісів на космічних знімках

Використання космічних знімків дозволяє отримати детальну та об'єктивну інформацію про лісові екосистеми, їх стан та зміни, що важливо для ефективного управління та збереження лісових ресурсів. Особливості картографування лісів на космічних знімках дають велику кількість корисних даних, які можна використовувати для різних цілей.

Інформація про колір на космічних знімках дозволяє встановити типовий зелений відтінок лісу, оскільки хлорофіл, основний пігмент рослин, поглинає більше світла в області зеленого спектру. Це дає змогу виділити лісові масиви та визначити їх розподіл на картах [5].

Однак космічні знімки також здатні передавати інформацію про густоту лісу. Ліси з більшою щільністю матимуть більш темний відтінок на зображеннях, оскільки багатолистя та гілок перешкоджають проходженню світла. Таким чином, можна визначити території з високою щільністю, де ліси здоровіші та екологічно стійкіші, що наглядно видно на рисунку 2.1.

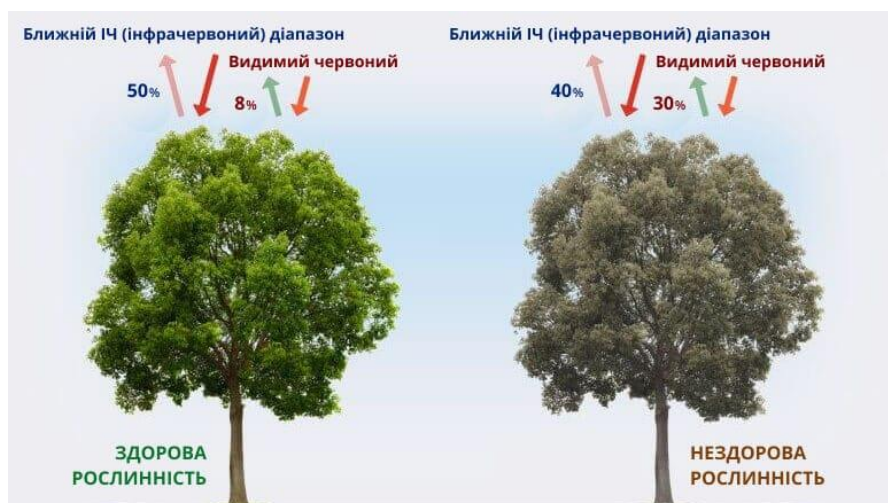


Рис. 2.1 Наглядний приклад роботи NDVI для розпізнання здорових та хворих дерев та рослин.

Крім того, космічні знімки дозволяють проаналізувати структуру лісу. Використання різних алгоритмів обробки даних дозволяє ідентифікувати різні види дерев, ідентифікувати крони рослин, дерева, дороги та інші конструктивні особливості. Це дає можливість оцінити різноманіття лісових екосистем, виявити проблемні зони та спрямувати увагу на необхідні заходи щодо їх відновлення та збереження, зверніть увагу на Рис 2.2

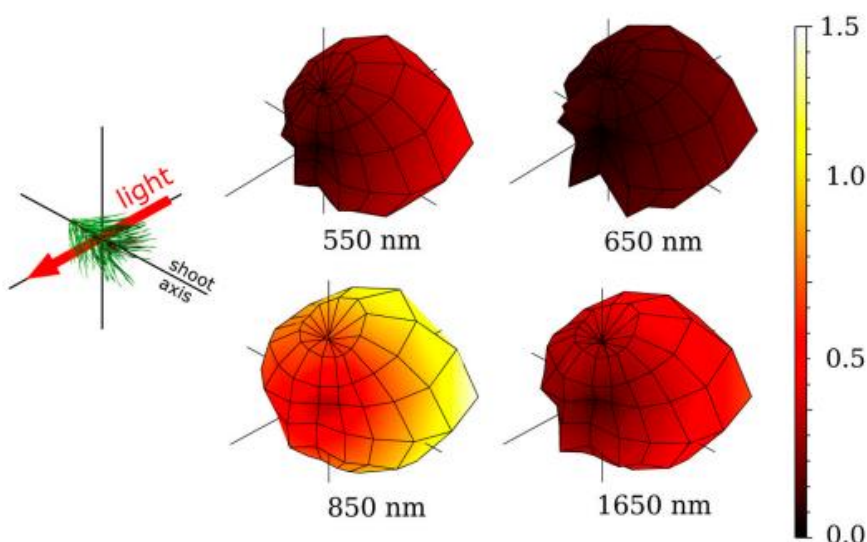


Рис. 2.2 Функції фази розсіювання зразка пагонів сосни звичайної на чотирьох довжинах хвилі, виміряні. Діаграма у верхньому лівому куті ілюструє геометрію освітлення.

Одним із найважливіших аспектів використання космічних знімків є моніторинг змін лісового покриву. Порівняння зображень, отриманих у різні періоди, дозволяє виявити динаміку вирубки лісів, поширення хвороб і шкідників, зміни розподілу лісових площ тощо. Ця інформація важлива для прийняття рішень щодо охорони та відновлення лісів.

Також космічні знімки дають змогу виявляти лісові пожежі та вимірювати їх масштаби. Зміни кольору та структури на зображеннях зможуть свідчити про наявність пожежі та її поширення. Це допомагає швидко втрутитися та прийняти рішення щодо гасіння та мінімізації наслідків пожежі. На Рис. 2.3 можна переглянути спектри відбиття деревних компонентів (стебла дерева або шматків кори).

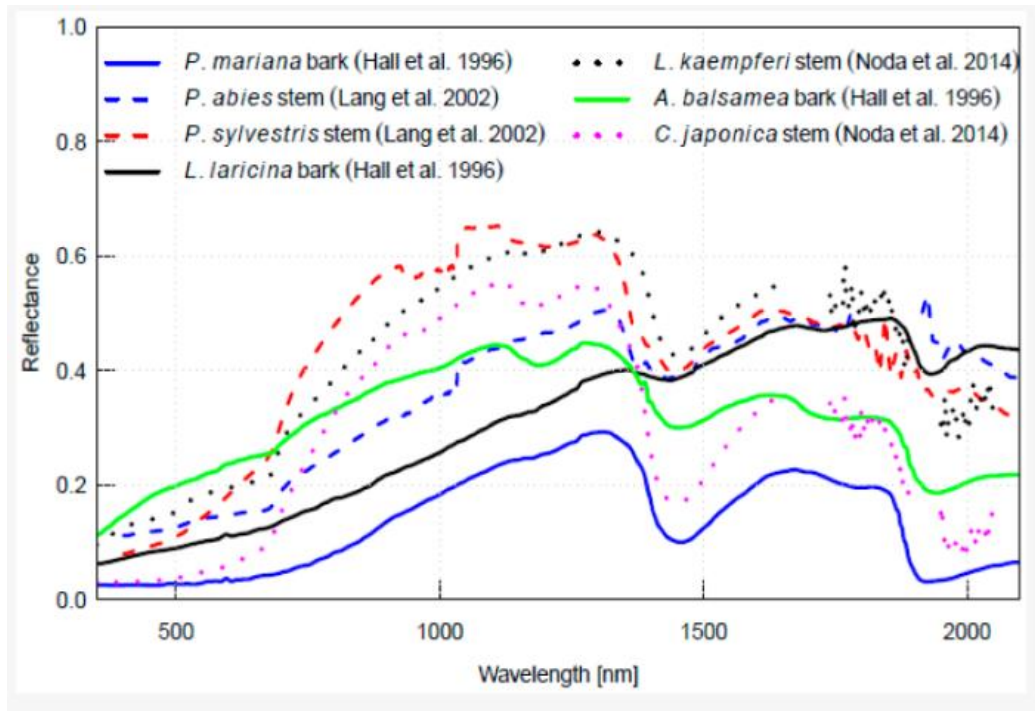


Рис. 2.3 Спектри відбиття деревних компонентів (стебла дерева або шматків кори).

Загалом космічна зйомка є потужним інструментом для вивчення та моніторингу лісових ресурсів. Вони надають об'єктивну та детальну інформацію про ліси, їх стан та зміни, що допомагає приймати рішення щодо їх управління, охорони та відновлення. Використання цих зображень сприяє збереженню лісових ресурсів, підтриманню екологічної стійкості та збалансованого розвитку.

2.2 Огляд відкритих даних дистанційного зондування для космічного моніторингу лісів

Космічний моніторинг лісів — це процес використання супутників та інших космічних апаратів для збору даних про лісові екосистеми на великій відстані. Такий підхід дає можливість отримати об'єктивну, швидку та глобальну інформацію про стан та зміни в лісових регіонах.

Одним із основних джерел даних для космічного моніторингу лісів є супутникові знімки. Такі супутники, як Landsat, Sentinel і MODIS, здатні фіксувати різні параметри лісу, такі як покрив, тип дерев, густина лісу, зміна розміру лісових насаджень та інші атрибути. Ці дані використовуються для оцінки стану лісів, визначення вирубаних ділянок, вивчення змін лісового покриву, прогнозування пожеж і встановлення екологічних тенденцій [4].

Окрім супутникових зображень, існують інші джерела даних для космічного моніторингу лісів, такі як радар (SAR), лідар, інфрачервоні зображення тощо. Ці технології дозволяють отримати додаткову інформацію про висоту дерев, структуру лісу та інші параметри, які можуть бути корисним для аналізу лісових екосистем.

Застосування космічного моніторингу лісів дуже широке. Він використовується для моніторингу змін у лісових регіонах, виявлення незаконних рубок, планування лісових ресурсів, оцінки впливу зміни клімату на лісові екосистеми, оцінки біорізноманіття та оцінки ефективності програм збереження лісів.

Загалом космічний моніторинг лісів є потужним інструментом для збору інформації про стан лісів планети. Це допомагає впроваджувати стратегії сталого лісового господарства та зберігати природні ресурси для майбутніх поколінь.

Для космічного моніторингу лісів існує ряд відкритих даних дистанційного зондування, доступних для громадського використання та досліджень. Ось кілька прикладів таких даних:

Супутникові зображення: різні супутникові місії надають зображення Землі в різних спектральних діапазонах. Наприклад, Landsat, Sentinel і MODIS є популярними супутниковими місіями, які збирають дані про лісовий покрив у видимому, інфрачервоному та мікрохвильовому діапазонах. Ці дані використовуються для оцінки змін у розподілі лісів, виявлення рубок і оцінки стану деревного покриву.

Дані лідара: лідар (виявлення світла та визначення дальності) використовує лазерне випромінювання для вимірювання висоти лісових споруд. Лідарні дані дозволяють отримати детальну інформацію про висоту дерев, рельєф місцевості та структуру лісового покриву. Деякі проекти, такі як Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI), збирають відкриті лідарні дані, які можна використовувати для оцінки біомаси, запасів вуглецю та інших параметрів лісу.

Радіометричні дані. Дані радіометрів використовуються для вимірювання електромагнітного випромінювання, яке відбивається або випромінюється лісовими екосистемами. Ці дані можна використовувати для визначення різних параметрів, таких як вміст вологи, біомаса та типи рослинності.

Відкриті бази даних: Є кілька відкритих баз даних, які містять інформацію про лісові екосистеми. Наприклад, Global Forest Watch надає доступ до глобальних даних про втрату лісів, вирубку та інші показники зміни лісового покриву.

Ці відкриті дані дистанційного зондування є цінним ресурсом для дослідників, науковців та організацій, які займаються моніторингом та збереженням лісів. Вони дають змогу вивчати зміни в лісовому покриві, виявляти загрози та розробляти стратегії збереження лісових ресурсів.

2.3. Огляд веб-ресурсів глобального космічного моніторингу лісів.

Для глобального космічного моніторингу лісів існують різні веб-ресурси, які надають доступ до відкритих даних та інструментів для аналізу лісових масивів за допомогою супутникових зображень. Ось деякі веб-ресурси, які можуть бути корисними для вивчення лісів у глобальному масштабі:

Global Forest Watch (globalforestwatch.org): цей веб-портал надає доступ до глобальних даних про лісовий покрив, зміни лісів, очищені території,

лісові пожежі та інші параметри. Ви можете використовувати інтерактивні карти та інструменти аналізу, щоб спостерігати за лісовими екосистемами та контролювати їх стан. Візуальний вигляд веб-ресурсу видно на Рис. 2.4 Global Forest Watch

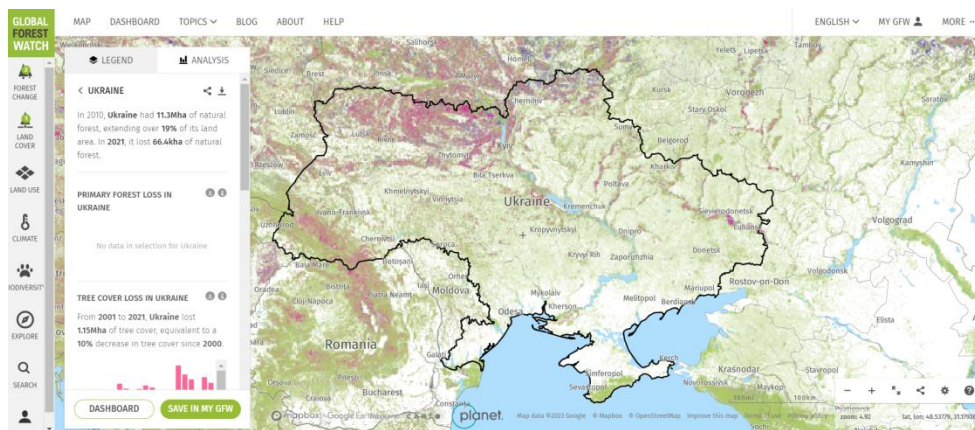


Рис. 2.4 Веб-ресурс Global Forest Watch

Система даних та інформації системи спостереження за Землею NASA (EOSDIS) (earthdata.nasa.gov): цей ресурс надає доступ до великої кількості космічних даних, включаючи супутникові зображення, які можна використовувати для моніторингу лісів. Ви можете знайти дані різних супутникових місій, таких як Landsat, MODIS, Sentinel та інших.

Ініціатива щодо зміни клімату (CCI) Європейського космічного агентства (ESA) (climate.esa.int/en/projects/forests): цей проект ESA пропонує набір даних індексу лісів, отриманих із космосу, для вивчення змін у лісах у глобальному масштабі. Ресурс містить інформацію про методологію, доступ до даних та інструменти аналізу.

Портал відстеження вуглецю в лісах (fct.pml.ac.uk): цей портал, розроблений Плімутською морською лабораторією, надає доступ до супутникових даних про запаси вуглецю в лісах. Ви можете вивчати зміни запасів вуглецю в лісах та їх роль у кліматичній системі.

Global Land Analysis and Discovery (GLAD) (glad.umd.edu): цей ресурс, розроблений Університетом Меріленда та Google, надає доступ до

найновіших даних про вирубку лісів за допомогою супутникових зображень. Ви можете відстежувати зміни в лісовому покриві та ідентифікувати вирубані ділянки в режимі реального часу. Рис. 2.5 демонструє функціонал сайту Global Land Analysis and Discovery.

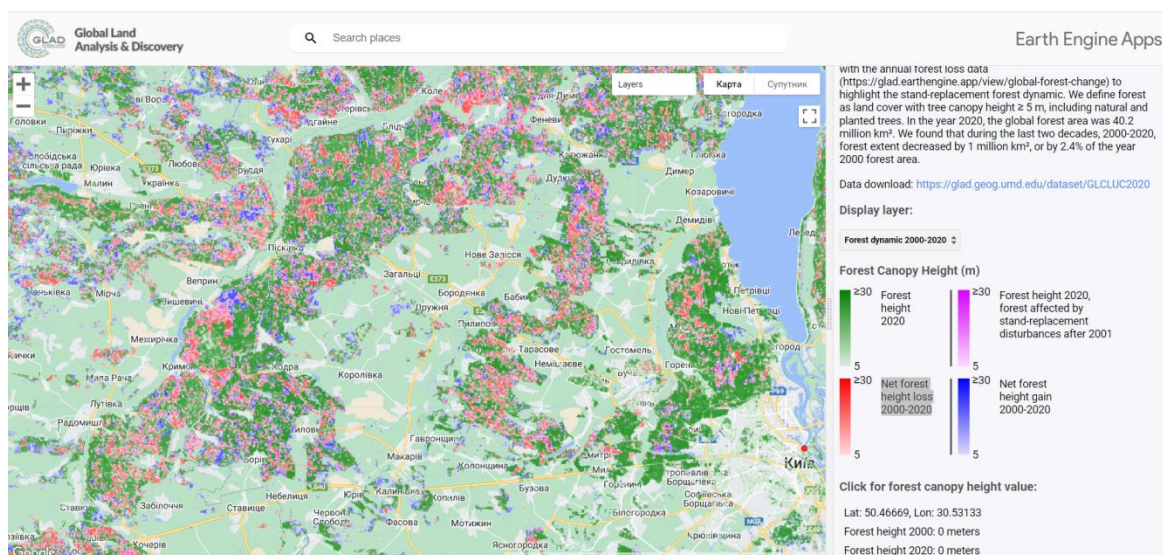


Рис. 2.5 Веб-ресурс Global Land Analysis and Discovery (GLAD)

Ці ресурси дають можливість вивчати лісові екосистеми на основі космічних знімків і відкритих даних. Вони допомагають спостерігати за змінами лісистості, виявляти знелісені ділянки, вивчати стан лісів та важливість їх збереження.

Окрім веб-ресурсів, згаданих раніше, є також кілька інших джерел, які можуть бути корисними для глобального космічного моніторингу лісів. Ось деякі з них:

Всесвітній центр моніторингу охорони природи Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) (www.unep-wcmc.org): Всесвітній центр моніторингу охорони природи ЮНЕП надає доступ до геопросторових даних та інформації про лісовий покрив. Вони мають велику кількість даних про ліси з усього світу та пропонують інструменти для аналізу та візуалізації цих даних.

Global Forest Watch Canada (www.globalforestwatch.ca): цей ресурс присвячений моніторингу лісів у Канаді та надає доступ до відкритих даних та інструментів для аналізу лісових екосистем у цій країні. Ви можете вивчати дані про зміни лісів, очищених територій, лісових пожеж та інші параметри.

Global Forest Watch Commodities (commodities.globalforestwatch.org): цей ресурс спеціалізується на відстеженні зв'язків між лісовими масивами та глобальними постачальниками товарів. Ви можете дізнатися про виробництво та постачання лісових товарів, таких як деревина, пальмова олія, соєві боби тощо, та оцінити їхній вплив на лісовий покрив.

Місцеві веб-ресурси: багато країн і регіонів мають власні веб-ресурси для моніторингу лісів і супутникових зображень. Наприклад, в Україні ви можете звернутися до Державного космічного агентства України (www.nkau.gov.ua) або Центру космічних досліджень і телекомунікацій (www.space.gov.ua) для отримання інформації про проекти та дані, пов'язані з моніторингом лісів.

Ці ресурси надають широкий спектр інформації, інструментів і даних для космічного моніторингу лісів. Вони допомагають вивчати зміни в лісових екосистемах, виявляти загрози, впливати на прийняття рішень щодо збереження лісів і сприяти сталому лісокористуванню.

2.4 Досвід картографування лісів України за супутниковими даними.

Досвід картографування лісів України за супутниковими даними є важливим інструментом моніторингу та управління лісовими ресурсами. Завдяки сучасним технологіям дистанційного зондування, таким як супутникові знімки, стало можливим отримати детальну інформацію про стан та зміни лісового покриву.

Картографування лісів із використанням супутникових даних включає наступні етапи:

Збір даних : Супутникові зображення , які містять інформацію про лісовий покрив, отримані з різних джерел, таких як Landsat, Sentinel, супутники MODIS тощо . Ці дані мають різні просторові та спектральні характеристики, що дозволяє отримувати різноманітну інформацію про лісові екосистеми.

Попередня обробка: Супутникові зображення проходять попередню обробку, яка включає калібрування, виправлення геометричних спотворень, видалення шумів та інші етапи. Це покращує якість зображення та зменшує спотворення, які можуть виникати через різні джерела помилок.

Класифікація: Супутникові зображення підлягають класифікації, де різні типи ландшафтів, включаючи ліси, виділяються на основі їх спектральних характеристик. Це може включати використання алгоритмів машинного навчання, які автоматично розпізнають і класифікують лісовий покрив на зображеннях.

Перевірка: результати класифікації підлягають перевірці, де точність класифікації перевіряється шляхом порівняння з наземними спостереженнями або іншими даними. Це дозволяє оцінити достовірність картографічних результатів і виправити помилки, якщо вони виявлені.

Аналіз та інтерпретація: отримані дані картографування лісового покриву використовуються для аналізу змін, визначення вразливих територій, моніторингу розташування та розміру лісів, а також оцінки їх стану та здоров'я. Ці дані є важливим інструментом для прийняття рішень щодо управління та збереження лісових ресурсів.

Досвід супутникового картографування лісів допомагає збирати об'єктивну та детальну інформацію про лісовий покрив, визначати зміни та тенденції, що впливають на ліси, а також забезпечує наукову основу для прийняття рішень щодо їх збереження та сталого використання.

Окрім картографування лісів за супутниковими даними, досвід використання цих даних для моніторингу лісів в Україні також включає такі аспекти:

Виявлення змін у лісовому покриві: супутникові дані можуть виявити зміни в лісовому покриві, такі як вирубка, знищення або зростання лісів. Це допомагає визначити території, які підлягають особливому контролю або потребують втручання для збереження лісових ресурсів.

Оцінка лісового фонду: Супутникові дані можна використовувати для оцінки лісового фонду, включаючи кількість дерев, їх щільність і розташування. Це дає змогу оцінити обсяги деревини, потенційні запаси та визначити оптимальні підходи до управління лісовими ресурсами.

Моніторинг забруднення та наслідків. Супутникові дані можна використовувати для виявлення забруднень, таких як викиди заводів або спалювання лісів, а також для оцінки впливу зміни клімату на лісові екосистеми. Це допомагає виявити проблемні зони та вжити заходів щодо зменшення впливу людської діяльності на ліси.

Моніторинг землекористування. Супутникові дані можна використовувати для моніторингу змін землекористування в лісистих районах, таких як зміна кордонів лісів, перетворення лісів на сільськогосподарські землі або розвиток міст. Це дозволяє контролювати та регулювати використання земельних ресурсів для збереження навколишнього природного середовища.

Досвід використання супутникових даних для моніторингу лісів сприяє більш ефективному та науково-обґрунтованому управлінню лісовими ресурсами, збереженню біорізноманіття та сталому розвитку природних екосистем.

Застосування матеріалів ДЗЗ для вивчення лісових масивів України почалося в 1990-х роках завдяки прориву в геоінформаційних системах і розвитку комп'ютерних технологій. Це відкрило шлях до обробки та аналізу

цифрових даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і створило нові можливості для просторового аналізу земної поверхні.

Першими фахівцями, які використовували багатозональні знімки різної просторової роздільної здатності для вивчення екологічного стану лісів і ландшафтів, були вчені Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геофізики імені С.І. Субота НАН України (ЦАКДЗ, м. Київ). Наприклад, на знімку SPOT-4 від 23.08.1995 р. виявлено різні типи лісу: чорновільхові, дубово-грабові, осиково-березові та соснові, встановлено зараженість соснових лісів зони відчуження шовкопрядом. ЧАЕС.

Розроблено новий метод топографічної корекції даних багатозонних космічних знімків для класифікації лісового покриву гірських районів. Цей метод змінює яскравість пікселів зображення, зменшуючи значення для освітлених схилів і збільшуючи для менш освітлених, і не змінює значення для горизонтальних поверхонь.

Також проведено дослідження можливостей використання даних відеоспектрометра MERIS для класифікації ґрунтового покриву Українських Карпат. Результати показали, що супутниковий знімок ENVISAT MERIS з просторовою роздільною здатністю 1200 м забезпечує середні результати класифікації, але добре розрізняються лише хвойні ліси та засніжені вершини. Використання багатозонних індексів REP і MTCI показало кращі результати порівняно з класифікацією на основі значень відбиття.

У співпраці з Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (IASA, Відень) також проводились дослідження щодо використання багатозональних космічних знімків для вивчення стану лісових масивів України та Сибіру, а також оцінки кругообігу вуглецю в природі.

Загалом використання даних ДЗЗ дозволяє отримати важливу інформацію про стан лісових масивів, їх структуру та екологічні параметри. Це дає змогу проводити ефективні моніторингові дослідження та приймати обґрунтовані рішення щодо охорони та управління лісовими ресурсами.

Розшифровка супутникових знімків дозволяє мати дві вікові категорії лісів: молодшу (до 50 років) і старшу (понад 50 років). Ця інформація важлива для класифікації листяних, хвойних і змішаних насаджень. Дослідники використовують супутникові знімки, в тому числі ENVISAT MERIS та Landsat, щоб отримати інформацію про стан лісів, класифікувати різні типи лісів (молодші та старші, листяні, хвойні, змішані насадження) та проаналізувати зміни лісистості за роки [13].

Для підвищення точності обробки супутникових знімків використовуються методи геометричної корекції, ортотрансформації та сегментації зображення. Це дає змогу одержувати точніші результати та класифікувати лісові площі за різними показниками.

Дослідники також використовують зображення Landsat та офіційну статистику для аналізу змін у лісовому покриві в Українських Карпатах. Вони визначили зміни, які відбулися внаслідок незаконних рубок та природного відновлення лісу. Ці дані проаналізовано з урахуванням переходу до сталого лісового господарства.

Космічні сканування Landsat були створені для розрізнення різних класів лісових угідь, таких як листяні, хвойно-широколисті, хвойні, лісові культури та нелісові землі. Ці сканування допомагають ідентифікувати різні типи лісів та інші важливі елементи природних екосистем.

Також розглянуто використання методів декодування даних РЛС із синтезованою апертурою (SAR) для оцінки таксаційних параметрів лісових наділів та окремих промислових дерев. Вивчення інфраструктури окремих лісових порід, таких як сосна та дуб, дозволило досягти високої точності дистанційної оцінки цих параметрів.

У тексті також зазначено різницю між радіолокаційним і радіотермолокаційним контрастами лісових насаджень і природних насаджень. Це пояснюється лінійною структурою лісу. Такі перепади використовуються для формування власного і вторинного випромінювання природних лісових ділянок і насаджень [12].

Дані із супутників збираються, систематизуються та обробляються Національним космічним агентством України (НКАУ) та підвідомчими установами, такими як Науково-виробничий центр аерокосмічної інформації «Природа». Це дозволяє отримувати інформацію про стан лісових екосистем і використовувати її для ефективного управління лісовими ресурсами та збереження біорізноманіття.

Також дистанційним моніторингом лісів займається Центр дистанційного моніторингу лісів, який є структурним підрозділом Державного агентства лісових ресурсів України. Вони використовують супутникові дані та інші дистанційні технології для збору, обробки та аналізу супутникових зображень з метою визначення стану лісових ресурсів в Україні.

Дистанційний моніторинг лісів дозволяє уряду та лісовому господарству приймати більш обґрунтовані рішення щодо управління лісовими ресурсами, збереження біорізноманіття та захисту природних екосистем. Він також використовується для прогнозування ризику лісових пожеж, вивчення впливу зміни клімату на ліси та розробки стратегій відновлення та рекультивації лісів.

Україна активно розвиває свої можливості у сфері дистанційного моніторингу лісів, спираючись на сучасні технології та співпрацюючи з міжнародними організаціями. Це сприяє покращенню управління лісовими ресурсами, збереженню природних екосистем та створенню сталої та екологічно чистої лісової промисловості. Іншою установою, яка займається дистанційним моніторингом лісів, є Центр дистанційного моніторингу лісів, який є структурним підрозділом Державного агентства лісових ресурсів України. Цей центр спеціалізується на використанні супутникових даних та інших дистанційних технологій для моніторингу лісових ресурсів в Україні.

Роль центру полягає у зборі, обробці та аналізі супутникових знімків, які надають інформацію про стан лісових екосистем. Ці дані потрібні їм для оцінки змін лісового покриву, виявлення незаконних рубок, визначення

санітарного стану лісів та багато іншого. Такий моніторинг дозволяє уряду та лісовому господарству впроваджувати більш ефективну політику управління лісовими ресурсами, зберігати біорізноманіття та захищати природні екосистеми. Крім того, дистанційний моніторинг лісів також використовується для прогнозування ризику виникнення лісових пожеж, оцінки впливу зміни клімату на ліси та визначення оптимальних стратегій відновлення та рекультивації лісових масивів.

Україна активно розвиває свої можливості у сфері дистанційного моніторингу лісів, використовуючи сучасні технології та співпрацюючи з міжнародними організаціями. Це сприяє покращенню управління лісовими ресурсами, збереженню природних екосистем і створенню сталої та екологічно чистої лісової промисловості.

РОЗДІЛ 3.

КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЛІСІВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Інвентаризація та стан лісів Київської області

Вперш питання національної інвентаризації підняте на державному рівні в Указі Президента України Л. Кучми «Про додаткові заходи щодо розвитку лісового господарства», який зобов'язував „протягом 2004-2007 років організувати проведення Державним комітетом лісового господарства України суцільної інвентаризації лісів. Попри фізичну неможливість організації та проведення НЛІ за такий короткий термін в керівництва галузі без сумніву з'явилося певне розуміння необхідності інвентаризації [9].

Державна цільова програма «Ліси України» на 2010-2015 рр. Передбачала проведення інвентаризації лісового фонду з використанням статистичних методів, як один із заходів в завданні підвищення ефективності управління лісовим господарством . Тим самим, уряд визнавав необхідність проведення національної інвентаризації та необхідність відповідного фінансового забезпечення.

Усвідомлення потреби достовірній інформації про стан лісів та лісових ресурсів завжди виникає, коли урядом розглядається стан ведення лісового господарства. Проте, через брак коштів з року в рік відкладається проведення державного обліку лісів, заходи державної цільової програми щодо національної інвентаризації лісів не виконані, а інтереси зацікавлених міністерств та відомств щодо проведення національної інвентаризації досі не структуровані та не артикульовані.

Суспільний та державний інтерес щодо проведення національної інвентаризації збігаються в питанні необхідності встановлення критеріїв невиснажливого користування лісами. Однак, розуміння змісту та цілей національної інвентаризації лісів немає як серед лісових спеціалістів так і

представників громадськості, - у перших через су-професійний підхід та відсутність перекладів спеціальної літератури, в других - через загальну низьку поінформованість.

Тому, приведені нижче способи використання даних НІЛ різними зацікавленими сторонами є більше потенційними можливостями чим реальними засобами управлінської чи суспільної діяльності:

Мінагрополітики (центральний орган виконавчої влади, що формує державну лісову політику) - для підготовки пропозицій з лісової політики.

Держлісагентство (центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері лісового господарства) – для планування невиснажливого лісокористування, надання інформації до державного обліку лісів та міжнародної звітності. Результати проведених інвентаризацій частково враховані при підготовці даних до Глобальної оцінки лісових ресурсів ФАО щодо оцінок показників сухостою та поваленої деревини.

Мінприроди (центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища) – для планування заходів з охорони природи та збереження біорізноманіття, проведення екологічного моніторингу довкілля, планування заходів із запобігання змінам клімату. Особливий інтерес представляють можливості надання даних для удосконалення звітності до РКЗК та КП у секторі ЗЗЛГ, наприклад, щодо уточнення показників приросту біомаси.

Науково-дослідні установи – для проведення власних досліджень та аналізу. Протягом 2010 - 2014 років Укр НДЛГА виконував науково-дослідну роботу «Удосконалити методи інвентаризації та моніторингу лісів відповідно до вимог сталого ведення лісового господарства». Результати НДІ суттєво не вплинули на процес проведення виробничих інвентаризацій. Не державні екологічні організації – для незалежної оцінки ефекту державної політики в галузі природокористування та землекористування.

Інвентаризація та стан лісів Київської області є важливим аспектом природокористування та збереження біорізноманіття. Цей процес включає

збір, аналіз та оцінку даних про лісові масиви з метою отримання актуальної інформації про їх стан, видовий склад, вік, розмір, розташування та інші важливі параметри [6].

Одним із ключових етапів інвентаризації лісів є збір даних на локальному рівні, де проводяться спеціальні польові дослідження. Це включає обліт або проліт через територію для обліку наявних лісових масивів, вимірювання їх площі, визначення породного складу дерев, вікової структури, санітарного стану лісу та інших характеристик. Потім отримані дані обробляються та аналізуються для отримання комплексної карти стану лісів.

Зібрані дані таксації лісів Київської області використовуються для багатьох цілей. Вони дають змогу оцінити загальну площу лісових масивів, визначити їх розташування та поширення, виявити загрози та проблеми, пов'язані з лісовими екосистемами, визначити необхідні заходи щодо їх збереження та відновлення. Крім того, дані інвентаризації будуть основою для розробки стратегії управління лісовими ресурсами, планування рубок, створення зон відпочинку та охорони природних територій.

Важливим аспектом інвентаризації лісів є також визначення їх екологічного та санітарного стану. Це включає виявлення ознак хвороб, шкідників, пошкоджень або деградації лісу. Знання стану лісових екосистем є важливим для вжиття заходів щодо охорони, відновлення та сталого використання лісів.

Усі ці дані інвентаризації лісів Київської області є важливим інструментом для прийняття рішень щодо управління лісовими ресурсами та збереження біорізноманіття. Вони допомагають зрозуміти поточний стан лісових екосистем, виявити проблеми та визначити пріоритетні напрямки дій. Збереження та належне управління лісами є ключовими факторами для збалансованого розвитку та забезпечення довгострокової стійкості екологічних, соціальних та економічних систем.

Дані інвентаризації лісів Київської області також можуть бути використані для моніторингу змін лісових екосистем у часі. Порівняння результатів інвентаризації, проведеної в різні періоди, дозволяє виявити тенденції деградації або відновлення лісових територій та визначити ефективність застосованих лісового сподарських заходів.

Крім того, дані кадастру можуть бути використані для наукових досліджень, моделювання лісових екосистем, розробки стратегій збереження біорізноманіття та прогнозування зміни клімату. Вони створюють базу даних для розуміння складних взаємозв'язків між лісовими екосистемами, кліматичними факторами, флорою та фауною та іншими аспектами навколишнього середовища.

Важливим результатом інвентаризації також є можливість розробки стратегії збереження лісових ресурсів та ефективного використання їх потенціалу. Дані про структуру, склад і санітарний стан лісів допомагають визначити необхідність рубок, лісовпорядкування, відновлення природних лісів, а також створення нових лісових насаджень. Вони є основою для розробки перспективних планів управління лісовими ресурсами та регулювання їх використання.

Усі ці аспекти інвентаризації та стану лісів Київської області є важливими для забезпечення сталого розвитку регіону, збереження навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної рівноваги. Ретельна оцінка стану лісів та ефективне управління лісовими ресурсами необхідні для того, щоб забезпечити майбутнім поколінням здорові та життєздатні лісові екосистеми.

3.2 Геоінформаційне картографування лісів Київської області за даних дистанційного зондування.

Інструментом оцінки, моніторингу та управління лісовими ресурсами є геоінформаційне картографування лісів Київської області за даними ДЗЗ.

Дистанційне зондування Землі передбачає використання спеціальних супутників або літаків, які збирають дані про земну поверхню з висоти. Потім ці дані обробляються та аналізуються для отримання інформації про лісовий покрив.

Одним із ключових аспектів геоінформаційного картографування лісів є використання супутникових знімків. Супровідні дані дають можливість отримати детальну інформацію про стан і розміщення лісів на значній території. Супутникові знімки забезпечують високу просторову роздільну здатність, що дозволяє виявити найменші зміни лісистості. [14].

Дистанційне зондування також включає використання інших типів датчиків, таких як радар і лазерне сканування. Ці технології дозволяють отримувати інформацію навіть у хмарну погоду або вночі. Сигнал радара проникає крізь хмари та листя, що дає можливість отримати дані про висоту лісистості, густоту деревостану та інші параметри.

Використання геоінформаційного картографування лісів Київської області має ряд переваг. Він дає змогу оцінити площу лісових масивів, виявити зміни в лісових екосистемах, визначити зони вирубки лісів і лісових пожеж, а також дослідити вплив діяльності людини на лісові ресурси.

Отримані дані можуть бути використані для планування лісовпорядкування, визначення оптимальних місць відновлення лісового покриву, контролю незаконних рубок та оцінки змін площі лісових масивів у часі.

Геоінформаційне картографування лісів Київської області за даними ДЗЗ має великий потенціал для збереження та управління лісовими ресурсами. Це дає можливість отримати об'єктивну інформацію про стан лісових екосистем, прийняти зважене рішення щодо їх охорони та використання [3].

Геоінформаційне картографування лісів Київської області за даними дистанційного зондування є складним процесом, що включає в себе розкриття та аналіз змін лісовкритих площ за допомогою супутникових або

літальних знімків земної поверхні. Методом такої роботи є створення картографічних продуктів, які дають детальну інформацію про лісові покриви та їх характеристики, що змінюються в часі.

Під час дослідження проводиться збір даних дистанційного зондування, що включає растрові зображення з різних спектральних об'єктів. Ці дані піддаються попередній обробці, яка включає корекцію геометричних спотворень і радіометричних корекцій, для підвищення якості та точності даних.

Наступним кроком є сегментація та класифікація зображення, що дозволяє виділити лісові об'єкти на знімках. Цей процес може включати використання алгоритмів машинного навчання для автоматичного розпізнавання та класифікації лісових покривів. Після класифікації результату проводиться аналіз та визначення різних характеристик лісу, таких як площа, густина, тип деревостану та інші.

З отриманих даних створено картографічні продукти, які відображають лісові покриви на території Київської області. Це можуть бути карти лісових покривів, зони розташування різних типів лісу, діаграми розподілу лісів за площею та інші картографічні представлення. такі карти надають цінну інформацію про стан лісових ресурсів, зміни, що відбуваються з часом, та допускають моніторинг лісових площ.

Приклади досліджень з геоінформаційного картографування лісів Київської області за даними дистанційного зондування можуть включати роботи, такі як "Методи геоінформаційного картографування лісових покривів на прикладі Київської області", "Аналіз лісових покривів у Київській області за даними ДЗЗ за період 2013-2023 років" та "Оцінка стану лісових ресурсів Київської області за даними ДЗЗ» [10].

Це дослідження інших методів та алгоритмів для обробки та аналізу даних ДЗЗ для отримання точної інформації про лісові покриви та їх зміни. Результати таких досліджень можуть бути використані для управління

лісовими ресурсами, прийняття рішень щодо збереження та відновлення лісів, а також для моніторингу та контролю стану лісових екосистем.

Для отримання наших результатів нам потрібно зробити наступне:

1. Завантаження мозаїки окремих каналів.

Завантаження мозаїки окремих каналів - це процес складання окремих зображень чи даних, які представлені у вигляді каналів, в одне зображення або набір даних. Що ми і бачимо на рис. 3.1. Це дозволяє отримати повний спектр інформації, яка зберігається в кожному окремому каналі.

У контексті дистанційного спостереження Землі, зображення, отримані від супутників або інших датчиків, можуть бути записані в різних каналах, які відображають різні спектральні параметри. Зазвичай це означає, що дані представлені у формі чорно-білих або кольорових зображень, де кожен канал відповідає окремому кольору або спектральній області.

При завантаженні мозаїки окремих каналів спочатку обробляються всі канали даних, які є найкращими для потреб аналізу. Потім кожен окремий канал зображення накладається один на один, створюючи мозаїку. Це може бути виконано шляхом розташування кожного каналу поруч або накладання їх один на один, незалежно від формату та цілої візуалізації [7].

Завантаження мозаїки окремих каналів дозволяє отримати більш повну картину аналізованих даних. Кожен канал може мати унікальну інформацію, яка доповнюється та використовується для інших каналів. Наприклад, у дистанційному спостереженні Землі використовують канали, які відображають різні спектральні компоненти, такі як червоний, зелений та синій, а також інфрачервоні канали. Об'єднання цих каналів дозволяє виявити різноманітні особливості поверхні землі, такі як водні джерела, рослинність будівель та інші об'єкти.

Загалом, завантаження мозаїки окремих каналів є потужним інструментом для отримання повної інформації з даних спостереження та аналізу різних спектральних характеристик. Це додатково вченим, географам та іншим фахівцям краще розуміти і аналізувати явища, що відбуваються на

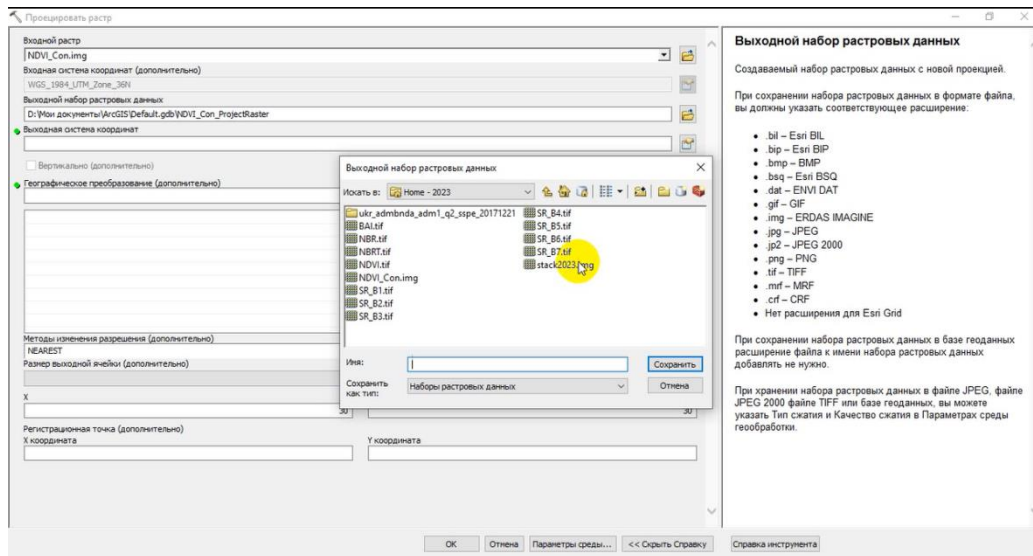


Рис 3.1 Завантаження мозаїки окремих каналів

2. Створенням композитного зображення.

Створення композитного зображення для аналізу змін лісових площ Київської області може включати наступні кроки:

Вибір супутникових знімків: Спочатку необхідно вибрати супутникові знімки, які надають інформацію про лісові площі Київської області. Обидва використовують мультиспектральні знімки, які охоплюють різні спектральні функції, такі як червоний, зелений, синій та інфрачервоний для цього я використав супутникові знімки супутника Landsat 8 за 01.03.-10.06.2023 що можна побачити на Рис 3.2.

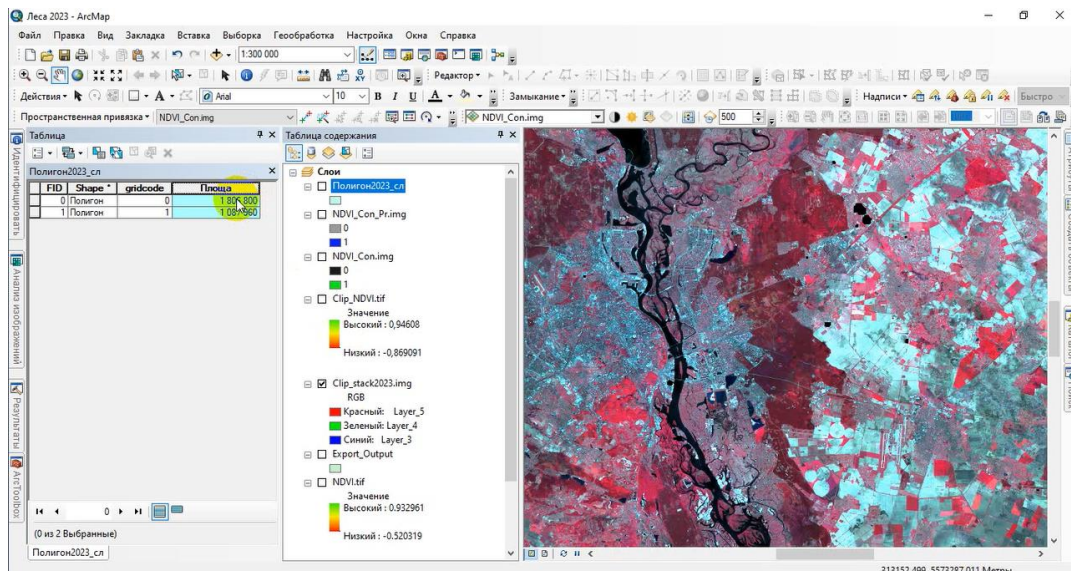


Рис 3.2 Знімки Landsat 8 за 01.03.-10.06.2023 усереднене значення (медіанний фільтр використаний)

Знімки були в проекції WGS_1984_UTM_Zone_36N але для вирахування площі дані були конвертовані у World_Cylindrical_Equal_Area.

Знімки можуть використовувати передобробку, таку як калібрування, видалення шуму або виправлення геометричних спотворень. Це допоможе отримати якісні дані для подальшого аналізу.

Якщо фотознімки, отримані з різних дат або з різних супутників, необхідно провести реєстрацію, тобто вирівняти їх у просторі, щоб забезпечити точну співставність.

Витягнення лісової інформації: З використанням спектральних характеристик знімків можна виділити лісові площі. Це можна зробити шляхом застосування алгоритмів класифікації, таких як наукові нейромережі або методи машинного навчання, що дозволяє автоматично розпізнавати лісові області на зображеннях.

Створення композиційного зображення: Композиційне зображення складається з кількох шарів, які представляють різні спектральні характеристики лісових площ. Наприклад, червоний канал може відображати рослинність, зелений - лісову масу, а інфрачервоний - стан рослин. Ці шари об'єднуються, щоб сформувати одне композитне зображення.

Аналіз змін: За допомогою композитного зображення можна провести аналіз змін лісових площ на різних часових проміжках. Застосування різних алгоритмів, таких як індекси вегетації або алгоритми зміни диференційованого індексу рослинності, дозволяє виявляти зміни в лісових екосистемах, такі як зростання або зменшення лісових площ, деградація лісів тощо.

Цей процес дозволяє отримати комплексну інформацію про зміни в цих лісових площах Київської області та аналізувати їх для розуміння стану лісових екосистем і приймати відповідні рішення щодо їх управління та охорони.

3. Розрахунок вегетаційних індексів (VI)

Для аналізу змінених лісових площ у Київській області можуть бути використані різні вегетаційні індекси. Один із найбільш розширених вегетаційних індексів - це індекс нормалізованої рослинності (NDVI). Давайте розглянемо процес розрахунку цього індексу:

Завантаження спектральних даних: Неможливо мати спектральні дані, такі як червоний (R) та інфрачервоний (IR) канали. Ці дані можуть бути отримані з мультиспектральних знімків, отриманих супутниками або дронами.

Калібрування: Спектральні дані можуть вимагати калібрування, щоб виправити спотворення атмосфери чи інші некоректності.

Розрахунок NDVI: Індекс нормалізованої рослинності (NDVI) обчислюється за формулою 3.2:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (3.2)$$

У цій формулі NIR - значення інфрачервоного каналу, а R - значення червоного каналу.

Результатом розрахунку NDVI є нове зображення, де кожний піксель відображає значення NDVI для відповідних пікселів у вихідних спектральних даних.

Аналіз змін: Отримане зображення NDVI може бути використано для

аналізу змін лісових площ. Високі значення NDVI вказують на здорову, густу рослинність, у той час як низькі значення можуть вказувати на деградовану рослинність або необроблену площу. Порівняння зображення NDVI з різних часових проміжків дозволяє виявити зміни в лісових площах, такі як зростання або зменшення рослинності.

Інші вегетаційні індекси: крім NDVI, інші вегетаційні індекси, які також можуть бути використані для аналізу змін лісових площ. Наприклад, індекс зеленого каналу (GCI) або індекс розподілу енергії рослин (PDI). Кожен з цих індексів має свої особливості та може надати додаткову інформацію про стан рослинності.

Цей процес розрахунку вегетаційних індексів дозволяє отримати кількісні дані про зміни в лісових площах Київської області та результати виявлення екологічних змін, що стосуються рослинного покриву.

4. Також ми будемо займатись побудовою гістограм VI

Побудова гістограми вегетаційного індексу (VI) є інструментом для аналізу змін лісових площ у Київській області. Гістограма 2 демонструє розподіл значення 2 по всьому зображенню. Операція побудови гістограми включає підрахунок кількості пікселів, що відповідають кожному значенню 2, та візуалізацію цих даних у вигляді стовпчикової діаграми.

Для побудови гістограми 2 спочатку потрібно набрати спектральне зображення, з якого можна отримати 2 значення для кожного пікселя. Ці зображення можуть бути отримані з мультиспектральних знімків, зроблених супутниками або дронами, які містять червоний (R) та інфрачервоний (IR) канали.

Після отримання 2 значень для кожного пікселя можна побудувати гістограму. процес включає розподіл значень 2 на дискретні цей інтервал (біни) і обчислення кількості пікселів, які передаються в кожен бін. Якщо ці значення візуалізуються у вигляді стовпчиків на діаграмі, де по горизонтальній осі відображаються значення VI, а по вертикальній осі - кількість пікселів, яка кожному позначена.

Аналіз гістограми VI дозволяє розподілити 2 значень на зображенні та зробити припущення про різноманітність лісових площ. Зміни в гістограмі можуть свідчити про ріст або зменшення рослинності в певних ділянках Київської області. Такий аналіз дає кілька даних та візуальну інформацію для подальшого вивчення та моніторингу стану лісових ресурсів та прийняття відповідних рішень щодо їх управління та охорони.

5. Визначення порогу (threshold) VI для виділення лісів

Визначення порогу VI є місцем кроку для виділення лісових областей на основі аналізу вегетаційних індексів (VI). Поріг 2 використовується для розділення пікселів зображення на двох категоріях: пікселів, що відносяться до лісових областей, та пікселів, що відносяться до інших типів покриття (наприклад, водними, забудованими або відкритими місцевостями).

Визначення порогу VI залежить від конкретного типу VI, який використовується для аналізу. Наприклад, популярними VI є Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) і Enhanced Vegetation Index (EVI). Поріг VI може бути встановлений на основі аналізу гістограми зі значенням 2 або емпіричним шляхом експертної оцінки.

Аналіз гістограми VI може допомогти знайти оптимальний поріг, який відрізняє лісові області від інших типів покриття. Загалом, лісові області характеризуються вищими значеннями VI, оскільки вони мають більшу рослинну біомасу і зелене покриття. Таким чином, поріг може бути встановлений на значенні 2, які перевищують середнє значення 2 для всього зображення.

Експертна оцінка порогу VI завершується в остаточному аналізі зображення та вибирається показник VI, який найкраще відповідає лісовим областям. Цей підхід може включати поріг, який враховує властивості конкретного регіону, типу рослинності та сезонної зміни рослинності.

Після визначення порогу 2 можна замінити його до вхідного зображення, розмічуючи пікселі, що перевищують поріг, як лісові, а решту пікселів відносячи до інших типів покриття. Такий підхід дозволяє

виокремити лісові області для подальшого аналізу та моніторингу їх стану.

6. Застосувати маски VI

Застосування маски VI є ефективним підходом для аналізу змін лісових площ у Київській області. Маска VI - це бінарне зображення, де значення пікселів за категоріями "ліс" і "не-ліс" на основі вегетаційного індексу (VI).

Першим кроком у створенні маски VI є визначення порогу (поріг), який розділить пікселі на дві категорії. Загалом, значення VI, що перевищують поріг, відносяться до лісових площ, тоді як значення нижче порогу відносяться до не-лісових областей.

Після визначення порогу VI, маска VI може бути застосована до зображення Київської області. За допомогою маски VI лісові площі виділяються за позначенням відповідних пікселів, які відповідають умовам лісового покриття. Це дозволяє створити візуальне відображення лісових областей на зображенні.

Застосування маски VI дозволяє проводити аналіз змін лісових площ у часі. Шляхом порівняння масок VI з різних часових періодів можна побачити зміни в лісовому покритті, такі як зменшення або збільшення лісових площ. Це може бути корисно для моніторингу змін середовища, вивчення екологічних проблем та рішень щодо управління лісовими ресурсами.

Застосування маски VI також дозволяє проводити кількісний аналіз лісових змін, таких як визначення площі лісових площ, розрахунок вегетаційних показників (наприклад, середнє значення VI для лісових площ) та інші статистичні обчислення. Ці дані можуть бути використані для вивчення динаміки змін у лісових площах та оцінки їх стану.

Отже, застосування маски VI для аналізу змін лісових площ у Київській області дозволяє ефективно визначати лісові області, проводити аналіз їх змін у часі та проводити кілька аналізів для отримання важливих екологічних та управлінських висновків.

7. Перекласифікація (реклаифікація)

Перекласифікація (також відомо як рекласифікація) - це процес зміни

або перегрупування класів чи категорій у растрових або векторних даних. Цей процес використовується в геоінформатиці та обробці зображення для перетворення або перепризначення значення атрибутів об'єктів.

Перекласифікація може бути застосована в різних контекстах залежно від потреби аналізу даних. Наприклад, у географічних інформаційних системах (ГІС) перекласифікація може використовуватися для зміни класифікації земельних застосувань, типів рослинності, геологічних формацій тощо.

Визначення нової класифікації: Встановлення нових класів або категорій, до яких будуть перенесені об'єкти.

Вибір критеріїв перекласифікації: Визначення критеріїв або правил, за якими будуть перенесені об'єкти в нові класи. Це може включати порогові значення, відстань, статистичні характеристики або інші параметри.

Виконання перекласифікації: Застосування визначених правил до вихідних даних, щоб перенести об'єкти в нові класи. Це може бути дійсним автоматично за допомогою алгоритмів обробки даних або вручну шляхом визначення перенесення для кожного окремого об'єкта.

Перевірка та оцінка результатів: Після завершення перекласифікації необхідно перевірити та оцінити результати з точки зору правильності та відповідності вихідним цілям. Це можна включати порівняння з реальними даними, результати перевірки чи інші методи оцінки.

Перекласифікація є потужним інструментом у геоінформатиці, який дозволяє змінювати класифікацію даних залежно від потреб аналізу та дослідження. Вона дозволяє проводити різноманітні аналізи та витяги з даних, що відкриває широкі можливості для розуміння та використання географічної інформації.

8. Аналіз роботи.

На знімку Київської області на Рис 3.3 при накладанні карт супутника Landstat 8 з 2013 по 2023 рік продемонстрований негативна тенденція втрати лісів. Дивлячись на результат роботи , можемо спостерігати найбільшу

втрату лісових екосистем в північній частині області. Найпозитивніші результати виявились на Півдні області.

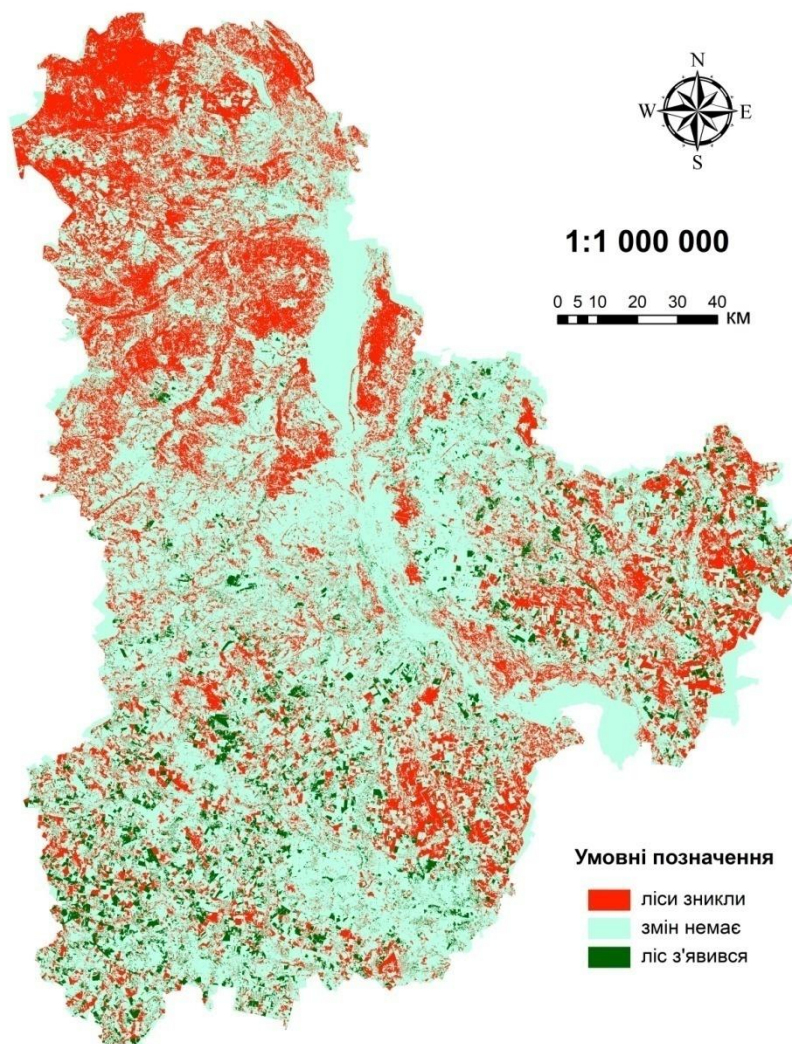


Рис 3.3 Зміни лісовкритих площ Київської області з 2013 по 2023 роки.

3.3. Аналіз лісових пожеж та вирубок Київської області за даних дистанційного зондування.

Ліси Київської області стикаються з низкою серйозних проблем, серед яких значну роль відіграють лісові пожежі. Наприклад, у квітні 2015 року в області сталася низка лісових пожеж, які завдали значних збитків лісовому покриву.

Для виявлення пожеж та оцінки збитків у лісах використовуються різні види візуальної та геоінформаційної обробки даних. Одним із найефективніших методів є використання відео- та фотозображень високої роздільної здатності, отриманих із дронів чи супутників. Вони дозволяють отримати детальну інформацію про стан лісових масивів, виявити пожежі та оцінити їх розміри та поширення.

Методи геоінформаційного аналізу також використовуються для виявлення лісових пожеж. Це включає використання спектральних алгоритмів для обробки мультиспектральних зображень і виділення областей, де сталася пожежа. Такі алгоритми дозволяють визначати зміни спектрального представлення лісових угідь та виділяти пожежі, які мають чудові спектральні характеристики.

Крім того, дані геоінформаційних систем (ГІС) використовуються для оцінки збитків у лісових масивах. ГІС дозволяють інтегрувати дані про рельєф, типи рослинності, структуру лісу та інші параметри, щоб отримати повну карту збитків і визначити масштаби втрат.

Використання цих методів дає змогу швидко та ефективно виявляти лісові пожежі, оцінювати збитки та допомагати у розробці стратегій відновлення та захисту лісових екосистем.

Також, серйозною проблемою в цій сфері є незаконна вирубка лісу. Ліси є об'єктом незаконної вирубки в комерційних цілях або через незаконну видачу лісорубних квитків. Це призводить до знищення великих площ лісу та загрози природному біорізноманіттю.

Деградація лісових екосистем – ще одна проблема, з якою стикаються ліси Київської області. Знищення лісів, забруднення та інші негативні наслідки призводять до погіршення стану лісів, зменшення біорізноманіття, ерозії ґрунту та порушення природних умов життя тварин і рослин.

ВИСНОВКИ

Отже, я розглянув такі теми, як відкриті дані ДЗЗ для космічного моніторингу лісів, веб-ресурси глобального космічного моніторингу лісів, а також досвід картографування лісів України за супутниковими даними.

Використовуючи супутникові дані та технології дистанційного зондування, космічний моніторинг лісів дає нам змогу ефективно відстежувати зміни в лісових екосистемах, оцінювати запаси лісів, виявляти зміни в лісовому покриві та контролювати вплив діяльності людини. Ці дані стають важливим інструментом для прийняття рішень щодо управління лісовими ресурсами, збереження біорізноманіття та сталого розвитку.

Відкриті дані та веб-ресурси, пов'язані з космічним моніторингом лісів, надають доступ до цінної інформації дослідникам, вченим, державним установам, некомерційним організаціям і громадянськості. Такий доступ до даних заохочує співпрацю, обмін знаннями та спільними зусиллями для збереження та ефективного використання лісових ресурсів.

Загалом, космічний моніторинг лісів і використання відкритих даних дистанційного зондування мають великий потенціал для збереження лісових екосистем і сталого управління лісовими ресурсами. Вони допомагають отримати об'єктивну інформацію про стан лісів та їх зміни, що важливо для прийняття науково обґрунтованих рішень щодо їх охорони та управління.

В дипломній роботі було виконано аналіз змін лісовкритих площ за даними Дистанційного Зондування Землі, з інтервалом у десять років та наглядно видно зміни густоти лісу в негативну сторону на що впливають вирубки та пожеги також. За цей період Київська область втратила більше площі лісу ніж відновила що негативно впливає на подальший розвиток лісових екосистем та природного середовища в цілому. За результатами аналізу можна зробити висновок, що проблема втрати лісового покриву в

Київській області є серйозною і потребує негативних заходів для зупинення деградації та відновлення лісових ресурсів.

Втрати лісових площ є наслідком незаконних вирубок, недбалого лісового управління та повторних лісових пожеж. Ці фактори сприяють порушенню екологічної рівноваги, зменшенню біорізноманітності та погіршенню якості ґрунтів і повітря. Втрата лісів також негативно впливає на збереження водних ресурсів, регуляцію клімату та здоров'я місцевого населення.

Мною було проаналізовано підходи щодо системи моніторингу та дослідження проблем лісовкритих площ за допомогою ДЗЗ та виявлено що моніторинг відіграє важливу роль у дослідженні лісів та їх стану

Застосування ДЗЗ дозволило отримати детальну інформацію про зміни лісистості Київської області. Зокрема, виявлено скорочення лісових площ на окремих територіях внаслідок рубок, лісових пожеж чи інших антропогенних втручань. Були також випадки природного поновлення лісів і розширення лісових площ внаслідок природних процесів або підлісіння.

Аналіз змін у лісовкритих площах проводився різними методами, включаючи побудову індексів рослинності, пороговий аналіз та класифікацію. Ці методи дозволили точно визначити та візуалізувати зміни в розподілі лісових площ та їх структурних характеристиках.

Отримані результати важливі для розуміння динаміки лісових екосистем Київської області та їх впливу на довкілля. Їх можна використовувати для прийняття рішень щодо охорони та управління лісовими ресурсами, а також для моніторингу екологічного стану регіону.

Дослідження також підкреслює важливість подальшого розвитку космічного моніторингу лісів для постійного спостереження за змінами в лісових екосистемах. Використання сучасних технологій дистанційного зондування та аналізу даних з космічних знімків дозволяє ефективно виявляти проблемні зони та використовувати вчасні заходи для їх вирішення. Такий підхід забезпечувати належне управління лісовими ресурсами та

збереження лісових екосистем.

Аналізуючи результат цієї роботи необхідно вжити невідкладних заходів для збереження та відновлення лісів Київської області. Це може бути вдосконалення системи контролю за лісовими ресурсами, зміцнення законодавства та його ефективне виконання, сприяння створенню сталого лісового господарства та залучення громадськості до участі в охороні лісів.

Тому актуальним та ефективним підходом до вивчення лісових екосистем є геоінформаційний аналіз змін лісистості Київської області за даними ДЗЗ. Використання цих методів дозволяє отримати об'єктивну інформацію про зміни лісового покриву та сприяє раціональному управлінню лісовими ресурсами з метою їх збереження та сталого розвитку.

Проблеми лісів України є актуальними, серйозними і потребують негайного вирішення. Знищення лісів, забруднення, зміна клімату, низькі показники відновлення, недостатні системи моніторингу, лісові пожежі та деградація – усі ці проблеми негативно впливають на лісові екосистеми та їх корисні послуги для людства.

Для вирішення цих проблем необхідно звернути особливу увагу на охорону лісів, ефективний контроль за веденням лісового господарства, відновлення лісових насаджень, розвиток систем моніторингу, запобігання виникненню лісових пожеж та сприяння раціональному лісокористуванню. Крім того, важливим є залучення громадськості та міжнародної спільноти до спільної роботи з охорони та відновлення лісових ресурсів.

Таким чином, розуміння стану лісів Київської області за допомогою космічного моніторингу є кроком у збереженні та відновленні лісових ресурсів. Реалізація рекомендацій, які випливають з даного дослідження, сприяють забезпеченню сталого розвитку регіону та збереженню природного середовища для майбутніх поколінь. Важливо підтримувати постійний моніторинг лісових зон та використовувати заходи для збереження та ефективного використання лісових ресурсів.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (дата звернення: 12.06.2023).
2. В. І. Лялька та М. О. Попова. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах приро-докористування. Наукова Думка, 2006 р., с. 360.
3. EarthExplorer. EarthExplorer.
URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (date of access: 14.06.2023).
4. Google Earth Engine. Google Earth Engine.
URL: <https://earthengine.google.com/> (date of access: 14.06.2023).
5. GIS-Lab: Геоинформационные системы и Дистанционное зондирование Земли. GIS-Lab: Геоинформационные системы и Дистанционное зондирование Земли. URL: <https://gis-lab.info/> (дата звернення: 16.06.2023)./
6. Часковський О.Г. Інвентаризація лісових насаджень Розточчя з використанням дистанційних методів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02 "Лісовпорядкування та лісова таксація", Вид-во "Проза-МП", 2001 р., с.18.
7. Миронюк В. В. Класифікація лісового покриву за сезонними композитними мозаїками Landsat. Науковий вісник НЛТУ України, 2018 р., т. 28, с. 28–33.
8. URL: <https://kyivlis.gov.ua/lisy-kyuivshhynu> (дата звернення: 15.06.2023).
9. Доц. О.Т. Данчук, канд. с.-г. наук; доц. О.Г. Часковський, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів; наук. співроб. Л.Б. Косик, канд. геогр. наук. – Природний заповідник "Розточчя"; мол. наук. співроб. І.А. Більський

– НЛТУ України, м. Львів АНАЛІЗ ЗМІН ЛІСОВОГО ВКРИТТЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ НА ОСНОВІ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ LANDSAT ЗА ПЕРІОД ІЗ 1988 ПО 2006 РОКИ. УДК 630*587.5

10. UDK 630*58:004 FOREST/NON FOREST MAPPING USING LANDSAT THEMATIC MAPPER IMAGERY AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANNs) A. Stefanidou, E. Dragozi, M. Tompoulidou, I. Z. Gitas Aristotle University of Thessalonik.

11. Платформа правових консультацій - WikiLegalAid. Платформа правових консультацій - WikiLegalAid. URL: <https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php> (дата звернення: 16.06.2023).

12. Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова, Е. Н. Демишева ЧЕТЫРЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕСОВ ПО СНИМКАМ LANDSAT. УДК 630*583

13. Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Незамаев, А. В. Губаев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ И СТРАТИФИКАЦИЯ ЛЕСОВ МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ LANDSAT. УДК 630*583.

14. Джулай Б.Р., Беленок В. Ю. Геоінформаційний аналіз змін лісо вкритих площ регіону за даними ДЗЗ: ХХІІІ всеук. наук.-практ. конф., м. Київ, 4-7 квіт. 2023 р., Київ, 2023. С. 14-15.