

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять,
виконання розрахунково-графічної та самостійної робіт
із навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ В ДОСЛІДЖЕННІ ТЕРИТОРІЙ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності
193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до проведення практичних занять, виконання розрахунково-графічної та самостійної робіт із навчальної дисципліни «Сучасні дистанційні методи та геоінформаційні технології в дослідженні територій» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. Г. Нестеренко, О. В. Афанасьєв. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 126 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. С. Г. Нестеренко,
канд. техн. наук, доц. О. В. Афанасьєв

Рецензент

Ю. Б. Радзінська, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 28.08.2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ.....	6
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 1 СУТЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ.....	6
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 2 АЕРОКОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ. МОНІТОРИНГОВІ СИСТЕМИ.....	15
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 3 РОБОТА ЗІ ЗНІМКАМИ, ВИВЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ.....	26
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 4 МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ.....	31
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 5 ВИКОРИСТАННЯ ГІС ПРИ РОБОТІ ЗІ ЗНІМКАМИ.....	39
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ФОТОГРАММЕТРИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕРИТОРІЙ.....	45
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 6 ЦИФРОВА ФОТОГРАММЕТРІЯ. ОСНОВНІ ФОТОГРАММЕТРИЧНІ ПРОЦЕСИ...	45
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 7 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ.....	47
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 8 СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ ДАНИХ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ.....	53
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 9 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ДАНИХ.....	58
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 10 ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБРОБКИ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ДАНИХ.....	61
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОСЛІДЖЕННІ ТА УПРАВЛІННІ ТЕРИТОРІАЛЬНИМ РОЗВИТКОМ..	65

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 11 ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОСЛІДЖЕННІ ТЕРИТОРІЙ.....	65
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 12 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС.....	73
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 13 РОЗВ’ЯЗАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЗАДАЧ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ.....	77
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 14 ПРОЦЕСИ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕГАТИВНИХ ЯВИЩ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ.....	83
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 15 ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ, УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ.....	94
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 16 РОЗВ’ЯЗАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАДАЧ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНДЕКСУ SAVI.....	104
ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «СТВОРЕННЯ МОНІТОРИНГОВОЇ ГІС ОБ’ЄКТІВ ТЕРИТОРІЇ».....	123
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	125

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Сучасні дистанційні методи та геоінформаційні технології в дослідженні територій» формування знань про зміст теоретичних і практичних питань, пов'язаних з використанням цифрових аерофото- і космічних матеріалів, а також теоретичні засади, які розкривають суть сучасних процесів обробки та застосування дистанційних методів та геоінформаційних технологій для дослідження територій.

У результаті вивчення дисципліни здобувач повинен знати теоретичні основи дистанційного зондування Землі та фотограмметрії і вміти:

- вибирати обладнання для реалізації фотограмметричного та дистанційного дослідження територій;
- використовувати геоінформаційні технології і процеси щодо дистанційного зондування та геоінформаційного моделювання об'єктів і процесів при дослідженні територій;
- вибирати методи математичного оброблення дистанційного дослідження територій.

Ці методичні рекомендації містять завдання до практичної, самостійної роботи та до виконання розрахунково-графічної роботи за темою «Створення моніторингової ГІС об'єктів територій».

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 1 СУТЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

Мета роботи: оволодіти особливостями та перевагами різних методів дистанційного зондування, порівняти методи ДДЗ за точністю, детальністю та оперативністю. Розглянути приклади практичного застосування даних ДЗЗ у різних сферах діяльності (лісове та водне господарство, енергетика та ін.). Дослідити супутникові знімки з різною роздільною здатністю.

Прилади й принадлежности: додаток «Exploring Bands», допоміжні матеріали з сайту «Esri (Learn ArcGIS)»: <https://introduction-to-remote-sensing-learnngis.hub.arcgis.com/pages/section-1>.

Загальні відомості

Розглянемо прогрес технології лазерного сканування та перспективи його використання. Швидкий розвиток лазерної та комп'ютерної техніки спонукав до створення та впровадження нових методів отримання геопросторової інформації. Один із них – метод лазерного сканування поверхні Землі з літака або гелікоптера.

Лазерне сканування – це технологія, яка дозволяє отримувати інформацію про рельєф та об'єкти місцевості за допомогою спеціального пристрою – лазерного сканера (ЛІДАР). Цей пристрій вимірює відстань до віддалених об'єктів за допомогою лазерних імпульсів. Після відбиття від об'єкта ЛІДАР реєструє ці сигнали у вигляді точок з тривимірними координатами. Таким чином, першовідгуком лазерного сканування стає хмара точок лазерних відображень.

Цю хмару подальше класифікують та виділяють окремо землю, будівлі, рослинність та інші об'єкти. На основі цього отримують цифрову модель рельєфу (ЦМР) – поверхню землі, а також цифрову модель місцевості (ЦММ) – поверхню землі та об'єкти місцевості, такі як будівлі та рослинність. Результати лазерного сканування можуть бути представлені у формі 2D або 3D.

Способи лазерного сканування можна умовно поділити на дві групи:

- наземне лазерне сканування;
- авіаційне лазерне сканування.

Наземне лазерне сканування, своєю чергою, поділяється на два види:

- мобільне (прилад встановлюється на рухливу платформу – автомобіль, залізнична платформа, водний транспорт, і зйомка проводиться під час руху);
- стаціонарне (прилад встановлюється на штатив, і зйомка ведеться з конкретних точок стояння).

Розглянемо більш детально авіаційне лазерне сканування (рис. 1.1).

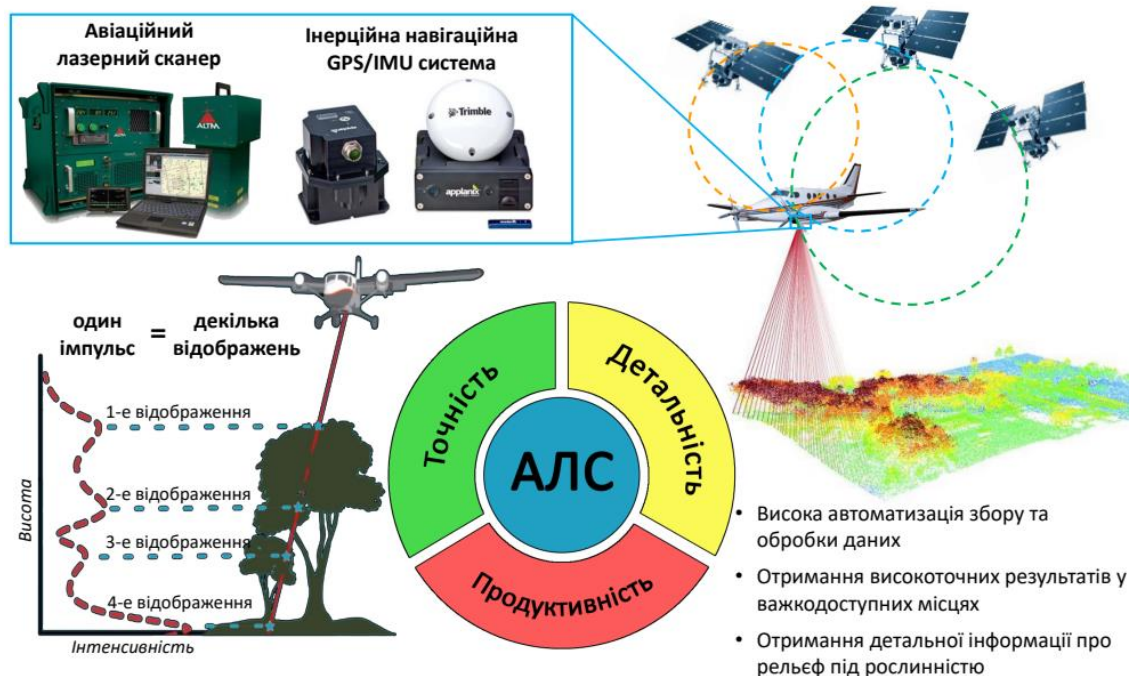


Рисунок 1.1 – Авіаційне лазерне сканування

Цей процес використовує авіаційний лазерний сканер, який встановлюється на повітряний засіб. Комплекс також включає інерційне та навігаційне обладнання, що дозволяє високоточно визначати траєкторію руху літального апарата. Системи повітряного базування ЛІДАР (від англ. Light Detection and Ranging) працюють за принципом безперервного отримання смуг сканування.

Процес полягає в тому, що лазерний промінь, розташований у межах однієї смуги, відхиляється дзеркалом або призмою (у випадку оптичних сканерів). Набір смуг формується через рух носія (рис. 1.1). Крім лазера, що висилає імпульс з оптичного центру, на носії встановлено GPS-приймач для фіксації просторових координат точки S та інерційно-навігаційну систему (INS), що вимірює нахил платформи з лазером, тобто три кути Ейлера.

Фіксація даних (GPS + INS) дозволяє визначити просторове положення та орієнтацію оптичного центру – точки S у момент висилання світлового імпульсу, а також положення вектора, наприклад, SA , у просторовій системі координат позиційної системи GPS. Кінцевим результатом лазерного сканування є визначення просторових координат точок земної поверхні. Сукупність точок відбиття лазерних променів формує нерегулярну сітку з великою кількістю таких точок. Ці дані, після математичної обробки, можна використовувати для отримання цифрової моделі рельєфу (ЦМР) поверхні у вигляді регулярної сітки.

Густота точок відбиття залежить від частоти генерування імпульсів. Деякі системи, наприклад, мають частоту 100 кГц, що означає фіксацію 100 000 точок відбиття за одну секунду. Окрім вказаного обладнання, деякі системи додатково оснащені однією або двома відеокамерами. Перша спрямована вниз, у напрямі до землі, а друга нахиляється під кутом 45° до вертикальної лінії та спрямована вперед. Отримані зображення можна використовувати як додатковий елемент до побудованої сканером цифрової моделі рельєфу. Деякі найновіші системи також обладнані цифровими аерознімальними камерами, створюючи потужний багатофункціональний знімальний комплекс.

Сучасні лідарні системи забезпечують можливість фіксувати кілька відбитків променя від об'єкта, дозволяючи одному лазерному імпульсу мати різні відображення. Перше відображення відбувається від першого об'єкта (наприклад, рослинності), а останнє відбиття відбувається від поверхні Землі. Наприклад, коли лазерний промінь падає на крону дерева, перше відображення буде від крони, а наступне – від поверхні Землі. Лазерний промінь широко використовується на практиці, дозволяючи, наприклад, будувати цифрову модель лісового покриття за кронами дерев, цифрову модель дахів будівель для забудованих територій, цифрову модель високовольтних ліній електропередач і т. д.

При картографуванні території побудова цифрової моделі рельєфу (ЦМР) системами лідар вимагає «чищення» від імпульсів, що не пов'язані з поверхнею Землі. Частково це робиться апаратно-програмно, але повністю автоматизувати цей процес не вдається, і тому потрібне втручання оператора-фотограмметриста. Основна відмінність у застосуванні різних методів полягає у їхньому призначенні. Наприклад, стаціонарне сканування призначене для зйомки локальних об'єктів, мобільне сканування призначене для фіксації лінійних об'єктів, а авіаційне лазерне сканування використовується як для площинних, так і для лінійних об'єктів.

Зупинимось більш детально на використанні авіаційного лазерного сканування (АЛС) та аерознімків при цьому. Аерознімки зазвичай містять чотири канали, три з яких – це RGB (видимі), а четвертий – інфрачервоний. За допомогою аерознімків можна надати інформацію про натуральний колір хмари точок та отримати готову до використання 3D-модель у точковому виконанні. Крім того, за допомогою інфрачервоного каналу можна розрахувати індекс NDVI (індикатор рослинності), що дозволяє більш точно відокремити об'єкти рослинності від інших об'єктів і здійснити якісну та автоматизовану класифікацію цифрової моделі місцевості.

Звісно, технологія лазерного сканування не є єдиною методикою для отримання цифрових моделей рельєфу (ЦМР) чи цифрових моделей місцевості (ЦММ). Існує ряд інших методів дистанційного зондування, включаючи АЛС, фотограмметричний метод по стереопарам, аерофотозйомку, космічні знімки та продукти SRTM. Ці методи різняться за точністю, деталізацією та оперативністю отримання кінцевих результатів (рис. 1.2).

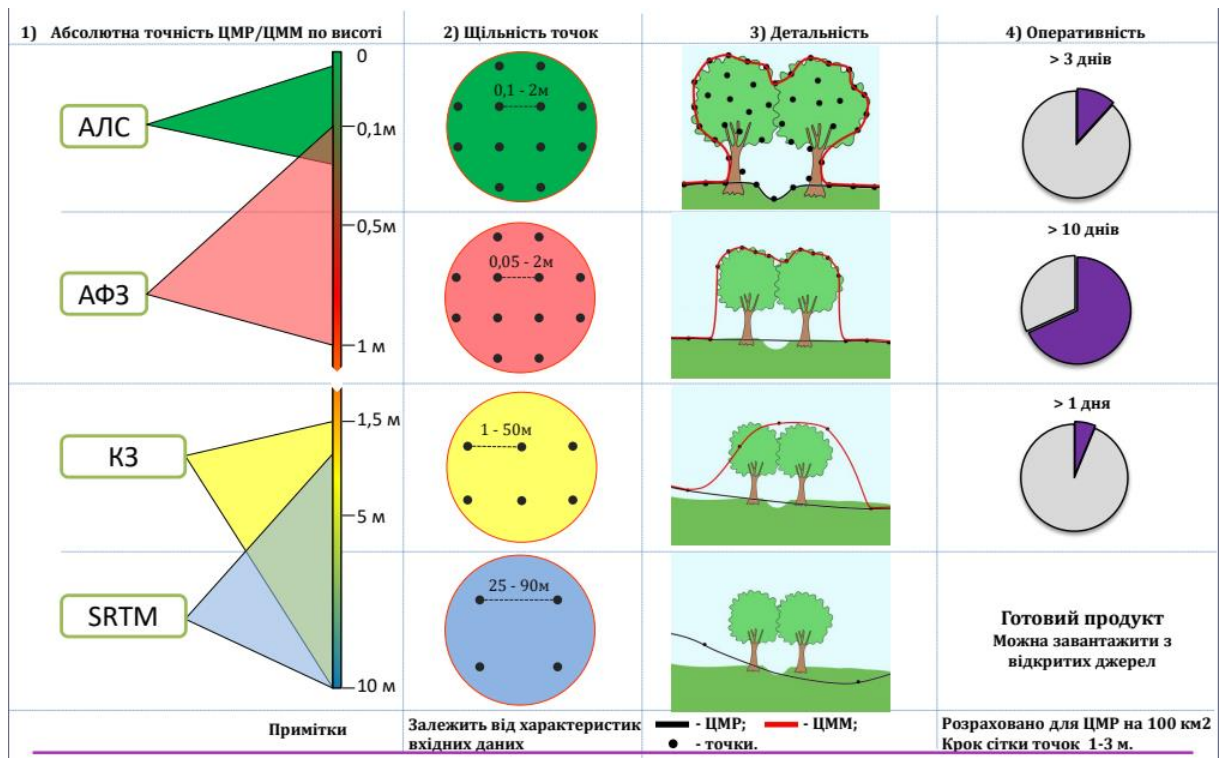


Рисунок 1.2 – Переваги даних АЛС для створення ЦМР/ЦММ порівняно з даними, отриманими іншими методами дистанційного зондування землі

З наглядного зображення стає очевидним, що результати лазерного сканування надають ЦММ найвищу точність та деталізацію, і вони найбільше підходять для завдань, які вимагають високої точності.

Авіаційне лазерне сканування вирішує різноманітні завдання, такі як оцінка стану повітряних ліній передач в електроенергетиці. За допомогою даних лазерного сканування можна отримати тривимірну модель повітряної лінії

електропередачі та визначити габарити, такі як відстань від проводів до об'єктів місцевості, рослинності і землі. Також створюються схеми стану рослинності в охоронній зоні повітряних ліній.

У водному господарстві дані АЛС використовуються для створення детальних цифрових моделей рельєфу, що є основою для гідродинамічного тривимірного моделювання паводкових загроз. Для лісового господарства АЛС, у поєднанні з аерофотозйомкою та наземними обстеженнями, ефективно визначають таксаційні показники лісу, такі як висота дерев, ярусність, породи тощо.

Ключовим напрямком застосування АЛС є картографія та фотограмметрія. З високою продуктивністю створення ЦМР за допомогою АЛС ця технологія широко використовується при виготовленні ортофото. Використання АЛС значно прискорює цей процес та забезпечує високу точність та деталізацію в місцях, де рослинність є щільною, таких як ліси.

Практичне завдання №1

Exploring imagery resolution.

Роботу із супутниковими знімками проводимо в програмі «Exploring imagery resolution» (рис. 1.3).

Ця програма дозволяє досліджувати округ Сонома, штат Каліфорнія, у чотирьох різних роздільних здатностях (у природному кольорі):

- Landsat (30 метрів);
- Pansharpened Landsat (15 метрів);
- Сентинел-2 (10 метрів);
- зображення NAIP (1 метр).

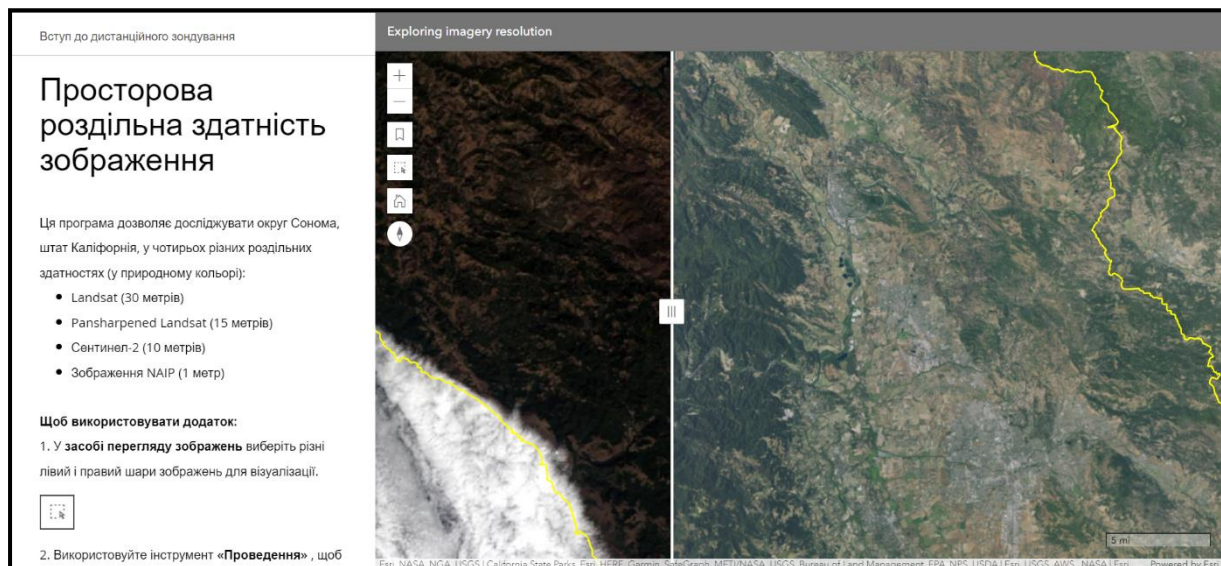


Рисунок 1.3 – Вигляд вікна «Exploring imagery resolution»

Щоб використовувати додаток, необхідно зробити таке:

1. У засобі перегляду зображень  обираємо різні лівий і правий шари зображень для візуалізації.

2. Використовуємо інструмент «Проведення» , щоб досліджувати різну кількість деталей у лівому та правому шарі.

3. Збільшуємо та зменшуємо  масштаб, щоб отримати уявлення про рівень деталізації, який пропонує кожен шар, і прокручуємо карту, щоб переглянути різні області.

4. Натискаємо «Закладки» , щоб вибрати цікаві пам'ятки в окрузі Сонома. Як об'єкт дослідження було обрано Lake Sonoma.

Обрану територію було збільшено в декілька разів. Шари для порівняння зображено на рисунку 1.4.

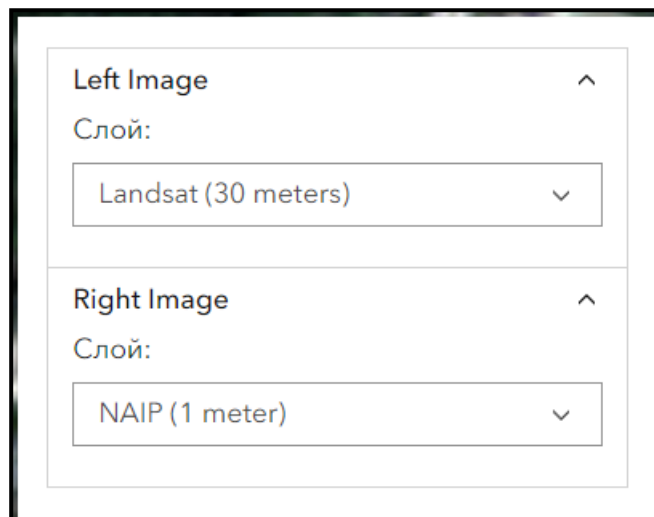


Рисунок 1.4 – Шари для порівняння

У результаті було отримано зображення з використанням різних конфігурацій (рис. 1.4).

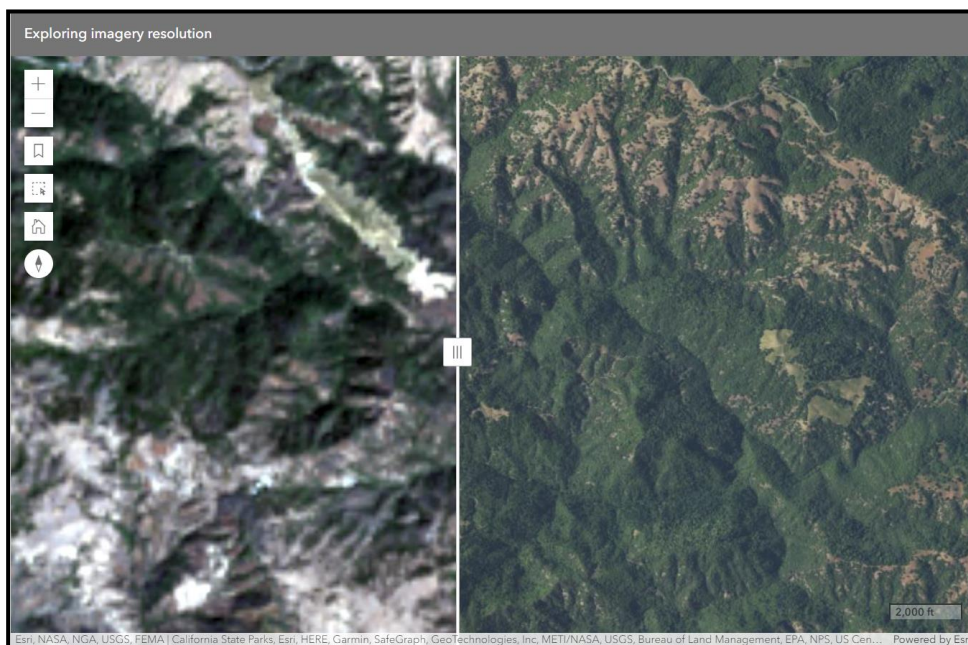


Рисунок 1.4 – Територія Lake Sonoma з різними характеристиками

Хоч знімки і зроблено в різні пори року, але можна чітко побачити що якісь зображення краще на правому знімку. Таким чином можна обирати найкраще зображення необхідної території, порівнюючи її на різних шарах, при різному приближенні, для виконання необхідного завдання.

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити наступні питання:

1. Радіолокаційні та радіометричні супутникові знімки:

- вивчення принципів роботи радіолокаційних та радіометричних систем на супутниках;
- розгляд їхніх можливостей у визначенні висот, руху об'єктів, температурних змін тощо.

2. Синтетично-апертурні радары (SAR):

- огляд принципів роботи та застосувань SAR супутникових знімків;
- вивчення їхньої ролі в розпізнаванні об'єктів, моніторингу стихійних лих тощо.

3. Робота з платформами для аналізу супутникових знімків:

- ознайомлення з популярними платформами (Google Earth Engine, Sentinel Hub, ArcGIS тощо);
- використання цих платформ для перегляду та аналізу реальних супутникових знімків.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 2 АЕРОКОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ. МОНІТОРИНГОВІ СИСТЕМИ

Мета роботи: оволодіти методами та технологіями аналізу та обробки зображень, отриманих зі супутників, з метою виявлення та вивчення географічних, екологічних, аграрних та інших аспектів, що сприяють зростанню якості наукових, практичних та прикладних досліджень у різних галузях знань.

Прилади й принадлежности: додаток «EsriLandsat Viewer», допоміжні матеріали з сайту «Esri» (Learn ArcGIS): <https://learn.arcgis.com/en/projects/get-started-with-imagery/>.

Порядок виконання роботи

Роботу з супутниковими знімками проводимо в програмі «EsriLandsat Viewer» (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд вікна програми «EsriLandsat Viewer»

Додаток відкриється, відображаючи розташування штаб-квартири Esri в місті Редландс, шт. Каліфорнія (США). Зображення, що відкривається за замовчуванням насправді являється не природнім, а створеним комбінацією спектральних каналів (табл. 2.1).

Супутникові зображення Landsat захоплюють різні діапазони довжин хвиль електромагнітного спектру, зокрема невидимі для людського ока. Кожен діапазон зберігається окремо у спектральному каналі та використовується для виділення типу ландшафтного об'єкта або властивості. Спектральні канали можна об'єднувати між собою, що дає змогу більш точно розрізняти об'єкти географічні, екологічні або аграрні, або створювати унікальну зв'язку спектральних каналів для виконання певного завдання.

Таблиця 2.1 – Спектральні канали

Група	Ім'я	Що ця група показує найкраще?
1	Прибережний	Мілководдя, дрібні частинки пилу
2	Синій	Глибока вода, атмосфера
3	Зелений	Рослинність
4	Червоний	Промислові об'єкти, ґрунт, рослинність
5	Ближній інфрачервоний діапазон (NIR)	Берегові лінії, рослинність
6	Короткохвильовий інфрачервоний діапазон 1 (SWIR 1)	Покращена проникність хмарності, вологість ґрунту та рослинності
7	Короткохвильовий інфрачервоний діапазон 2 (SWIR 2)	Покращене проникнення хмар, вологість ґрунту та рослинності
8	Перистий	Перисті хмари

За замовчуванням додаток використовує комбінацію каналів «Сільське господарство»  (канали 6, 5 та 2 або Короткохвильовий інфрачервоний 1, Близький інфрачервоний та Синій). Ця комбінація виділяє здорову сільськогосподарську рослинність яскраво-зеленим кольором та чітко відрізняє її від інших типів земельного покриття, таких як гола земля чи міська забудова. Для отримання зображення в природному кольорі достатньо натиснути на кнопку «Natural Color» . За допомогою нової комбінації каналів Природний колір (канали 4, 3 і 2 або Червоний, Зелений і Синій) можна побачити, що на знімку переважають тони кольору землі. Водночас канали

Червоний, Зелений та Синій представляють видиму частину спектра. Поєднання цих трьох каналів приблизно відповідає тому, як краєвид бачить людина.



Рисунок 2.2 – Зображення в комбінації каналів Природний колір

Програма «Esri» Landsat Viewer є дуже корисною для проведення робіт з моніторингу території. Завдяки можливостям супутникових зображень «Landsat» необхідно перевірити здоров'я екосистеми мангрових лісів, дуже схильної до змін. Для цього, необхідно відкрити вікно «Закладки» (рис. 2.3), та з переліку обрати мангровий ліс «Sundarbans».

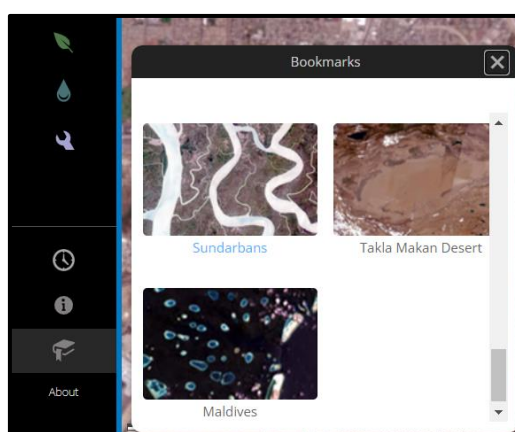


Рисунок 2.3 – Вигляд вікна Закладки

У верхньому лівому кутку в'юєра карт натискаємо кнопку «Збільшити» декілька разів, доки не побачимо назву міста Калькутта (Kolkata) на північному заході. Поглянувши на цю територію з використанням комбінації каналів за умовчанням «Природний колір», можна помітити чіткі відмінності між лісом Сундарбаном і високо урбанізованим містом Калькутта на північному заході (рис. 2.4). Значна частина предковічних мангрових лісів тут вирубана, але те, що залишилося, охороняється урядами Індії та Бангладеш.



Рисунок 2.4 – Територія урбанізованого міста Калькутта та мангрових лісів

Щоб чіткіше розрізняти мангрові зарості, необхідно використовувати комбінацію каналів «Інфрачервоний колір» , яка комбінує канали 5, 4 та 3 (або Близький інфрачервоний, Червоний та Зелений). Канал Близький інфрачервоний (NIR) дуже чітко розрізняє рослинність (високе значення) та нерослинні об'єкти (низьке значення).

У комбінації каналів інфрачервоний колір здорова рослинність відображається яскраво-червоним кольором.

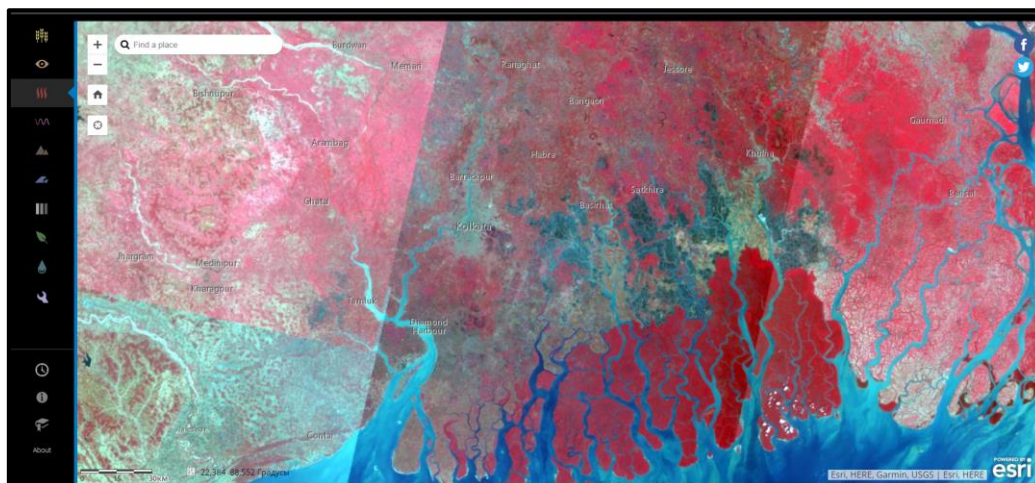


Рисунок 2.5 – Вигляд території урбанізованого міста Калькутта та мангрових лісів в каналі Інфрачервоний колір

Мангровий ліс тепер здається яскраво-червоним, що означає густу, загалом здорову рослинність. Водойми, що проходять через мангрові зарості та позбавлені рослинності, але з високим вмістом донних відкладень, виглядають бірюзово-блакитними. Забудовані території, такі як місто Калькутта, виглядають сіруватими або бежевими. Області сільського господарства відображаються світлішим відтінком червоного, що означає присутність рослинності, але менш густою, ніж мангрові ліси.

Рослинність не єдине, що можна спостерігати на супутникових знімках. Можна також визначати рівень вологості місцевості. Це виконано на прикладі території Китаю, в пустелі Такла-Макан. У вікні «Закладки» необхідно зі списку обрати пустелю Такла-Макан.

Овальні межі пустелі досить чіткі навіть при відображенні в природних кольорах. Оскільки пустеля Такла-Макан складається здебільшого з піщаних дюн, зверху її поверхня виглядає досить гладкою і однорідною, всього з кількома горами або геологічними утвореннями. Пустеля здається сухою, але за допомогою індексу зволоження ви визначите, чи є у неї зволожені ділянки.

Щоб краще побачити рівень вологості або тільки водні об'єкти на необхідній території, потрібно використати інструмент «Індекс зволоження»



На відміну від комбінації «Інфрачервоний колір», що представляє комбінацію трьох різних спектральних каналів, індекс зволоження (рис. 2.6) обчислює ступінь зволоженості на підставі значень різних каналів, дозволяючи виявити найбільш вологі області. Це індекс, який є розрахунком, що обчислює співвідношення між різними каналами.

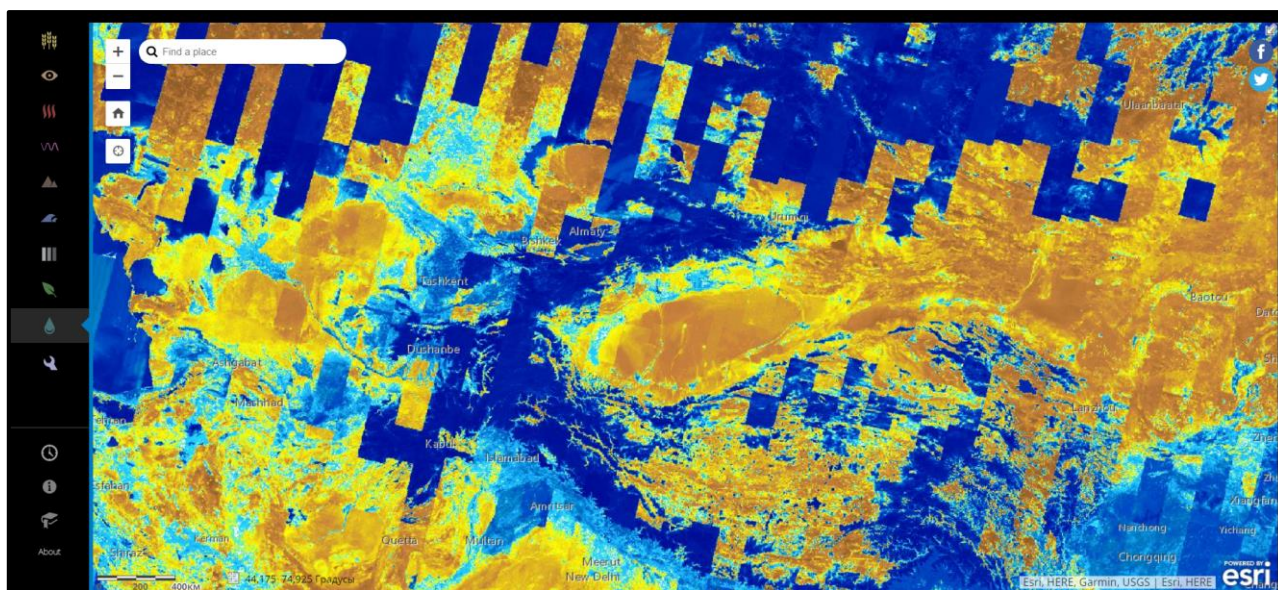


Рисунок 2.6 – Територія пустелі Такла-Макан з увімкненим «Індексом зволоження»

На карті «Індекс зволоження» показує ділянки з високим вмістом води у блакитних тонах та області з низьким вмістом води у помаранчевих тонах. Як і очікувалося, більшість пустелі Такла-Макан має низький рівень зволоження. Тим не менш, індекс зволоження показує кілька місць, які не такі сухі, як здавалося при перегляді в природних кольорах.

У тих місцях, де рівень вологості високий, як правило є рослинність. Тому за допомогою «Індексу вологості» такі місця можна легко знаходити. На

рисунку 2.7 представлено територію Яркенд (Шаче) – це оазис біля річки, яка бере початок у навколишніх горах. Територія відображена в різних спектрах, де можна чітко побачити різницю між зображеннями та зрозуміти сенс поєднання різних каналів під різні завдання.

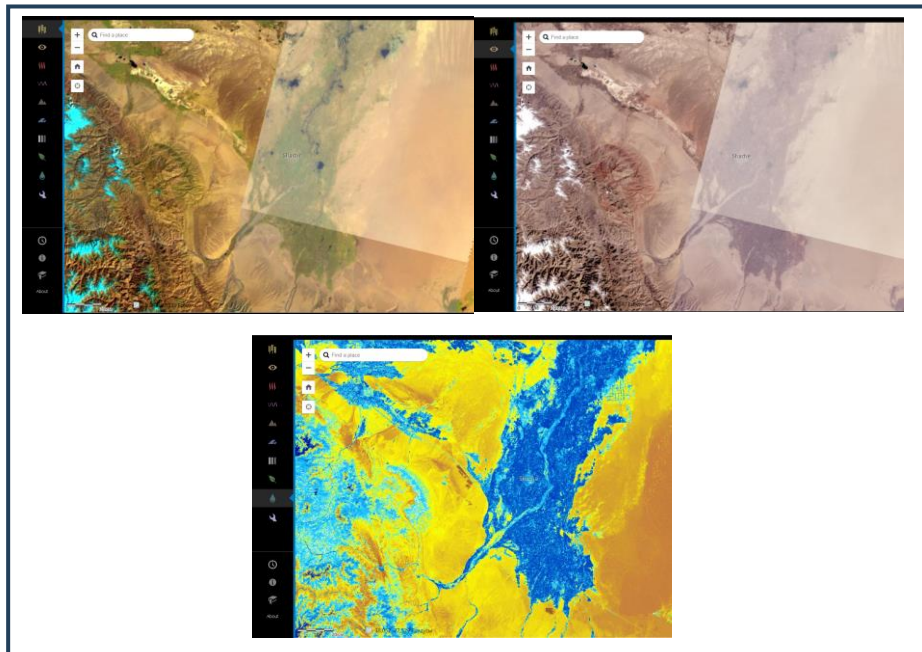


Рисунок 2.7 – Територія оазису Яркенд (Шаче)

Знімки «Landsat» можуть до певних меж заглядати під воду, створюючи зображення неглибокого морського дна. Для вивчення цих можливостей використаємо Мальдіви, невелику острівну державу неподалік берегів Індії.

У вікні закладки відкриємо «Мальдіви». На знімку показано безліч дрібних островів. Острови сформовані з коралових рифів і згруповані в кільцеподібні кластери, які називаються атолами. Закладка «Maldives» автоматично ввмкнула комбінацію каналів «Bathymetric» (батиметрія) (рис. 2.8). Комбінація каналів «Батиметрія» (канали 4, 3 і 1 або Червоний, Зелений та Прибережна смуга) замінює Синій канал на канал «Прибережна смуга», який підкреслює мілководні підводні елементи.

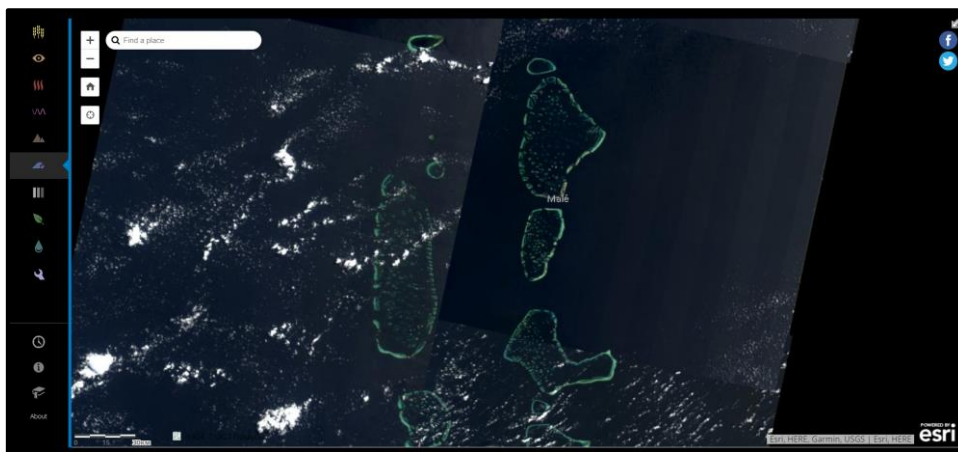


Рисунок 2.8 – Територія Мальдів у комбінації каналів. Батиметрія

У цьому спектрі каналів можна бачити, як певна ділянка суші перебуває під водою, а інша – над водою (рис. 2.9). Можна бачити, що східна сторона острова Тілафуші в бежево-коричневих тонах перебуває над водою і живе, а західна сторона острова в блакитних тонах є безлюдним і, в основному, затопленим рифом. Комбінація каналів «Батиметрія» збільшує різницю між підводними об'єктами (синіми або бірюзовими) та надводними об'єктами (білими, бежевими або коричневими).

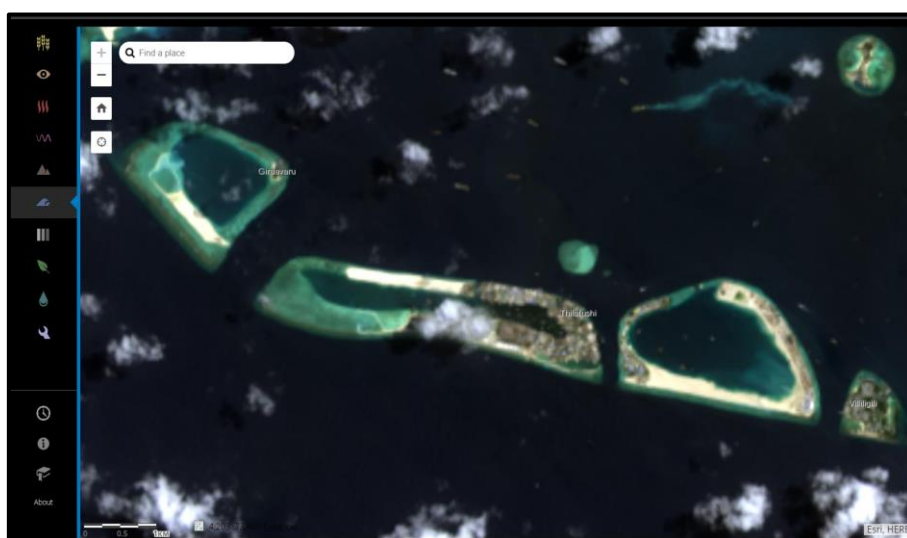


Рисунок 2.9 – Ділянка острова Тілафуші

Програма «Esri Landsat Viewer» дає можливість відслідковувати хронологію розвитку необхідної території за допомогою інструменту «Час». Принцип схожий з підходом, що реалізовано в програмі «Google Earth» – є багато знімків у різний проміжок часу, який можна переглядати. Розглянемо роботу цього інструменту на прикладі території, де розміщується Суецький канал. У вікні «Закладки» обираємо Суецький канал. Далі на панелі інструментів натискаємо на кнопку «Час» . З'явиться бігунок «Шкали часу». У бігунку «Шкали часу» показані всі знімки, які стали доступні з того моменту, як супутники «Landsat» почали знімати цю територію, їх можна відфільтрувати за сезонами чи хмарністю. Найдавніший знімок цієї області (у лівій частині шкали часу) зроблено 19 вересня 1984 року (рис. 2.10).

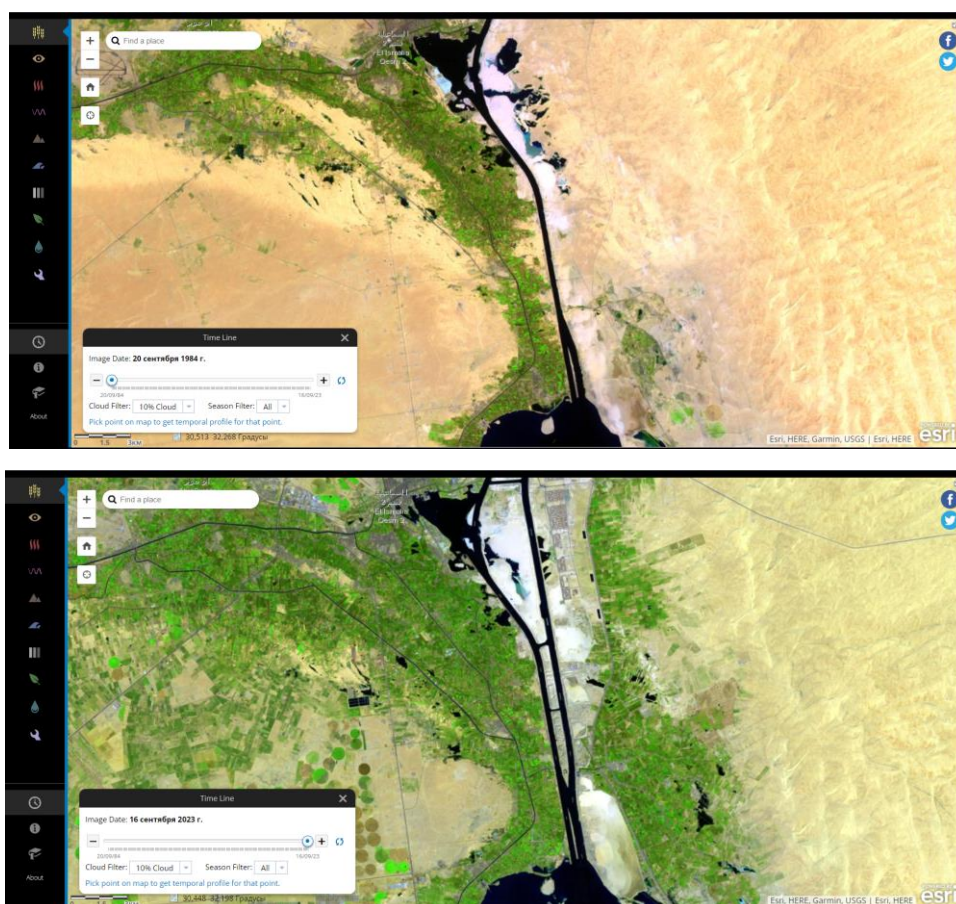


Рисунок 2.10 – Територія ділянки Суецького каналу у різні проміжки часу

Варто також зазначити, що програма «Esri Landsat Viewer» дає можливість створювати власні комбінації каналів, щоб розглянути потрібну територію у новому світлі (рис. 2.11).

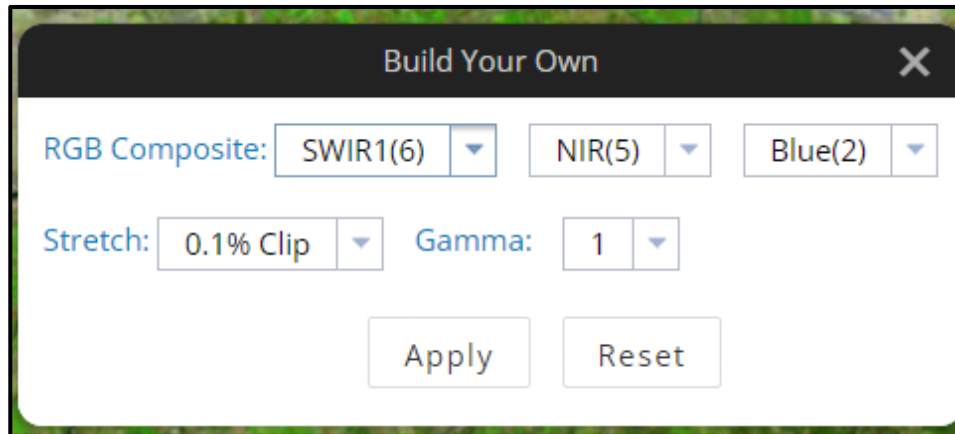


Рисунок 2.11 – Вигляд вікна створення власної комбінації каналів

Висновки. Робота із супутниковими знімками свідчить про важливість та перспективність використання сучасних технологій обробки та аналізу геоінформаційних даних для різних галузей досліджень та практичних застосувань. Оволодіння навичками роботи з супутниковими зображеннями дозволяє ефективно аналізувати та моніторити географічні об'єкти, здійснювати відстеження змін у природних ресурсах, виявляти природні катастрофи та вплив людської діяльності на навколишнє середовище.

Результати роботи свідчать про важливість поглиблення знань у сфері обробки та аналізу супутникових зображень для оптимізації прийняття рішень у галузях сільського господарства, екології, транспорту, містобудування та інших, що сприяє покращенню якості управління ресурсами та ефективності державних та комерційних проєктів.

Додатково, важливо наголосити, що розвиток навичок роботи з супутниковими зображеннями сприяє інноваціям у наукових та технологічних

дослідженнях, сприяючи появі нових можливостей для розширення знань та підвищення ефективності вирішення сучасних глобальних проблем.

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити питання «Розгляд ролі аерокосмічного моніторингу в передбаченні та мінімізації наслідків стихійних лих і катастроф» за таким планом:

1. Основні поняття та терміни

- розкриття основних термінів: стихійні лиха, катастрофи, аерокосмічний моніторинг;
- визначення ролі аерокосмічного моніторингу в управлінні стихійними лихами та катастрофами.

2. Передбачення стихійних лих:

- дослідження того, як супутникові дані використовуються для передбачення стихійних лих (урагани, землетруси, повені тощо);
- огляд сучасних технологій та методів прогнозування.

3. Використання супутникових знімків для моніторингу кліматичних змін:

- аналіз впливу аерокосмічного моніторингу на вивчення та передбачення кліматичних змін;
- розгляд проєктів та досліджень, в яких використовується ця інформація.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ З РОБОТА ЗІ ЗНІМКАМИ, ВИВЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ

Мета роботи: оволодіти методами та технологіями аналізу та обробки зображень, отриманих з супутників, з метою виявлення та вивчення географічних, екологічних, аграрних та інших аспектів, що сприяють зростанню якості наукових, практичних та прикладних досліджень у різних галузях знань. Навчитись порівнювати знімки з різною просторовою роздільною здатністю та спектральними комбінаціями смуг, відстежувати об'єкти на знімках з використанням різних комбінацій смуг.

Прилади й приналежності: додаток «Exploring Bands», допоміжні матеріали з сайту «Esri» (Learn ArcGIS): <https://introduction-to-remote-sensing-learnngis.hub.arcgis.com/pages/section-1>.

Порядок виконання роботи

Exploring Bands.

Роботу із супутниковими знімками проводимо в програмі «Exploring Bands» (рис. 3.1).

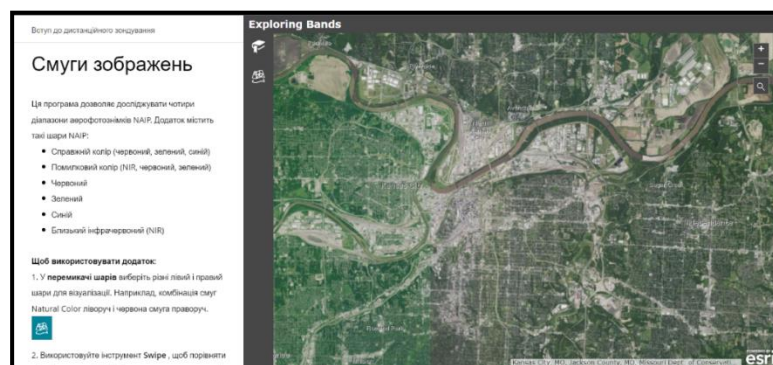


Рисунок 3.1 – Програма «Exploring Bands»

Ця програма дозволяє досліджувати чотири діапазони аерофотознімків NAIP. Додаток містить такі шари NAIP:

- справжній колір (червоний, зелений, синій);
- помилковий колір (NIR, червоний, зелений);
- червоний;
- зелений;
- синій;
- близький інфрачервоний (NIR).

Щоб використовувати додаток, необхідно зробити таке:

1. У **перемикачі шарів**  обираємо різні лівий і правий шари для візуалізації, наприклад: комбінація смуг «Natural Color» ліворуч і червона смуга праворуч. Смуги для порівняння зображено на рисунку 3.2.

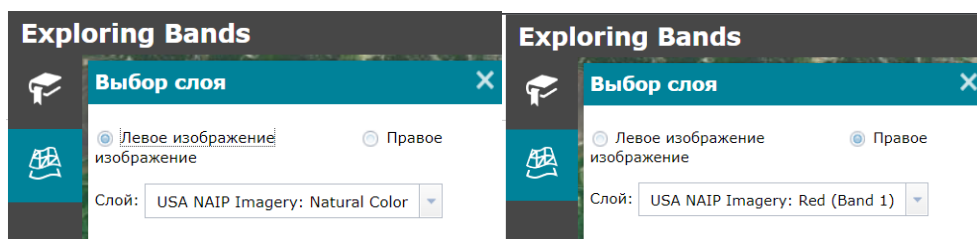


Рисунок 3.2 – Смуги для порівняння

2. Використовуємо інструмент «**Swipe**» , щоб порівняти обидві сторони (світлі ділянки вказують на високий коефіцієнт відбиття в даній смузі; темні ділянки вказують на низький коефіцієнт відбиття).

3. **Збільшуємо** та **паноруємо** карту , щоб побачити більше деталей.

4. Клацаємо значок «Закладки» та обираємо інше місце для проведення дослідження. Обране місце для проведення дослідження зображено на рисунку 3.3.

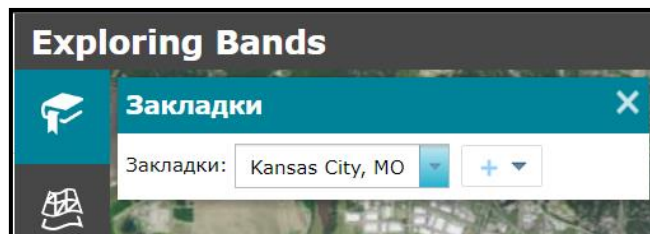


Рисунок 3.3 – Обране місце дослідження

Порівнюючи обрані смуги (рис. 3.4), можна зрозуміти що на правому знімку можна краще бачити дерева та бетон, а зелень – на лівому. Водні об’єкти добре видно на обох знімках.

Варто також зазначити, що вибір типу смуги залежить напряму від визначеного завдання. Наприклад, рослинність краще буде видно, якщо обрати смугу USA NAIP Imagery: False Color. У такому випадку (рис. 3.5) зелень буде мати яскравий червоний колір, що створить можливість для більш чіткої її візуалізації та дозволить ідентифікувати її з-поміж інших об’єктів. Вода також буде ідентифікуватися легше, оскільки незалежно від знімку вона буде мати синій колір.

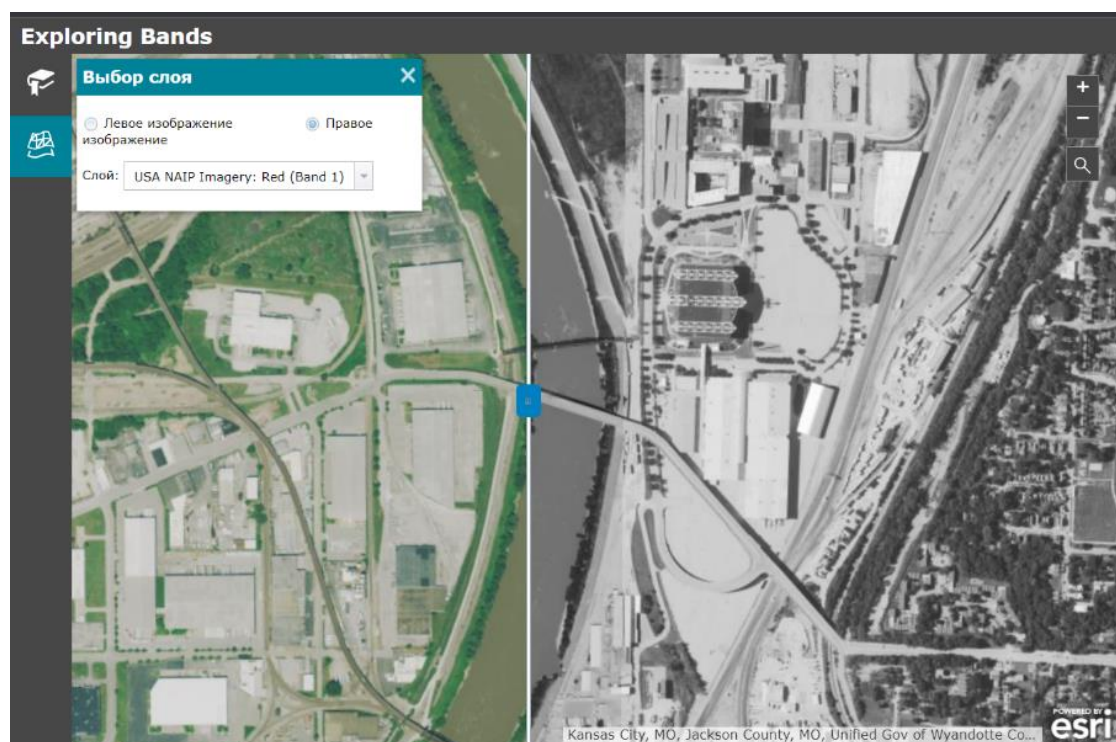
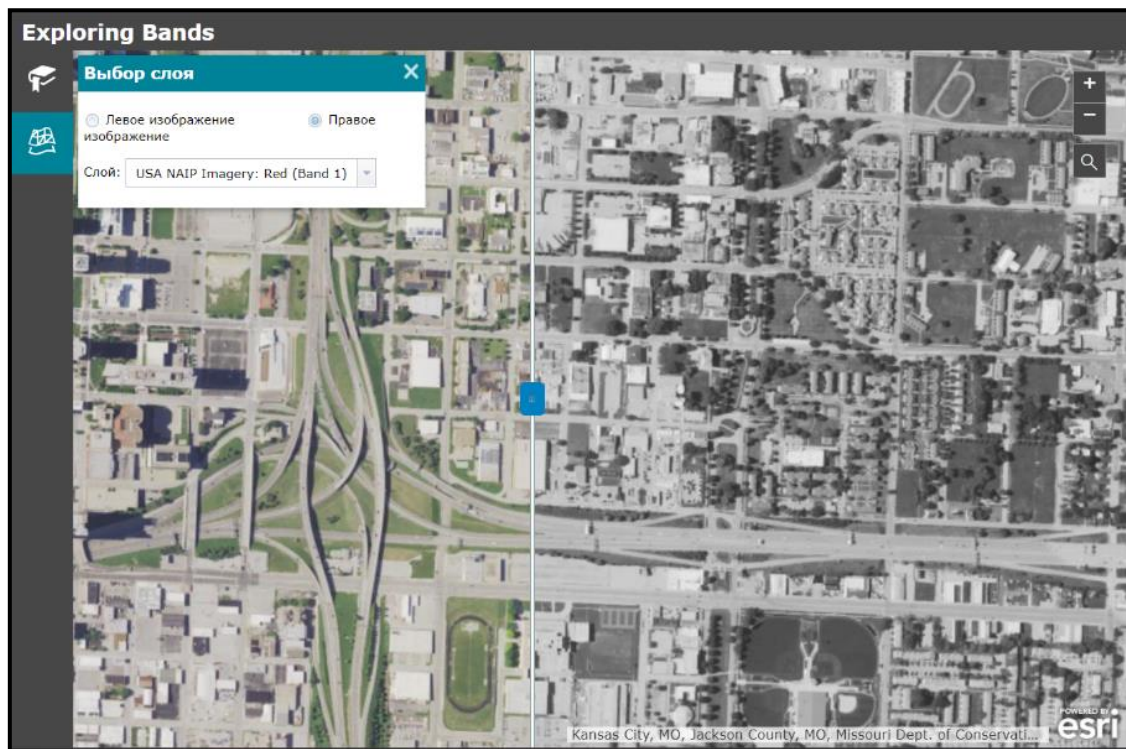


Рисунок 3.4 – Порівняння смуг

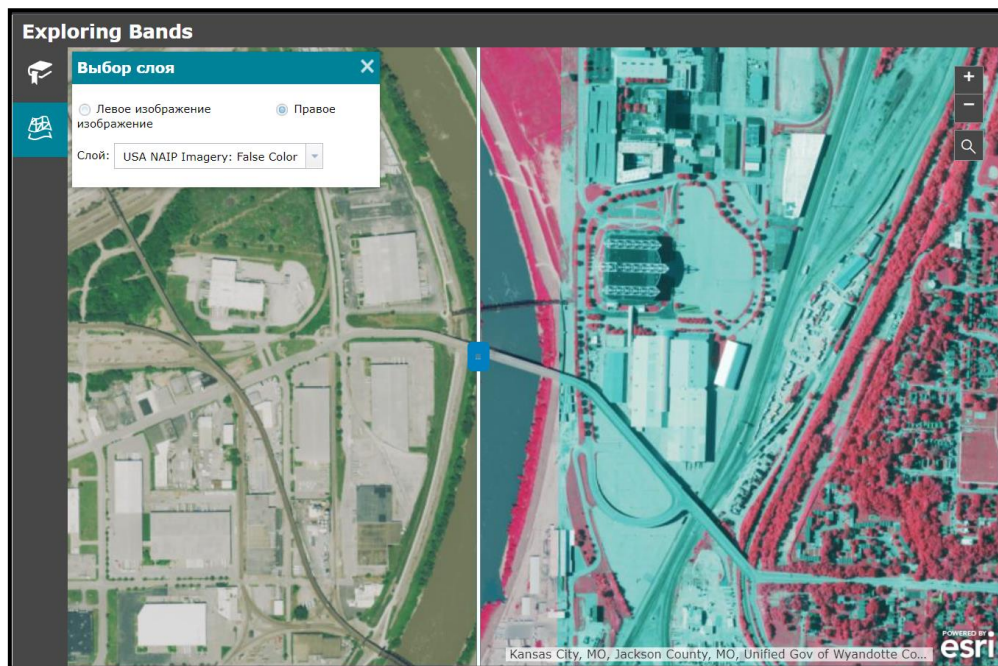


Рисунок 3.5 – Вигляд хибної кольорової смуги

Висновки. У результаті вивчення використання та порівняння різних смуг в зображеннях, визначено, що вибір конкретних смуг впливає на ефективність ідентифікації об'єктів на знімках. Різні смуги можуть відобразити різні аспекти об'єктів, такі як їхні фізичні властивості, матеріал, та структуру. Оптимальний вибір смуг може значно поліпшити точність та надійність ідентифікації об'єктів.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 4 МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

Мета роботи: ознайомитися та навчитися використовувати вебсайт «ArcGIS Living Atlas» для перегляду, фільтрації та виявлення готових динамічних зображень, виконати пошук знімків у базі даних «Landsat», змінювати комбінації каналів для візуального вивчення та використання знімків.

Прилади й принадлежности: допоміжні матеріали з сайту ArcGIS Living Atlas: <https://learn.arcgis.com/en/projects/download-imagery-from-an-online-database/>.

Порядок виконання роботи

Створення облікового запису.

Щоб завантажити знімок, треба буде створити безкоштовний обліковий запис в Науковому центрі спостереження природних ресурсів Землі – «USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center», що дозволяє завантажувати скільки завгодно знімків «Landsat».

Пошук та завантаження знімка Сінгапуру.

Щоб знайти знімок «Landsat» на Сінгапур, використаємо додаток «GloVis» і пошукаємо по всій базі даних безкоштовні знімки «Landsat». Нам потрібен нещодавній знімок із мінімальною хмарністю.

Тепер можна відкрити в'юєр «GloVis» та шукати Сінгапур (рис. 4.1):

1. Відкриваємо головну сторінку «[GloVis](#)».
2. Натискаємо кнопку «Запуск» «GloVis», щоб відкрити «GloVis».

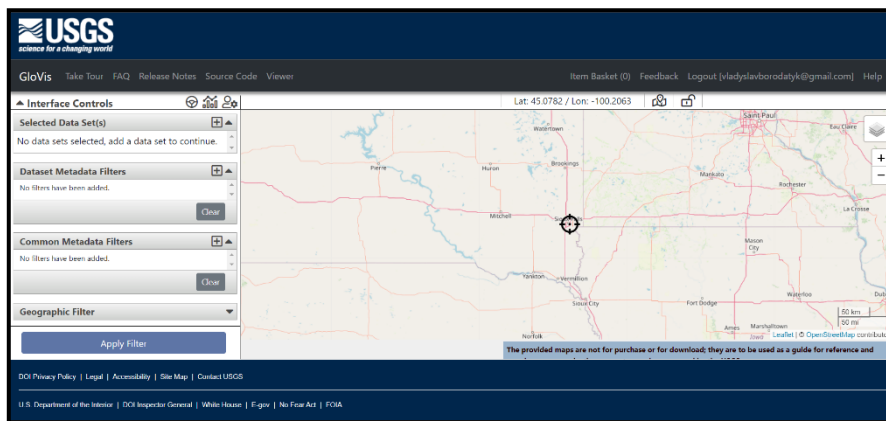


Рисунок 4.1 – Вигляд сторінки «GloVis»

За замовчуванням в'юєр відкривається у центрі США. На панелі «Interface Controls» містяться параметри пошуку знімків «Landsat». Панель інструментів у нижній частині в'юєра містить шкалу часу та додаткові інструменти керування картою, призначені для шарів зображень (рис. 4.2).

3. На панелі інструментів у верхній частині карти натискаємо «Jump to». З'явиться вікно «Jump to Location/Scene».

4. У вікні «Jump to Location/Scene» клацаємо «Lat/Lng» та вводимо там координати Сінгапуру.

Рисунок 4.2 – Вікно «Jump to Location/Scene» зі сторінкою «Lat/Lng»

5. У розділі «Jump to Lat/Lng» для «Latitude» вводимо 1,36, а для «Longitude» 103,82. Клацаємо на «Jump to Location». Екстент карти центрується на місті-державі Сінгапур (рис. 4.3).

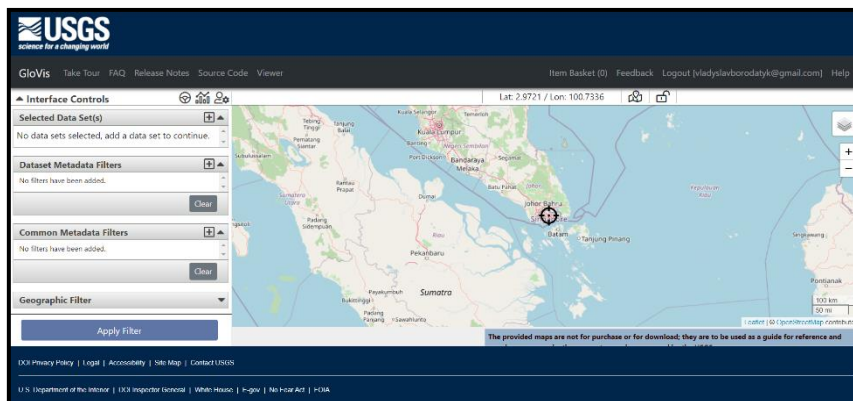


Рисунок 4.3 – Екстент карти на місті Сінгапур

Знімки «Landsat» є мультиспектральними, тобто їх можна розглядати в різних каналах видимої частини спектру, щоб виділяти такі об'єкти, як рослинність, берегові лінії або антропогенні об'єкти. Знімок буде гарною підкладкою, на яку можна накладати більш спеціалізовані дані.

Практичне завдання № 2

Щоб виконати пошук знімка, потрібно виконати таке:

1. На панелі «Interface Controls» під розділом «Selected Data Set(s)» клацаємо на кнопці «Click to add a dataset». З'явиться вікно «Add Data Set» (рис. 4.4).

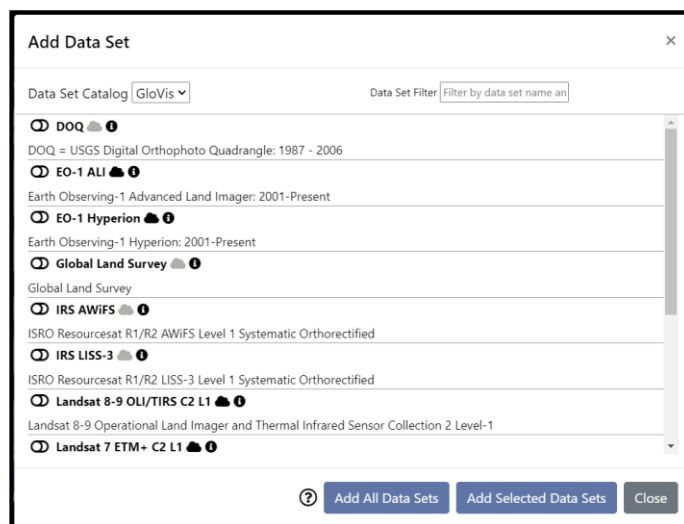


Рисунок 4.4 – Вікно «Add Data Set»

2. Переходимо до списку наборів даних і вмикаємо «Landsat 8–9 OLI/TIRS C2 Level-1».

3. Клацаємо на «Add Selected Data Sets». Шар «Landsat» з’явиться на карті (рис. 4.5). Також шар «Landsat» з’явиться у розділі «Selected Data Set(s)».

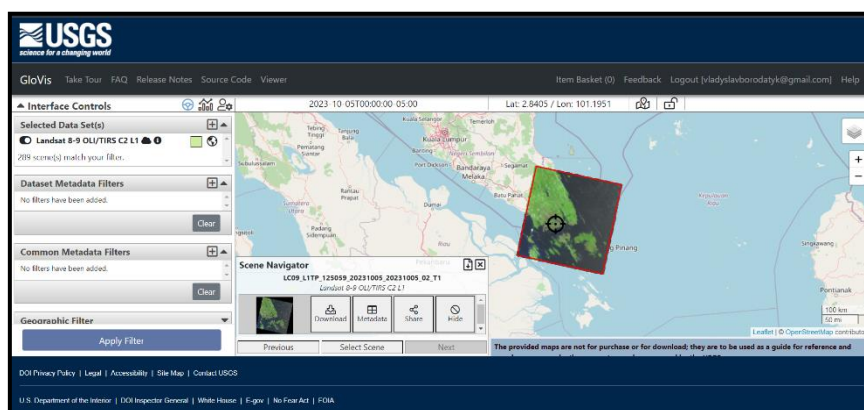


Рисунок 4.5 – Шар «Landsat»

4. На панелі «Interface Controls» під «Dataset Metadata Filters» натискаємо «Click to add a metadata filter». З’явиться вікно «Add Data Set Filter».

5. У вікні «Add Data Set Filter» для «Data Set» обираємо «Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 Level-1». Для «Field Filter» обираємо «Date L-1 Generated» (Ex. YYYY/MM/DD) (рис. 4.6).

6. У «Date L-1 Generated» (Ex. YYYY/MM/DD) для «Date Range» вводимо діапазон від 01/01/2015 до сьогоднішньої дати.

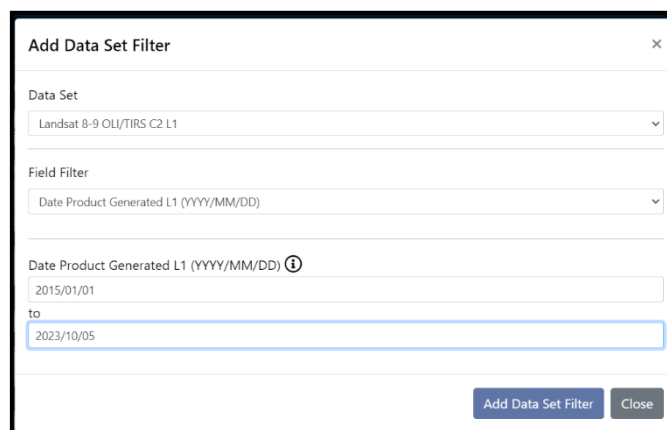


Рисунок 4.6 – Вікно «Data Set Filter»

7. Натискаємо «Add Data Set Filter» і закриваємо вікно «Add Data Set Filter».

8. У вікні «Scene Navigator» (рис. 4.7) натискаємо кнопку «Next» кілька разів, щоб вибрати деякі з доступних знімків.

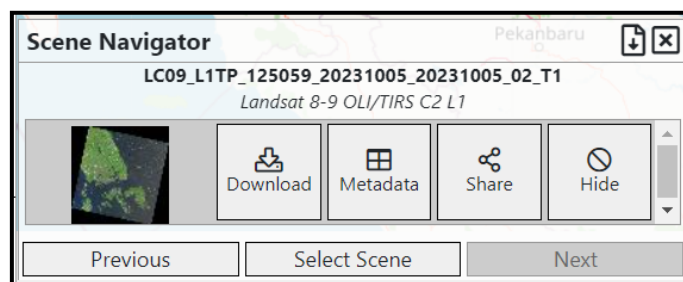


Рисунок 4.7 – Вікно «Scene Navigator»

9. На панелі «Interface Controls» для «Dataset Metadata Filters» натискаємо кнопку, щоб додати ще один фільтр.

10. У вікні «Add Data Set Filter» для «Data Set» обираємо «Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1», для «Field Filter» обираємо «Land Cloud Cover», а для «Land Cloud Cover» обираємо «Less than» 10 %. На жаль, такого фільтру немає в доступі, тому було обрано знімок з мінімальною хмарністю самостійно.

11. Натискаємо «Add Data Set Filter» і потім «Close».

Тепер ми вибрали знімок для свого проєкту та можемо його завантажити:

1. У «Навігаторі сцен» клацаємо на «Download» (рис. 4.8).

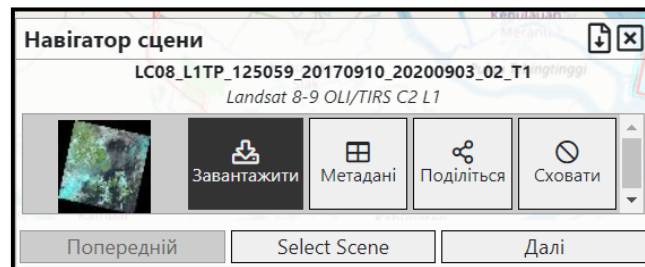


Рисунок 4.8 – Завантаження сцени

2. Обираємо потрібний комплект продуктів і натискаємо «Завантажити» (рис. 4.9).

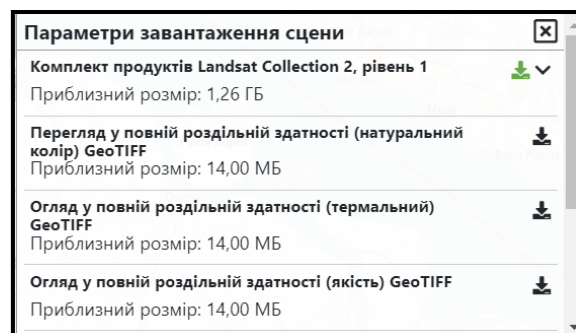


Рисунок 4.9 – Завантаження комплекту продуктів

Підготовка зображення.

Спершу треба витягти зображення з архіву, у якому його завантажили. Потім потрібно додати знімок на карту в «ArcGIS Pro» і підібрати символи, змінивши комбінацію каналів, щоб краще було видно міську забудову Сінгапуру:

1. Створюємо папку з назвою «Singapore Data» у комп'ютері в якомусь місці, яке потім можна легко знайти, наприклад, у папці «Документи».
2. Переміщуємо завантажений архів у створену папку.
3. Розпаковуємо архів у створену папку (рис. 4.10).

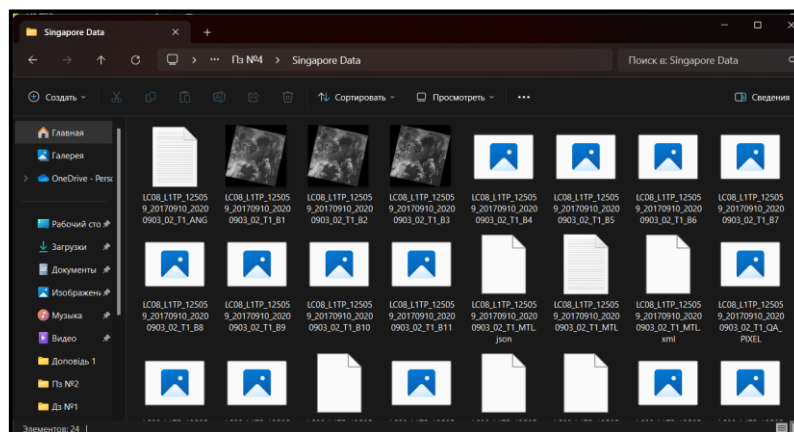


Рисунок 4.10 – Розпакований архів у створеній папці

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити питання «Аналіз синтетичних та апертурних радіолокаційних (SAR) знімків» за таким планом:

1. **Особливості апертурних радіолокаційних (SAR) знімків:**
 - розгляд технологій та методів, які використовуються для отримання апертурних радіолокаційних знімків;

– огляд їхнього використання в різних сферах, таких як картографія, геологія, метеорологія тощо.

2. Синтетичні та апертурні радіолокаційні знімки в картографії:

– вивчення використання знімків для створення топографічних карт та карт висот.

3. Аналіз синтетичних та апертурних радіолокаційних (SAR) знімків у науці та науці про Землю:

– розгляд застосувань синтетичних та апертурних радіолокаційних знімків для вивчення змін на Землі, геологічних процесів тощо.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 5 ВИКОРИСТАННЯ ГІС ПРИ РОБОТІ ЗІ ЗНІМКАМИ

Мета роботи: ознайомитися та навчитися працювати з програмним забезпеченням «ArcGIS Pro», виконати обробку знімків з бази даних «Landsat» в «ArcGIS Pro», навчитися змінювати комбінації каналів для візуального вивчення та використання знімків; моніторинг лісових угідь за допомогою супутникових знімків.

Прилади й принадлежности: програмне забезпечення «ArcGIS Pro», допоміжні матеріали з сайту «Esri» (Learn ArcGIS): <https://learn.arcgis.com/en/projects/download-imagery-from-an-online-database/>.

Порядок виконання роботи

Створення облікового запису «ArcGIS Pro»:

1. Відкриваємо посилання на сайт esri.com і заповнюємо всі поля форми на цій сторінці, після чого натискаємо велику блакитну кнопку в нижній частині вікна «ЗАПУСТИТИ ПРОБНУ ВЕРСІЮ».
2. В результаті буде надіслано повідомлення для підтвердження вказаної адреси електронної пошти.
3. Відкриваємо програму електронної пошти та відкриваємо повідомлення, отримане від «Esri». У цьому повідомленні буде наведено посилання, яке потрібно відкрити у браузері. Буде запропоновано встановити пароль.
4. Після цього потрібно прокрутити сторінку вниз, прочитати та погодитись з ліцензійною угодою відповідною галочкою та натискаємо кнопку «СТВОРИТИ МІЙ ОБЛІКОВИЙ ЗАПИС».

5. На наступній сторінці буде запропоновано заповнити відсутні параметри підписки «ArcGIS Online». Після заповнення форми натискаємо кнопку «Зберегти і продовжити».

6. Після цього буде запропоновано завантажити настільне програмне забезпечення або продовжити роботу в «ArcGIS Online».

Відкриття зображення в «ArcGIS Pro».

Щоб комбінувати декілька окремих каналів і переглядати їх у вигляді одного мультиспектрального зображення, потрібно запустити новий проєкт «ArcGIS Pro». У проєкті є карти, бази даних, набори інструментів, стилі та інші папки, які можуть стати в нагоді при створенні карти:

1. Запускаємо «ArcGIS Pro».
2. У розділі «Новий» клацаємо на «Карта».
3. У вікні «Створити новий проєкт» змінюємо назву на «Singapore Development» та задаємо шлях для збереження файлу. Натискаємо «ОК» (рис. 5.1).

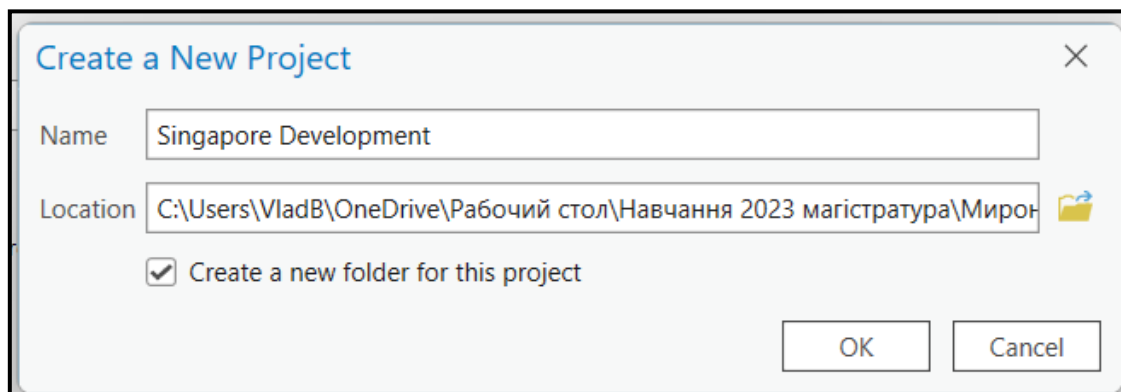


Рисунок 5.1 – Створення нового файлу

4. Клацаємо на вкладці «Вид» на стрічці. У групі «Вікна» клацаємо на «Панель Каталог» (рис. 5.2).

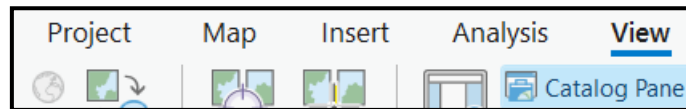


Рисунок 5.2 – Вкладка «Вид», панель «Каталог»

5. На панелі «Каталог» клацаємо стрілку поруч із папкою, щоб розкрити його (рис. 5.3).

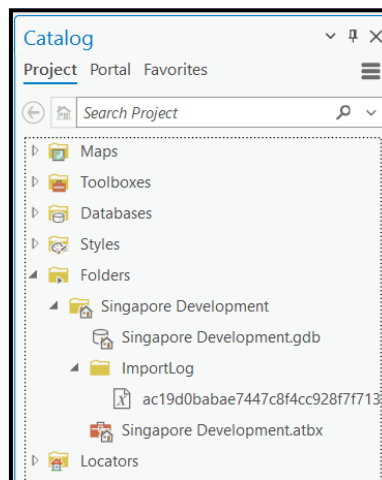


Рисунок 5.3 – Вкладка «Каталог» зі створеною папкою

За промовчанням папка, пов'язана з проєктом, називається «Singapore Development»; вона створилася автоматично в той момент, коли було створено проєкт із такою назвою. У папці є порожня база геоданих та набір інструментів, але немає жодних даних.

6. Клацаємо правою кнопкою миші на «Папки» та обираємо «Додати підключення до папки».

7. Обираємо папку «Singapore Data», до якої витягли зображення «Landsat».

Папка «Singapore Data» додається нижче опції «Папки» на панелі «Каталог».

8. Розгортаємо папку «Singapore Data». Папка містить знімок у 11 спектральних каналах, а також кілька файлів. Файл метаданих продукту (що закінчується «MTL.txt») містить інформацію про те, як об'єднати спектральні канали в одне мультиспектральне зображення. Використовуємо цей файл, щоб додати на карту мультиспектральне зображення.

9. Перетягуємо файл «MTL.txt» на карту (рис. 5.4). Зображення буде додано на карту.

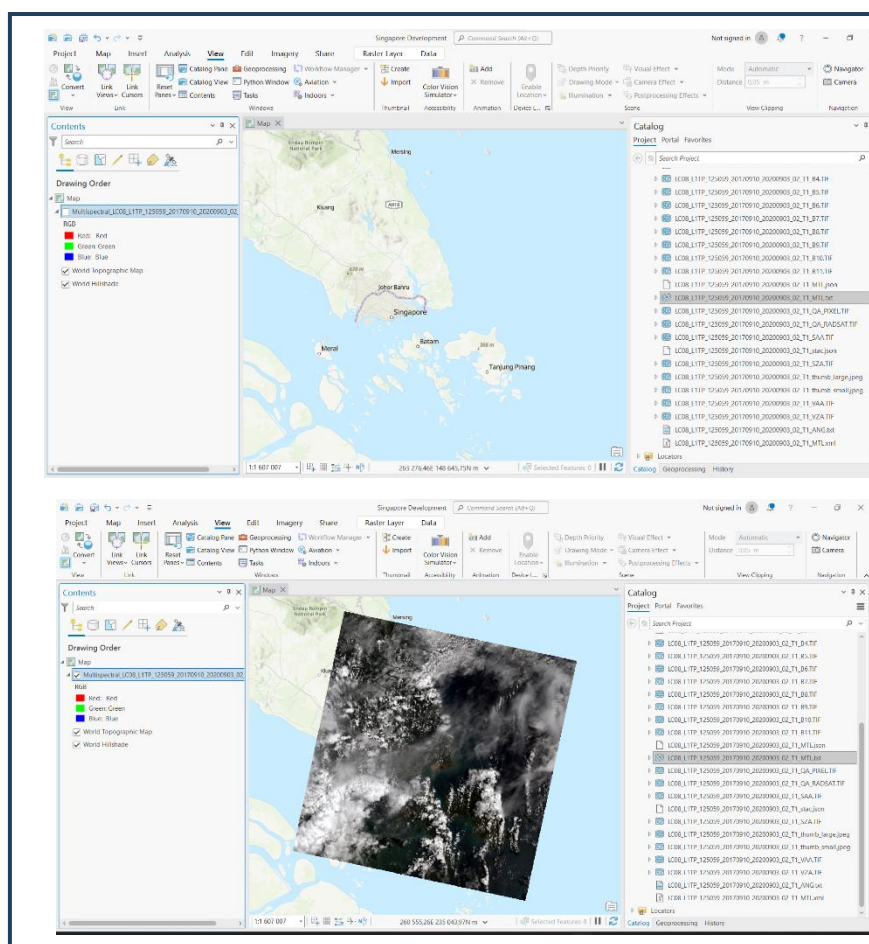


Рисунок 5.4 – Зображення додане до карти

Символи зображення:

1. На панелі «Зміст» клацаємо правою кнопкою мультиспектральне зображення та обираємо «Символи» (рис. 5.5).

2. На панелі Символи вкажіть такі параметри:

 - для Червоного обираємо «ShortWaveInfrared_1»;
 - для Зеленого встановлюємо «NearInfrared»;
 - для Синього обираємо «Red».

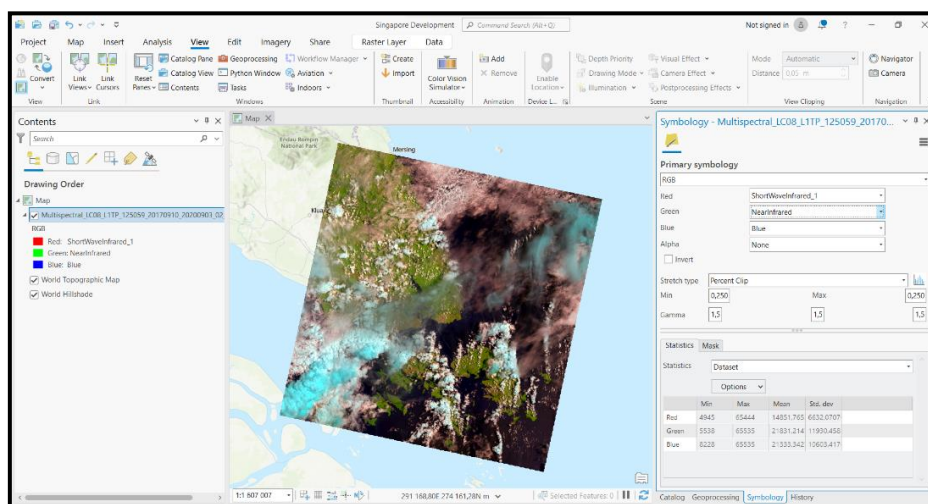


Рисунок 5.5 – Вікно панелі «Символи» з зміненим виглядом карти

3. На панелі Символи клацаємо «Маска» та ставимо позначку «Показувати значення фону» (рис. 5.6).

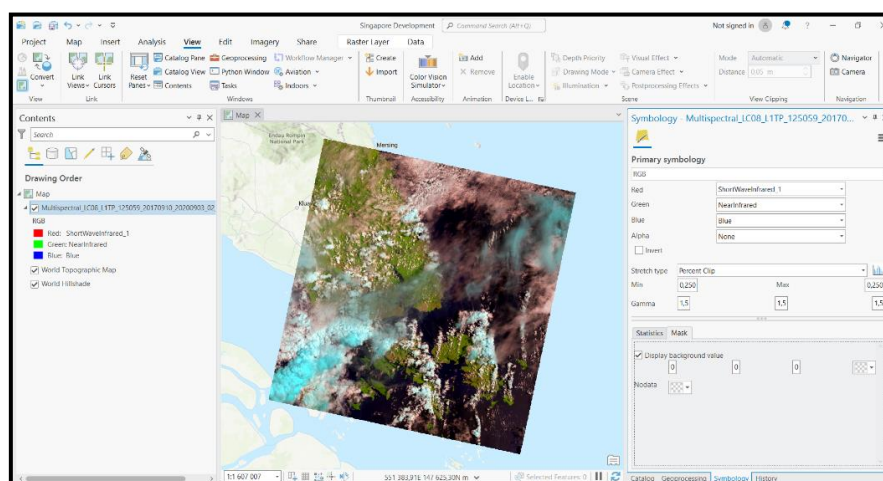


Рисунок 5.6 – Активована опція «Показувати значення фону»

Зберігаємо створений проєкт.

Висновки. Отримано навички практичної роботи з програмним забезпеченням «ArcGIS Pro» та виконано роботу із завантаженими зображеннями з онлайн-бази даних

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити питання «Використання ГІС при роботі зі знімками» за таким планом:

1. Основні етапи підготовки знімків у ГІС:

- розгляд процесів попередньої обробки (радіометрична, геометрична корекція) та формування метаданих;
- визначення і завантаження даних з відкритих джерел (супутникові знімки високої й середньої розрізненості) та їхня структуризація у ГІС.

2. Інтеграція знімків у геоінформаційні системи:

- огляд способів геоприв'язки знімків, використання систем координат і підготовка до просторового аналізу;
- налаштування шарів та стилів відображення (мультиспектральні канали, індекси рослинності, теплові дані тощо) у програмному середовищі ArcGIS, QGIS або іншому ГІС-продукті.

3. Аналіз та інтерпретація геопросторових даних:

- проведення класифікації знімків (напіваавтоматичної або автоматичної) для виокремлення тематичних шарів (наприклад, типів землекористування, водойм, лісових насаджень);
- застосування просторової статистики та інструментів обчислення (NDVI, інші спектральні індекси) для оцінювання стану території й виявлення змін у динаміці (дефляція ґрунтів, зміна конфігурації водойм, урбанізація).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ФОТОГРАММЕТРИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕРИТОРІЙ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 6 ЦИФРОВА ФОТОГРАММЕТРІЯ. ОСНОВНІ ФОТОГРАММЕТРИЧНІ ПРОЦЕСИ

Мета роботи: ознайомитися та навчитися працювати з приладами та програмним забезпеченням для фотограмметричної обробки даних.

Прилади й приналежності: аерофотознімки території, координати розпізнавальних знаків, спеціалізоване програмне забезпечення для фотограмметричної обробки.

Порядок виконання роботи

Як вихідні матеріали використано:

– фотознімки території у кількості 31 растрового зображення у форматі «.JPG» із записаними в «EXIF'ах» координатами – широтою, довготою і висотою (рис. 6.1);



Рисунок 6.1 – Фотознімки території

- координати розпізнавальних знаків у кількості 10 штук, записані у файл формату «.txt» (рис. 6.2);
- дані щодо розташування розпізнавальних знаків на місцевості.

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
7	406085.553		6170547.408	118.076
8	406219.544		6170487.534	117.541
10	406161.126		6170444.479	117.515
18	406043.604		6170505.052	117.40
19	406199.778		6170539.616	117.35
20	406198.261		6170377.141	117.82
25	406081.978		6170388.068	117.61
28	406100.288		6170641.896	117.80
29	406012.886		6170449.777	116.78

Рисунок 6.2 – Відомість координат опознаків

Процедура обробки розбита на кроки:

- завантаження фотографій в програму;
- огляд завантажених зображень і видалення непотрібних кадрів;
- вирівнювання фотографій;
- побудова щільної хмари точок;
- побудова тривимірної полігональної моделі;
- текстурування об'єкта;
- побудова цифрової моделі місцевості;
- побудова ортофотоплану;
- експорт результатів.

Висновки. Виконана побудова ортофотоплану ділянки місцевості за даними польових зніманих та виконано експорт ортофотоплану та карти висот для використання в інших програмах.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 7 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

Мета роботи: ознайомитися та навчитися працювати з програмним забезпеченням «ArcGIS Drone2Map».

Прилади й принадлежности: додаток «ArcGIS Drone2Map», серія знімків, допоміжні матеріали з сайту «Esri» (Learn ArcGIS): <https://learn.arcgis.com/ru/projects/get-started-with-arcgis-drone2map/>.

Порядок виконання роботи

Вивчення даних знімків:

1. Завантажуємо файл «zip Drone images».
2. Розпаковуємо завантажений архів та зберігаємо файли у потрібне місце.
3. Створена папка буде містити 36 зображень (рис. 7.1).

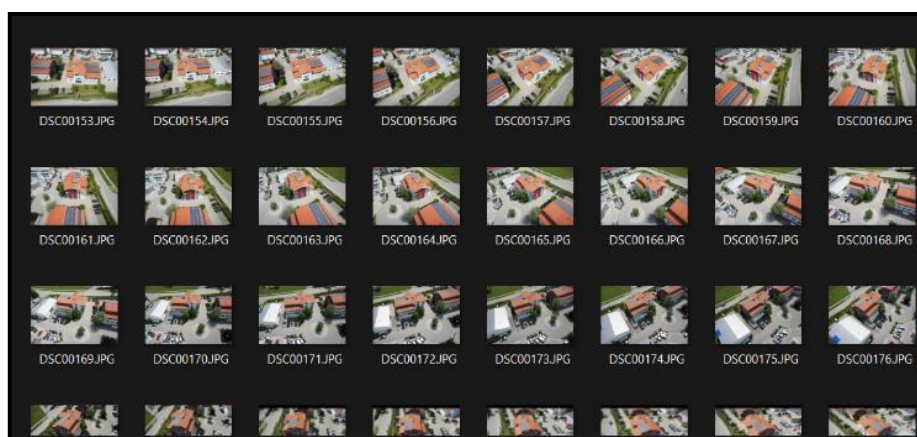


Рисунок 7.1 – Вміст створеної папки



Рисунок 7.2 – Приклади знімку

Створення проєкту.

Далі створюємо проєкт «ArcGIS Drone2Map» і додаємо на карту знімки, отримані з безпілотного літального апарату:

1. Відкриваємо «ArcGIS Drone2Map».
2. Входимо у свій обліковий запис.
3. У спадному меню шаблону клацаємо «Шаблон 3D-продуктів».
4. В опції «Дайте ім'я своєму проєкту» вводимо «Surname_building_development_project».
5. Клацаємо «Додати папку». Відкриється діалогове вікно «Огляд папок знімків».
6. Переходимо до папки «Drone_Images», яка містить зображення, і клацаємо, щоб вибрати її. Натискаємо «ОК», щоб додати зображення з папки до списку зображень (рис. 7.3).

Image	Lat [Y]	Long [X]	Alt [Z]
✓ DSC00153.JPG	48.08516	11.19616	619.82
✓ DSC00154.JPG	48.08514	11.19612	619.42
✓ DSC00155.JPG	48.08516	11.19603	619.35
✓ DSC00156.JPG	48.08519	11.19594	619.38
✓ DSC00157.JPG	48.08522	11.19586	619.65
✓ DSC00158.JPG	48.08526	11.19579	619.80
✓ DSC00159.JPG	48.08531	11.19573	619.86
✓ DSC00160.JPG	48.08536	11.19568	620.18
✓ DSC00161.JPG	48.08542	11.19564	620.75
✓ DSC00162.JPG	48.08548	11.19563	620.40
✓ DSC00163.JPG	48.08554	11.19563	620.29

Рисунок 7.3 – Додавання вмісту папки до програми

7. Натискаємо «Створити». Через деякий час проєкт створиться, а знімки додадуться на карту; кожен знімок представлений блакитною точкою (рис. 7.4).

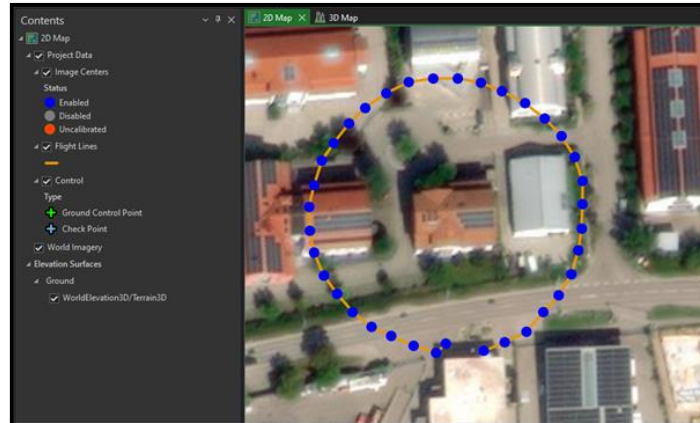


Рисунок 7.4 – Створений проєкт

Крапки з'єднані оранжевими лініями. Ці лінії показують траєкторію польоту БПЛА, що знімав будівлю. Судячи з точок та траєкторії, БПЛА облетів навколо будівлі.

Залежно від налаштувань вашої організації базова карта може відрізнятися.

8. У разі необхідності на стрічці над картою на вкладці «Головна» в групі «Шари» клацаємо «Базова карта» та обираємо «Знімки гібрид» (рис. 7.5).

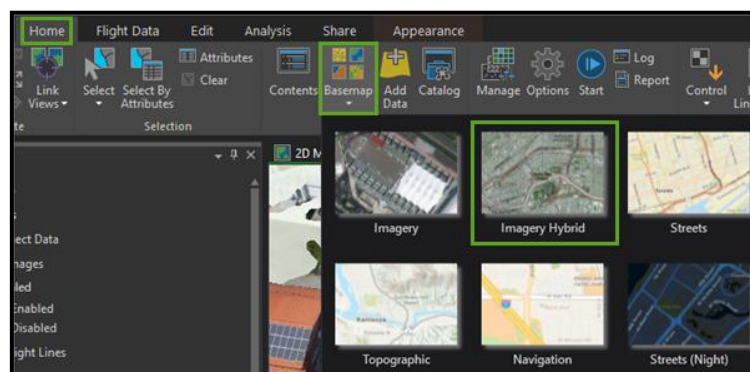


Рисунок 7.5 – Ввімкнення «Знімки гібрид»

9. На панелі «Зміст» у розділі «Дані проєкту» клацаємо правою кнопкою миші на «Центри зображень» та обираємо «Наблизити до шару» (рис. 7.6).

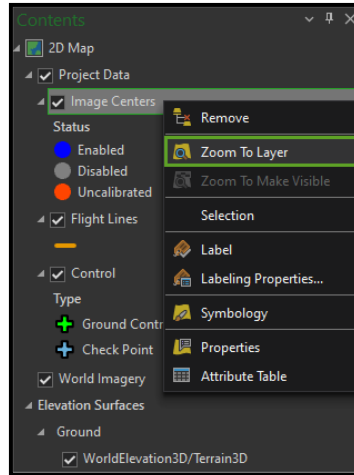


Рисунок 7.6 – Опція «Наблизити до шару»

Практичне завдання № 3

Створення 3D-продуктів.

Тепер, коли проєкт готовий, потрібно обробляти знімки для створення 3D-моделі «mesh» та хмари точок. Спочатку вкажемо потрібні параметри обробки:

1. На стрічці, на вкладці «Головна» в групі «Обробка» натискаємо «Опції» (рис. 7.7).

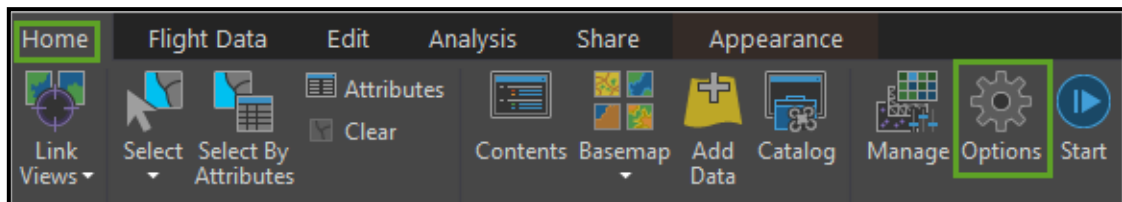


Рисунок 7.7 – Вигляд вкладки «Головна», група «Обробка»

2. У вікні «Опції» клацаємо вкладку «Налаштування зображень».
3. У розділі «Опції» «Точки прив'язки» переконуємося, що для початкового масштабу зображення встановлено 1/4 (чверть розміру зображення) і уточнюємо, що вирівнювання вимкнено (рис. 7.8).

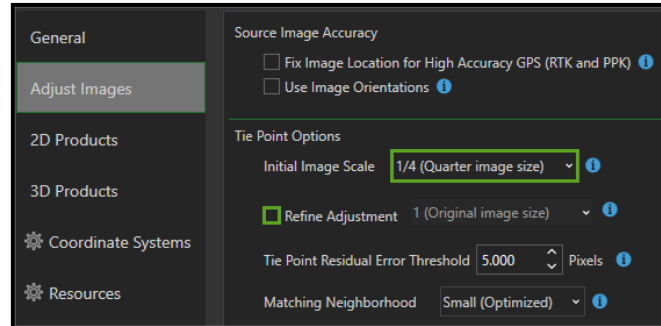


Рисунок 7.8 – Параметри налаштування розділу «Опції» «Точки прив'язки»

4. Переходимо на вкладку «Загальні». Змінюємо щільність хмари точок з «Висока» на «Низька».
5. Клацаємо вкладку «3D-продукти».
6. У параметрі «Create Point Clouds» перевіряємо, щоб було відмічено «LAS», а інші опції не були позначені.
7. Натискаємо «ОК».
8. На стрічці групи «Processing» («Обробка») клацаємо «Start» («Пуск»).

Запуститься обробка. Це може тривати близько п'яти хвилин. У нижній частині вікна програми у рядку стану можна стежити за ходом виконання; там з'явиться повідомлення про завершення процесу (рис. 7.9).

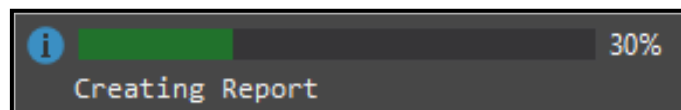


Рисунок 7.9 – Створення процесу

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити такі питання:

1. Основи цифрової фотограмметрії:

– вивчення переваг та особливостей цифрової фотограмметрії порівняно із традиційними методами.

2. Цифрові технології у фотограмметрії:

– дослідження впливу цифрових технологій, таких як датчики, обробка зображень та програмне забезпечення.

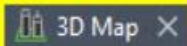
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 8 СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ ДАНИХ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

Мета роботи: навчитися виконувати операції зі створення і редагування матеріалів аерофотозйомки в програмному забезпеченні «ArcGIS Drone2Map».

Прилади й приналежності: додаток «ArcGIS Drone2Map», серія знімків, допоміжні матеріали з сайту «Esri» (Learn ArcGIS): <https://learn.arcgis.com/ru/projects/get-started-with-arcgis-drone2map/>.

Порядок виконання роботи

Вивчення 3D – продуктів:

1. Клацаємо на вкладці «3D-картка»  у в'юері карток.
2. Наближаємось за допомогою коліщатка миші до будинку.
3. На карті інструмента «Дослідити» клацаємо «Показати повне керування», щоб розгорнути інструмент.
4. Вивчення моделі проводимо за допомогою використання внутрішнього кільця інструмента «Дослідити», щоб виконати поворот і нахил (рис. 8.1).

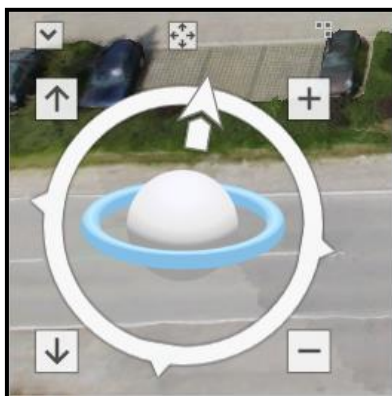


Рисунок 8.1 – Вигляд внутрішнього кільця інструмента «Дослідити»

5. Вивчення хмари точок у «3D-виді» проводимо так: на панелі «Зміст» у «Розділ 3D» продукти вимикаємо «3D Mesh» та вмикаємо «Хмара точок». На вкладці «3D-карта» модель «3D mesh» буде замінена на хмару крапок (рис. 8.2).



Рисунок 8.2 – Вигляд хмари точок будівлі

6. Щоб перевірити інформацію про потрібну точку, на неї достатньо клацнути, у спливаючому вікні буде вся необхідна інформація (рис. 8.3).

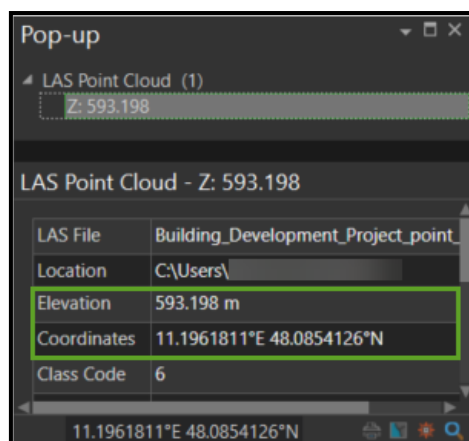
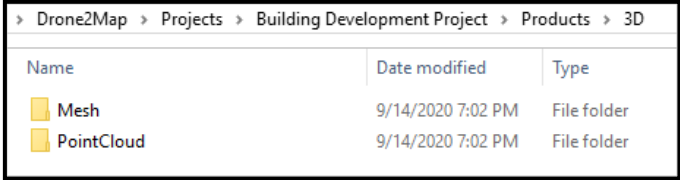


Рисунок 8.3 – Інформація про точку

Щоб знайти 3D-продукти на своєму комп'ютері, потрібно:

1. Відкриваємо провідник файлів на своєму комп'ютері та переходимо до папки «Surname_building_development_project».

2. Відкриваємо папку «Products» та папку «3D». Папка «3D» містить усі продукти 3D, які було створено в рамках проєкту. «Mesh» містить продукти «SLPK» та «OBJ», а «PointCloud» містить файли хмар точок «LAS» (рис. 8.4).



» Drone2Map » Projects » Building Development Project » Products » 3D		
Name	Date modified	Type
 Mesh	9/14/2020 7:02 PM	File folder
 PointCloud	9/14/2020 7:02 PM	File folder

Рисунок 8.4 – Вміст папки

3. На панелі швидкого доступу натискаємо кнопку Зберегти, щоб зберегти проєкт.

Практичне завдання № 4

Публікація шару 3D-сцени онлайн.

Тепер опублікуємо пакет шару сцени з «Drone2Map» в «ArcGIS Online». Це дозволить легко ділитися даними із співзасновниками:

1. На стрічці на вкладці «Загальний доступ до групи» «Опублікувати як» клацаємо «Шар сцени».

2. На панелі «Опублікувати шари сцени» обираємо продукт для публікації та змінюємо метадані та властивості публікації.

3. На панелі «Опублікувати як» «Шар сцени» встановлюємо такі параметри:

- для шарів обираємо «3D Mesh»;
- для «Name»

(ім'я) вводимо «Surname_building_development_project»;

- для параметра «Папка» також можна вибрати, у якій папці облікового запису «ArcGIS Online» зберегти шар сцени (за замовчуванням встановлено «Мої ресурси»);
- для «Опису» вводимо «The newly constructed Worthsee office building»;
- для «Тегів» додаємо «Bavaria, Germany, office building» у вигляді списку тегів та натискаємо «Enter»;
- у «Групи» вказуємо, для потрібно публікувати – для всіх, лише для учасників організації чи для учасників певної групи (рис. 8.5).

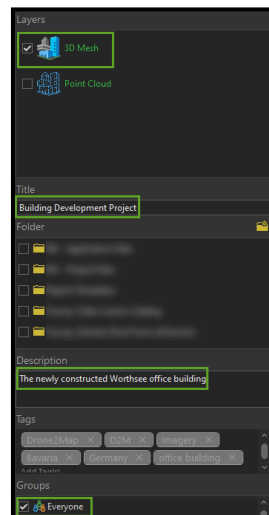


Рисунок 8.5 – Параметри для публікації пакету даних

4. Натискаємо кнопку «Опублікувати».
5. Клацаємо «Очистка завершена».
6. Зберігаємо проєкт.

Висновки. Отримано навички практичної роботи з програмним забезпеченням «ArcGIS Drone2Map». Виконано обробку даних за допомогою «ArcGIS Drone2Map» і опубліковано результати у вигляді 3D-сцени в «ArcGIS Online», щоб поділитися ними із зацікавленими сторонами.

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити такі питання:

1. Фотограмметрія в картографії:

– розгляд ролі фотограмметрії у створенні та оновленні карт.

2. Застосування в геології та будівництві:

– вивчення застосувань фотограмметрії в геологічних та будівельних дослідженнях.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 9 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ДАНИХ

Мета роботи: побудова карти висот, щільної хмари точок та ортофотоплану за матеріалами аерофотозйомки у спеціалізованому програмному забезпеченні.

Прилади й принадлежности: аерофотознімки території, координати розпізнавальних знаків, спеціалізоване програмне забезпечення для фотограмметричної обробки.

Порядок виконання роботи

Інструкція для тренувального проєкту в спеціалізованому програмному забезпеченні з фотограмметричної обробки даних:

- 1) відкрийте програму і збережіть проєкт (назвіть проєкт своїм прізвищем та ініціалами);
- 2) додайте фотографії з каталогу «training_project \ _photo» (вихідні дані надає викладач);
- 3) вирівняйте фотографії;
- 4) завантажте опорні знаки з каталогу «training_project \ _gcp \ catalog». Зверніть увагу на назви стовпців. За замовчуванням, програма присвоїть першій координаті значення X. Змініть наступним чином: координаті X буде відповідати третій стовпець, координаті Y – другий стовпець, Z – четвертий стовпець;
- 5) розставте позначки. Для цього скористайтеся таблицею нижче і фотографіями опорних знаків з каталогу «training_project \ _gcp \ photo» (табл. 9.1).
- 6) виконайте проєціювання в локальну систему координат. Загальна помилка на опорних знаках не повинна перевищувати 5 см;

- 7) побудуйте щільну хмару точок;
- 8) побудуйте карту висот;
- 9) побудуйте ортофотоплан.

Таблиця 9.1 – Розміщення опорних знаків на фотознімках

Опорний знак	Номери фотографій
7	DJI_0321.jpg, DJI_0358.jpg, DJI_0359.jpg, DJI_0361.jpg, DJI_0363.jpg, DJI_0364.jpg
8	DJI_0320.jpg, DJI_0359.jpg, DJI_0360.jpg, DJI_0361.jpg, DJI_0364.jpg
10	DJI_0306.jpg, DJI_0307.jpg, DJI_0308.jpg, DJI_0328.jpg, DJI_0329.jpg
18	DJI_0329.jpg, DJI_0350.jpg, DJI_0351.jpg, DJI_0372.jpg, DJI_0373.jpg
19	DJI_0371.jpg, DJI_0393.jpg, DJI_0394.jpg, DJI_0395.jpg
20	DJI_0393.jpg, DJI_0394.jpg, DJI_0395.jpg
25	DJI_0335.jpg, DJI_0336.jpg, DJI_0340.jpg, DJI_0343.jpg
28	DJI_0299.jpg, DJI_0300.jpg, DJI_0335.jpg, DJI_0336.jpg
29	DJI_0299.jpg, DJI_0.jpg, DJI_0335.jpg

Висновки. Під час виконання практичної роботи було закріплено теоретичні відомості щодо побудови ортофотоплану території в спеціалізованому програмному забезпеченні. Також в процесі виконання роботи були здобуті практичні навички роботи в програмному продукті, засвоєні навички з обробки знімків, побудови хмари точок, додавання опорних точок, побудови ортофотоплану.

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити питання «Завдання виділення характерних точок на зображеннях» за таким планом:

1. Ознайомлення з основними термінами:

– розкриття понять: характерні точки, дескриптори, зображення, виділення тощо.

2. Огляд методів обробки зображень:

– вивчення основних методів обробки зображень, таких як фільтри, градієнтні методи, морфологічні операції.

3. Ознайомлення з властивостями характерних точок:

– вивчення властивостей, які роблять точки характерними (розмір, яскравість, текстурні ознаки тощо).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 10 ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБРОБКИ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ДАНИХ

Мета роботи: опрацювати методи експорту результатів обробки, прийоми застосування результатів обробки, використання ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу та щільних хмар точок, побудованих у спеціалізованому програмному забезпеченні для фотограмметрії, у різних сферах аналізу та проектування.

Прилади й приналежності: ортофотоплан території, цифрова модель рельєфу (ЦМР) та/або цифрова модель місцевості (ЦММ), щільна хмара точок, спеціалізоване програмне забезпечення для просторового аналізу (QGis), вихідні дані для аналізу (тематичні шари: межі землекористування, мережа доріг, гідрографія тощо).

Порядок виконання роботи

1. Підготовка вхідних даних.

1.1. Відкрийте у геоінформаційній системі (наприклад, ArcGIS, QGIS) ортофотоплан і ЦМР/ЦММ, які були створені під час попереднього практичного заняття.

1.2. Перевірте налаштування проєкційної системи координат, чи всі файли мають однакову систему координат і можуть відображатися коректно на одній карті.

2. Аналіз території.

2.1. Здійсніть вимірювання площі та периметра обраних ділянок на ортофотоплані (наприклад, ділянок із різним типом покриття чи рослинності).

2.2. Виконайте вимірювання висот та ухилів за допомогою ЦМР (або ЦММ) для визначення перспективних місць розміщення споруд чи аналізу зсувонебезпечних районів.

2.3. Якщо є кілька часових зрізів даних, виконайте порівняння ортофотопланів (або ЦМР різного часу) з метою виявлення змін (наприклад, розширення забудови, вирубка лісів).

3. Створення тематичних шарів.

3.1. На основі щільної хмари точок або ортофотоплану позначте на карті об'єкти інфраструктури (дороги, будівлі, комунікації) з метою підготовки топографічної основи.

3.2. Створіть новий шар «Зони ризику» (як приклад – зони можливого підтоплення або зсувні ділянки). Для цього використайте дані ЦМР і шар гідрографії, накладіть просторовий аналіз ухилу місцевості та визначте межі потенційного ризику.

4. Використання результатів у проектуванні та моніторингу.

4.1. За допомогою аналізу перепадів висот і відстаней від водних об'єктів визначте оптимальні місця для побудови майбутніх споруд (наприклад, пропозиція щодо нової дороги або розміщення інженерних мереж).

4.2. Здійсніть розрахунок об'ємів земляних робіт (насип, виїмка) на основі цифрової моделі рельєфу, використовуючи спеціалізовані інструменти ГІС.

4.3. Виконайте базовий екологічний моніторинг (оцінювання площі озеленення, аналіз зміни берегових ліній тощо) із подальшою візуалізацією результатів.

5. Експорт та документування.

5.1. Збережіть створені тематичні шари (полігони, точки, лінії) та результати аналізу у форматі shapefile або geoPackage, щоб використати їх у майбутніх проєктах.

5.2. За потреби виконайте експорт даних до PDF або растрових зображень (JPEG, TIFF) для презентацій і звітів.

5.3. Створіть стислий опис виконаних кроків і додайте скриншоти з основними етапами (вимірювання, аналіз, накладання шарів, результати).

6. Виконання розрахунків та оформлення результатів.

6.1. Підготуйте звіт (текстовий документ) з описом цілей дослідження, методів аналізу та отриманих висновків.

6.2. Здійсніть візуалізацію ключових результатів у вигляді карт, графіків та діаграм, додайте відповідні легенди та позначення.

Таблиця 10.1 – Результати застосування даних фотограмметричної обробки

Вид аналізу	Опис	Результат
Визначення площі та периметра	Замір площ та периметра окремих ділянок на ортофотоплані	Отримання кількісних показників (площа, периметр) для оцінки змін
Аналіз рельєфу	Використання ЦМР для оцінки ухилів, перепадів висот	Діагностування зсувонебезпечних зон, визначення місць для забудови
Розрахунок об'ємів	Оцінка насипів і виїмок на базі ЦМР	Передпроектні розрахунки в будівництві та дорожньому господарстві
Екологічний моніторинг	Спостереження за станом берегових ліній, лісових масивів, зелених зон	Виявлення динаміки зміни ландшафтів, планування заходів збереження довкілля

Висновки. Під час виконання практичної роботи було закріплено теоретичні відомості щодо застосування результатів фотограмметричної обробки (ортофотоплан, ЦМР, щільна хмара точок) для вирішення практичних завдань в інженерно-геодезичній, містобудівній та екологічній сферах. Розглянуто способи інтеграції фотограмметричних даних із різними

тематичними шарами у ГІС, проведено просторовий аналіз та візуалізацію результатів.

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити питання «Експорт результатів обробки. Прийоми застосування результатів обробки» за таким планом:

1. Ознайомлення з основними термінами:

- розгляньте поняття «експорт» і «формат даних» у контексті фотограмметричної обробки (ортофотоплани, цифрові моделі місцевості, хмари точок);
- зверніть увагу на поширені формати експорту (TIFF, LAS, OBJ, PLY тощо) та вимоги до їх сумісності з різними програмними платформами (ГІС, CAD, 3D-візуалізація).

2. Огляд підходів до експорту та інтеграції результатів:

- вивчіть принципи експорту з фотограмметричного ПЗ у геоінформаційні системи (ArcGIS, QGIS) або CAD-середовища (AutoCAD, Civil 3D);
- проаналізуйте налаштування просторової прив'язки, вибір системи координат і рівень деталізації, необхідний для коректної інтеграції результатів у суміжні програмні продукти.

3. Прийоми застосування результатів обробки:

- дослідіть методи використання ортофотопланів у містобудівному плануванні, ландшафтному дизайні чи моніторингу змін земельного покриття;
- розгляньте можливості застосування хмар точок для побудови 3D-моделей, аналізу рельєфу та розрахунку обсягів земляних робіт;
- ознайомтеся з прикладами інтеграції результатів фотограмметричної обробки у проєктні звіти, презентації або вебкарти, звернувши увагу на вимоги до візуальної якості та точності даних.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОСЛІДЖЕННІ ТА УПРАВЛІННІ ТЕРИТОРІАЛЬНИМ РОЗВИТКОМ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 11 ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОСЛІДЖЕННІ ТЕРИТОРІЙ

Мета роботи: ознайомитися з технологією і методикою виявлення та аналізу порушень і відновлення лісів на основі часових рядів даних «Landsat» і програмного комплексу «ArcGIS Pro».

Прилади й принадлежности: архіви супутникових знімків «Landsat», програмний комплекс «ArcGIS Pro».

Загальні відомості

Ліси є важливим природним ресурсом, який забезпечує нас деревиною, є середовищем існування диких тварин, забезпечує чисту воду і повітря, поглинає вуглець, дає можливості для відпочинку і багато іншого. Моніторинг пошкоджень лісу, таких як лісозаготівлі, лісові пожежі та зараження шкідниками, є важливим завданням для управління лісовим господарством. Екорегіон «Західні каскади» в штаті Орегон складається з великих лісів і включає як землі комерційного виробництва деревини, так і природоохоронні території штату і землі федерального значення. Держава планує використовувати можливості аналізу часових рядів зображень «ArcGIS Pro» для управління лісовою діяльністю. Для отримання даних він буде спиратися на архіви супутникових знімків «Landsat» за кілька десятиліть.

На цьому практичному занятті, як «ГІС-аналітик», ви будете використовувати інструменти, засновані на алгоритмі «LandTrendr» (виявлення тенденцій порушення та відновлення на основі даних «Landsat»), щоб краще

зрозуміти просторові та часові закономірності вирубки деревини та виявлення інших потенційних порушень, дослідження та керування лісовими масивами, як важливим природним ресурсом, із використанням інструментів «ArcGIS».

Порядок виконання роботи

Завантажено архів «Forest_Disturbance_Analysis.zip» із вихідними даними для виконання роботи в робочу папку.

У програмному продукті «ArcGIS Pro», використовуючи кнопку «Open another project» («Відкрити інший проєкт») відкрито вихідний проєкт «Forest_Disturbance_Analysis» (рис. 11.1; 11.2).



Рисунок 11.1 – Вікно відкритого проєкту «Forest_Disturbance_Analysis»

Ознайомлення з вихідним багатовимірним растром

Досліджено наявні в проєкті шари, зокрема шар «WestCascade.crf», який містить часові ряди типу «Landsat Analysis Ready Imagery» (ARD).

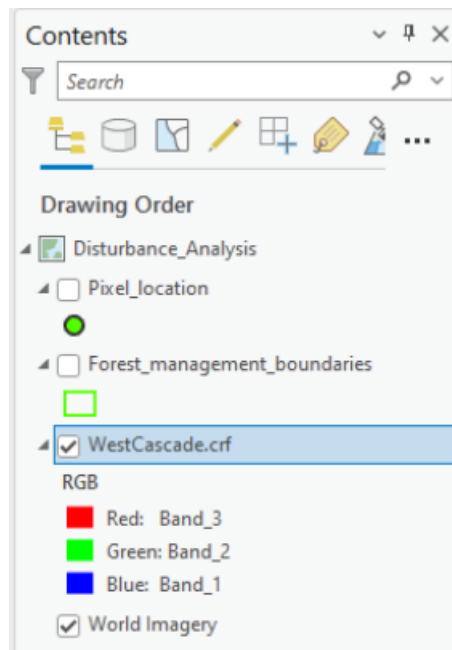


Рисунок 11.2 – Шари проєкту «Forest_Disturbance_Analysis»

На панелі «Contents» (Зміст) вибрано шар «WestCascade.crf» і на стрічці інструментів відкрито вкладку «Multidimensional» («Багатовимірні»). Далі в групі «Current Display Slice» («Зріз поточного зображення») розгорнуто розкривний список у полі «StdTime». В розгорнутому списку обрано значення, яке починається з 1984-07-19. Після оновлення карти вивчено відповідне зображення.

За допомогою кнопки прокрутки миші здійснено збільшення масштабу до центру поточного зображення і вивчена область вирубки, яка показана світлими тонами.

У вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») поряд з полем розкривного списку «StdTime» за допомогою кнопки «Play Slices Along StdTime» («Відтворити за StdTime») для відтворення часового ряду та спостерігати за змінюванням лісу з плином часу (рис. 11.3).

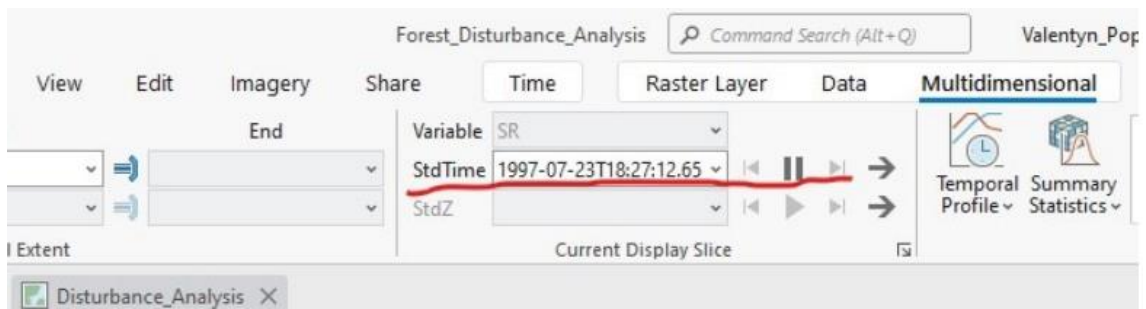


Рисунок 11.3 – Відтворення часового ряду змінювання лісів

Переглянуто властивості шару «WestCascade.crf» у вкладці «Source» («Джерело») «Multidimensional Info» («Багатовимірна інформація»).

Розрахування значень «NBR».

На стрічці інструментів у вкладці «Imagery» («Зображення») в групі «Tools» («Інструменти») вибрано «Indices» («Індекси»). У розкритому списку в розділі «Landscape» («Ландшафт») вибрано індекс «NBR» (рис. 11.4).

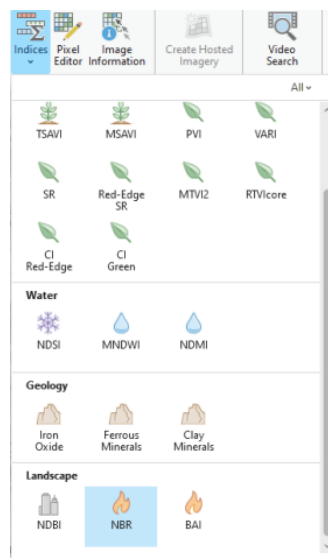


Рисунок 11.4 – Процес включення індексу «NBR»

Наступним кроком у вікні індексу «NBR» вказані значення спектральних каналів (рис. 11.5).

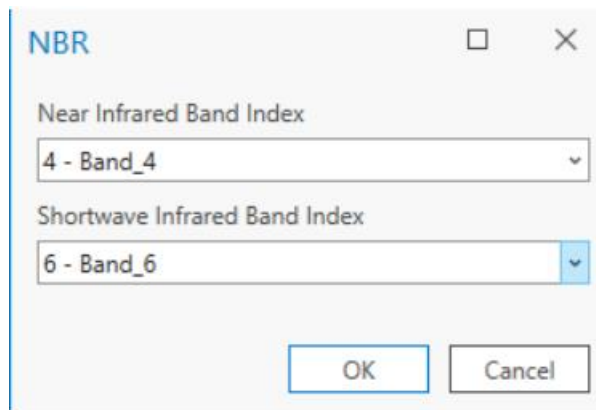


Рисунок 11.5 – Зазначення спектральних каналів для індексу «NBR»

У вікні панелі «Contents» («Зміст») змінено кольорову гаму, створеного в результаті виконання пункту 9, шару «NBR_WestCascade.crf» на «Pink- Green» (Continuous).

Далі у вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») в групі «Current Display Slice» («Зріз поточного зображення») за аналогією до попередніх операцій для шару «NBR_WestCascade.crf» обрано часовий зріз 2016-06-25 і порівняно, чим він відрізняється від попереднього зрізу.

Виконано збереження змін в проєкті.

Висновки. Під час виконання практичної роботи «Геоінформаційні технології в дослідженні територій» було закріплено основні теоретичні відомості про інтеграцію геопросторових даних у ГІС та отримано практичні навички щодо використання тематичних шарів (топографічної основи, демографічних показників, транспортної інфраструктури). У процесі виконання роботи студенти навчилися:

- імпортувати різні типи просторових даних (векторних і растрових) у геоінформаційне середовище;
- налаштовувати системи координат і прив'язувати дані до конкретних ділянок місцевості;

– застосовувати базові функції просторового аналізу для оцінювання стану територій та планування заходів із раціонального використання ресурсів.

Отримані результати, візуалізовані у вигляді цифрових карт та діаграм, демонструють широкі можливості ГІС у дослідженні територій і прийнятті управлінських рішень, що потребують точних, оперативних і комплексних даних про об’єкти та явища навколишнього середовища.

Практичне завдання № 5

Відображення змін пікселя з плином часу.

У вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») для шару «NBR_WestCascade.crf» у групі «Analysis» («Аналіз») розгорнуто інструмент «Temporal Profile» («Часовий профіль») і вибрано «Pixel Time Series Change Explorer» («Аналізатор змінювання пікселів часових рядів») (рис. 11.6)).

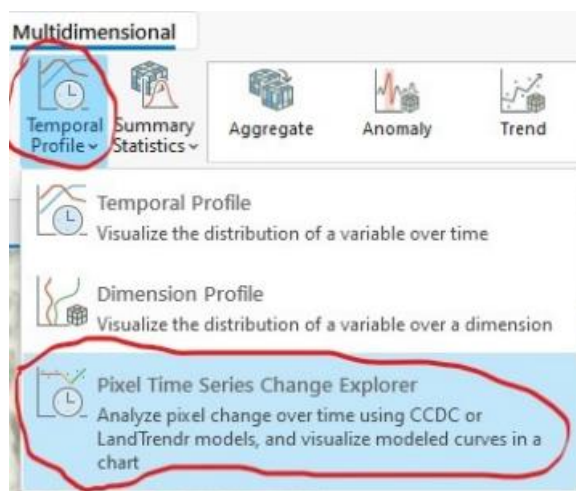


Рисунок 11.6 – Вибір інструменту аналізу змін пікселів

У вікні «Chart Properties» («Властивості діаграми») у вкладці «Data» («Дані») для поля «Change detection method» («Метод виявлення змін») встановлено значення «LandTrendr».

Увімкнено шар «Pixel_location» та за допомогою закладки «Pixel_point» інструменту «Bookmarks» («Закладки»), який розташований в панелі інструментів «Map» («Карта») в групі «Navigate» («Навігація»), наближення до об'єкта шару.

Наступним кроком у вікні властивостей діаграми у вкладці «Data» («Дані») для функції «Define a pixel location» («Завдання розташування пікселя») вибрано інструмент «Point» («Точка») і вибрана потрібна точка на карті.

Далі для вказаної точки в панелі властивостей діаграми в рядку положення пікселів розділі «Symbol» («Символ») здійснено вибір більш яскравого кольору точки.

У вікні властивостей діаграми «Model Parameters» («Параметри моделі») для функції «Show fitted curve with» («Показати криву підгонки з...») змінено колір та товщину лінії як показано на рисунку і натиснуто на кнопку «Fit and create chart» (Підігнати і створити діаграму (рис. 11.7)).

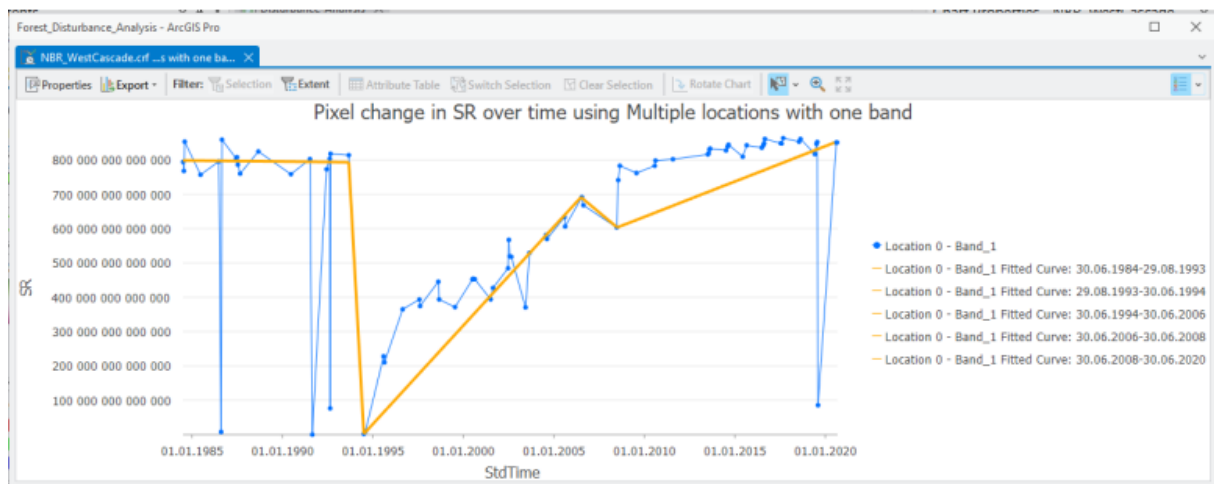
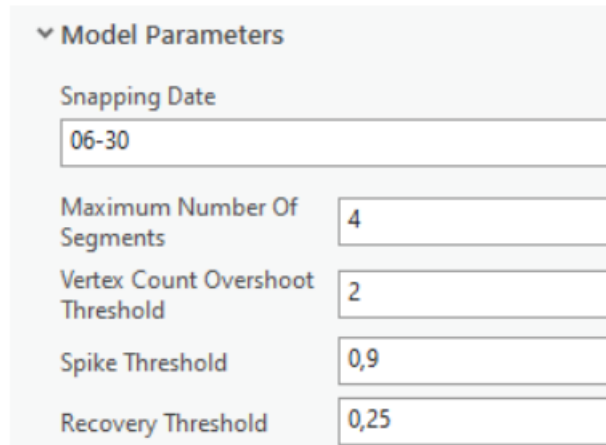


Рисунок 11.7 – Створена діаграма

Далі за допомогою курсора були переглянуті деякі точки і визначено, які часові зрізи та значення «NBR» вони відображають.

Наступним етапом у вікні властивостей діаграми була розгорнута група «Model Parameters» («Параметри моделі») (рис. 11.8), переглянуто параметри для моделі «LandTrendr» і внесені зміни, як це показано на рисунку.



Model Parameters	
Snapping Date	
	06-30
Maximum Number Of Segments	4
Vertex Count Overshoot Threshold	2
Spike Threshold	0,9
Recovery Threshold	0,25

Рисунок 11.8 – Змінені значення параметрів моделі «LandTrendr»

За допомогою подвійного клацання на точки діаграми вибираємо часовий зріз і переглядаємо його положення на карті.

Далі відмикаємо відображення шару «Pixel_location» та за допомогою функції «Zoom To Layer» («Наблизити до шару») змінюємо масштаб для повного відображення шару «NBR_WestCascade.crf».

Зберігаємо зміни в проєкті.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 12 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС

Мета роботи: ознайомитися з технологією управління лісовими масивами як важливого природного ресурсу з використанням інструментів ArcGIS.

Прилади й принадлежности: архіви супутникових знімків «Landsat», програмний комплекс «ArcGIS Pro».

Загальні відомості

Практичні аспекти застосування ГІС передбачають інтеграцію цифрових карт, баз даних та аналітичних інструментів у різноманітних сферах – від містобудування та транспорту до сільського господарства і природоохорони. На оперативному рівні ці системи дають змогу швидко отримувати актуальні просторові дані, моделювати сценарії розвитку територій і оцінювати ефективність управлінських рішень. Завдяки розвиненим засобам візуалізації користувачі можуть відстежувати зміни в реальному часі (демографія, стан доріг, рівень забруднення), виконувати аналіз ризиків та планувати інфраструктурні проекти на засадах просторової логіки. Це робить ГІС невіддільним інструментом моніторингу, управління ресурсами та підтримки прийняття рішень у державному й приватному секторах.

Порядок виконання роботи

У відкритому проєкті вибрано шар «NBR_WestCascade.crf» і у вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») в групі «Analysis» («Аналіз») розгорнуто панель інструментів і вибрано «Analyze Change Using LandTrendr tool» («Аналіз змін за допомогою LandTrendr»).

Потім у вікні налаштувань інструменту вказані значення змін, показані на рисунку 12.1, і запущено виконання операції.

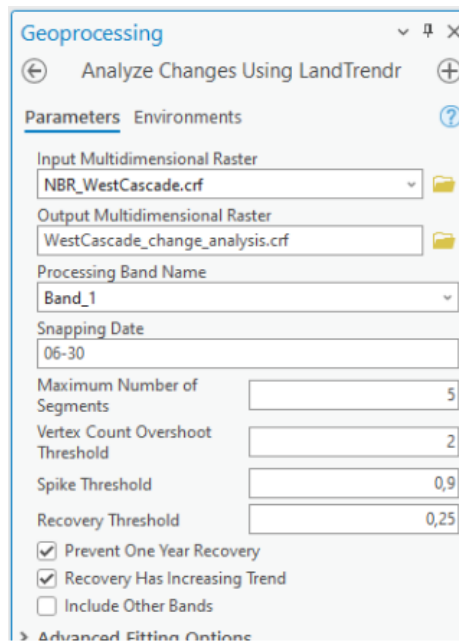


Рисунок 12.1 – Шар «Analyze Change Using LandTrendr tool»

Далі вибираємо новий шар «WestCascade_change_analysis.crf» на стрічці інструментів у вкладці «Raster Layer» («Растровий шар») у групі «Rendering» («Відображення») була натиснута кнопка «Symbology». Далі в панелі, що відкрилася для параметру «Band» («Канал») вибрано з переліку каналів «Band_1_Fitted_Value».

Далі у вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») для шару «WestCascade_change_analysis.crf» в групі інструментів «Current Display Slice» («Зріз поточного зображення») в полі «StdTime» довільно виконано зміну часового зрізу і проаналізовано відмінності.

У вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») в групі «Analysis» («Аналіз») розгорнуто панель інструментів і вибрано «Detect Change Using Change Analysis Raster» («Визначити зміни, використовуючи растр аналізу

змін»). У відкритій панелі «Geoprocessing» («Геообробка») встановлені параметри, як це показано на рисунку 12.2, і запущено виконання операції.

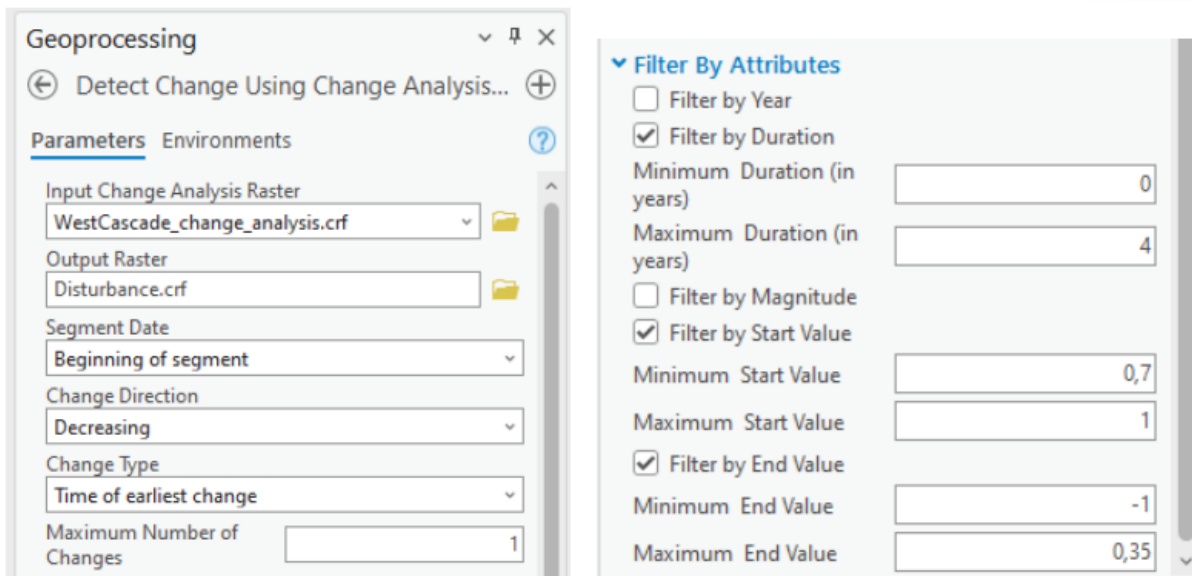


Рисунок 12.2 – Параметри для виконання вказаної операції

У вкладці «Imagery» («Зображення») в групі інструментів «Analysis» («Аналіз») обрано інструмент «Raster Functions» («Функції растру»).

Далі на панелі інструменту «Raster Functions» («Функції растра») вибрана функція статистика, створено новий шар в проєкті «Statistics_Disturbance.crf».

Потім додана назва нового шару «Statistics_Disturbance.crf» на «Smoother_Disturbance.crf», відкрито вікно «Symbology» («Символи») шару і імпортовано дані в шар за допомогою опції «Import from layer file» («Імпорт з файлу шару») з файлу «Disturbance_symbology.lyrx». У результаті виконаних дій була змінена кольорова гама вихідного шару.

Висновки. Під час виконання практичної роботи «Практичні аспекти застосування ГІС» було закріплено основні теоретичні засади використання геоінформаційних систем та здобуто практичні навички у проведенні просторового аналізу. Зокрема, студенти:

- вивчили методи завантаження та геоприв'язки різноманітних шарів даних (межі територій) у ГІС;

- застосували інструменти візуалізації та символічних позначень для ефективного відображення інформації на цифровій карті;

- здійснили аналіз просторових взаємозв'язків між різними елементами місцевості та оцінили потенціал інтегрованого підходу в управлінні територіями.

Отримані результати підкреслили важливість ГІС як інструмента підтримки ухвалення рішень у сферах містобудування, екології та ресурсного планування, продемонструвавши високу ефективність комплексного підходу до аналізу геопросторових даних.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 13 РОЗВ'ЯЗАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЗАДАЧ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Мета роботи: ознайомитися з технологією здійснення моніторингових процесів на підставі даних дистанційного зондування.

Прилади й принадлежности: архіви супутникових знімків «Landsat», програмний комплекс «ArcGIS Pro».

Загальні відомості

Розв'язання моніторингових задач із використанням даних дистанційного зондування полягає в оперативному отриманні та аналізі інформації про зміни на поверхні Землі. Завдяки мультиспектральним або радарним знімкам можна відстежувати динаміку лісових насаджень, стан сільськогосподарських угідь, а також контролювати рівень забруднення водойм і ґрунтів. Такі дані інтегруються у геоінформаційні системи, де їх обробляють, візуалізують та порівнюють з історичними знімками, що дозволяє ефективніше керувати ресурсами й оцінювати результати прийнятих управлінських рішень.

Порядок виконання роботи

Вивчення порушених ділянок лісу. Візуально досліджено порушені ділянки лісу за інформацією, отриманою з шару «Smoother_Disturbance.crf», і ввімкнено відображення даних шару «Forest_management_boundaries».

Далі на вкладці «Map» («Карта») в групі «Navigate» («Навігація») виконано перехід до закладки «State_park» за допомогою інструмента «Bookmarks» («Закладки») (рис. 13.1).

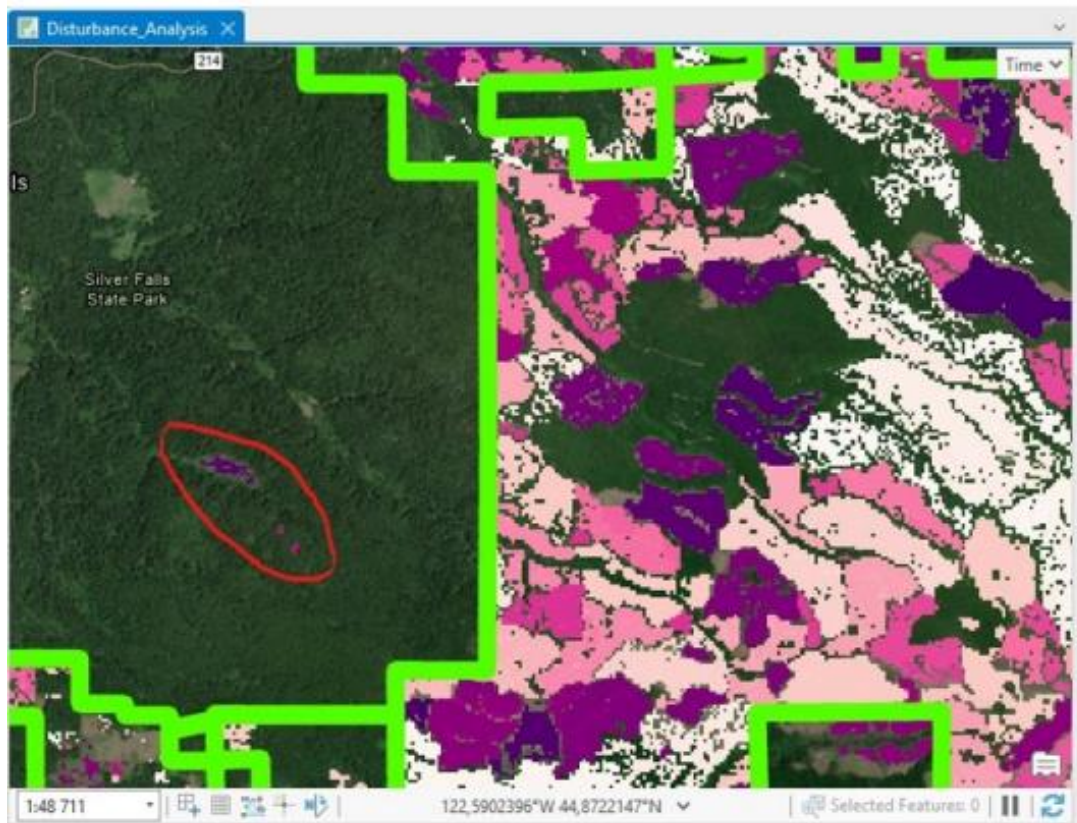


Рисунок 13.1 – Результат переходу до закладки «State_park»

Потім у групі інструментів «Navigate» («Навігація») вибрана функція «Explore» («Дослідити»), поставлена відмітка «Visible Layers» («Видимі шари») і переглянута детальніша інформація про порушені ділянки лісу.

Наступним кроком на панелі інструментів у вкладці «View» («Вид») у групі «Windows» («Вікна») відкрита панель каталогу за допомогою кнопки «Catalog Pane».

Далі у відкритому вікні каталогу був розкритий розділ «Maps» («Карти»). У списку, що з'явився, вибрана й відкрита карта «Source_Images» і зв'язана з картою «Disturbance_Analysis» (рис. 13.2).

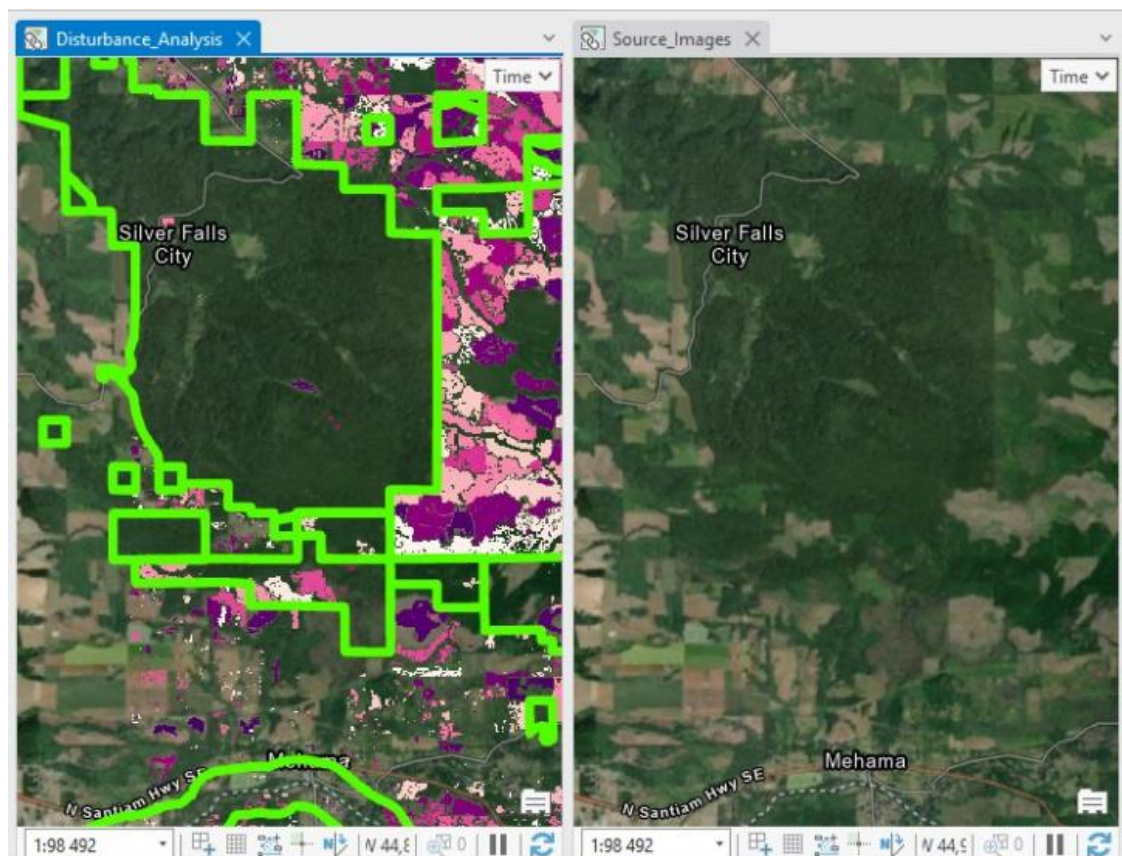


Рисунок 13.2 – Пов’язані між собою карти

Висновки. Під час виконання практичної роботи «Розв’язання моніторингових задач із використанням даних дистанційного зондування» студенти закріпили теоретичні відомості щодо застосування супутникових знімків у контексті дослідження динамічних змін на поверхні Землі, а також здобули практичні навички у сфері моніторингового аналізу. За результатами роботи підтвердилася висока цінність даних дистанційного зондування для оперативного моніторингу стану довкілля, планування природоохоронних заходів та ухвалення управлінських рішень, що потребують точних і своєчасних просторових даних.

Практичне завдання № 6

На панелі інструментів у вкладці «View» («Вид») у групі «Windows» («Вікна») відкрита панель каталогу за допомогою кнопки «Catalog Pane». У вікні каталогу розгорнуто розділ «Maps» («Карти») і відкрита карта «Recovery_Analysis».

Наступним кроком на панелі каталогу розгорнуто розділ «Toolboxes» («Набори інструментів»). Далі розгорнуто набір інструментів «Forest_Disturbance_Analysis.tbx» і відкрито інструмент «Calculate Recovery Duration» (рис. 13.3).

Наступним кроком у вікні панелі «Geoprocessing» («Геообробка») введено значення параметрів, як це показано на рисунку 13.4, і запущено виконання операції.

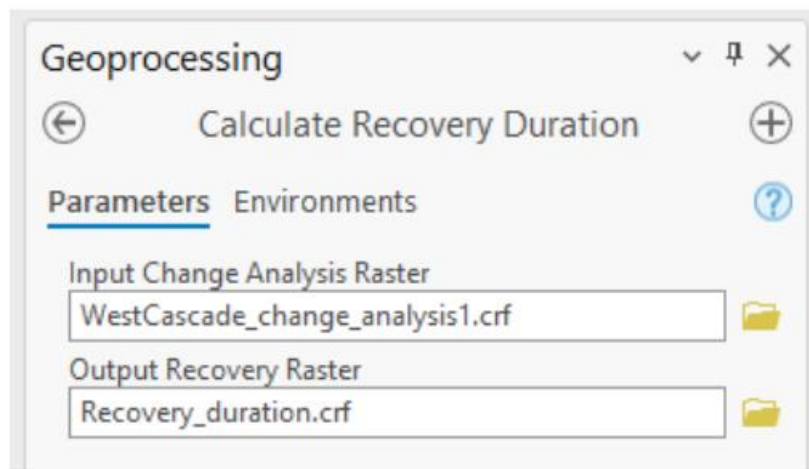


Рисунок 13.3 – Параметри виконання команди «Calculate Recovery Duration»

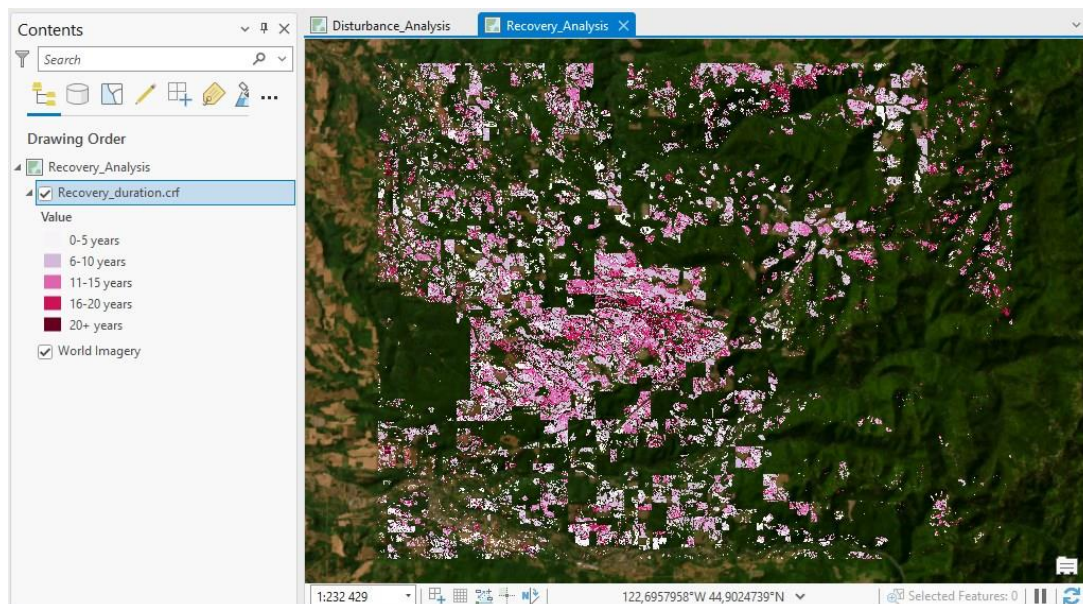


Рисунок 13.4 – Результат виконання операції

Далі на вкладці «Мар» («Карта») в групі «Navigate» («Навігація») за допомогою інструменту «Bookmarks» («Закладки») відкрита закладка «Recovery_years» (рис. 13.5).



Рисунок 13.5 – Відкрита закладка проєкту «Recovery_years»

Наступним етапом на панелі інструментів вкладки «Raster Layer» у групі «Compare» («Порівняти») активовано інструмент «Swipe» («Сховати»). Виконано порівняння візуального відображення даних шару «Recovery_years» з базовою картою «World Imagery» (рис. 13.6).

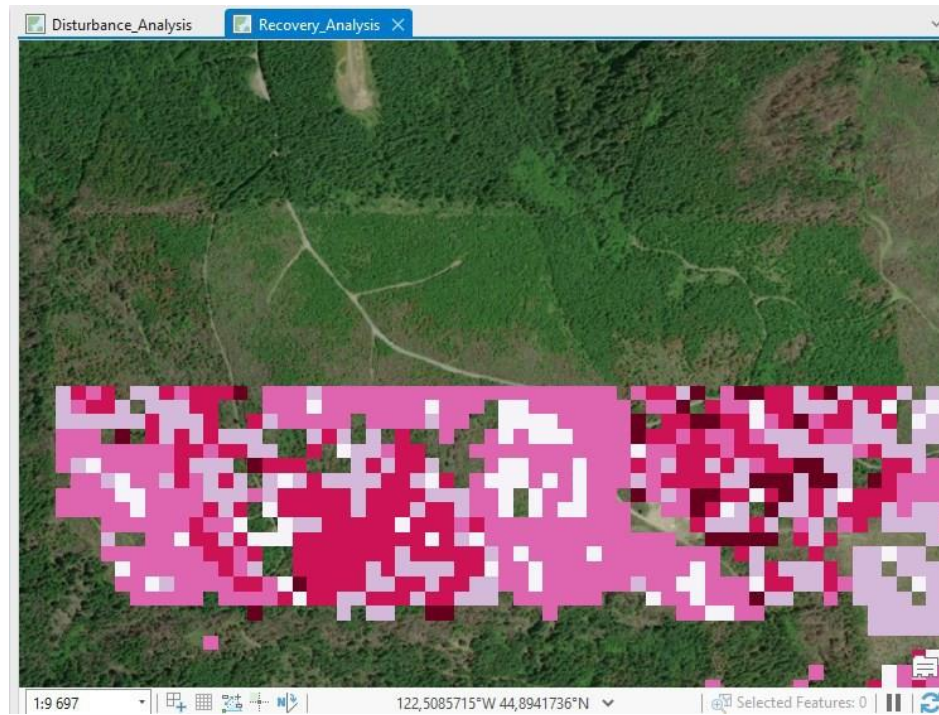


Рисунок 13.6 – Порівняння візуальних даних двох карт

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 14 ПРОЦЕСИ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕГАТИВНИХ ЯВИЩ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Мета роботи: ознайомитись з особливостями прогнозування негативних явищ на основі даних дистанційного зондування.

Прилади й принадлежности: архіви супутникових знімків «Landsat», програмний комплекс «ArcGIS Pro».

Загальні відомості

Процеси прогнозування негативних явищ з використанням даних дистанційного зондування дають змогу своєчасно оцінювати ризики та вплив потенційних надзвичайних ситуацій на довкілля й інфраструктуру. Оптичні та радіолокаційні знімки допомагають виявляти зони зсувонебезпеки, спостерігати за станом річкових русел і берегових ліній для прогнозування паводків, а також фіксувати надмірне висихання рослинності, що може призвести до пожеж. Завдяки аналізу багаторічних рядів знімків та використанню математичних моделей фахівці можуть прогнозувати масштаб і напрямок розвитку небажаних процесів, надаючи фундамент для своєчасного вжиття превентивних заходів і підвищення безпеки населення.

Порядок виконання роботи

На панелі інструментів у вкладці «View» («Вид») у групі «Windows» («Вікна») відкрита панель каталогу за допомогою кнопки «Catalog Pane» та аналогічно до попередніх операцій відкрита карта «Classification».

Далі до поточної карти із розділу «Folders» («Папки») і папки «Forest_Disturbance_Analysis» додано шар «WestCascade_change_analysis.crf» (рис. 14.1).

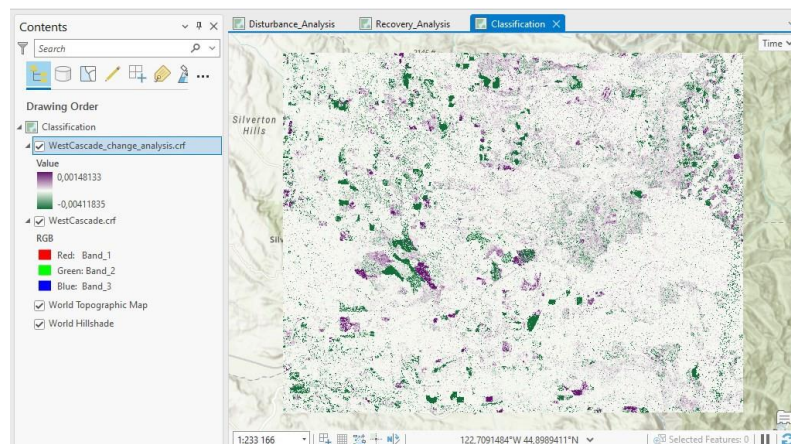


Рисунок 14.1 – Шар «WestCascade_change_analysis.crf» на поточній карті «Classification»

Наступним кроком для шару «WestCascade_change_analysis.crf» у вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») у групі «Current Display Slice» («Зріз поточного зображення») для поля «StdTime» встановлено значення часового зрізу 1987-06-30. У вікні «Contents» («Зміст») відкрито вікно «Symbology» («Символи») шару.

Далі у вікні «Symbology» («Символи») шару «WestCascade_change_analysis.crf» встановлені значення параметрів, як це показано на рисунку 14.2.

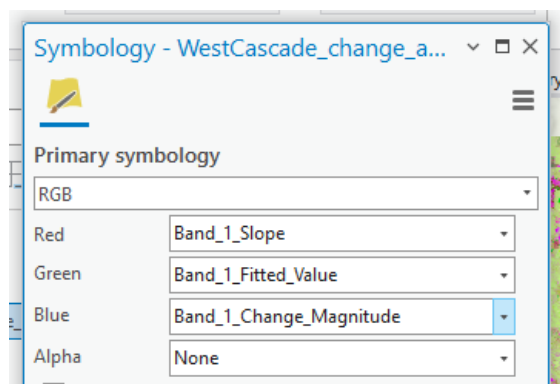


Рисунок 14.2 – Значення параметрів символів шару «WestCascade_change_analysis.crf» (рис. 14.3).

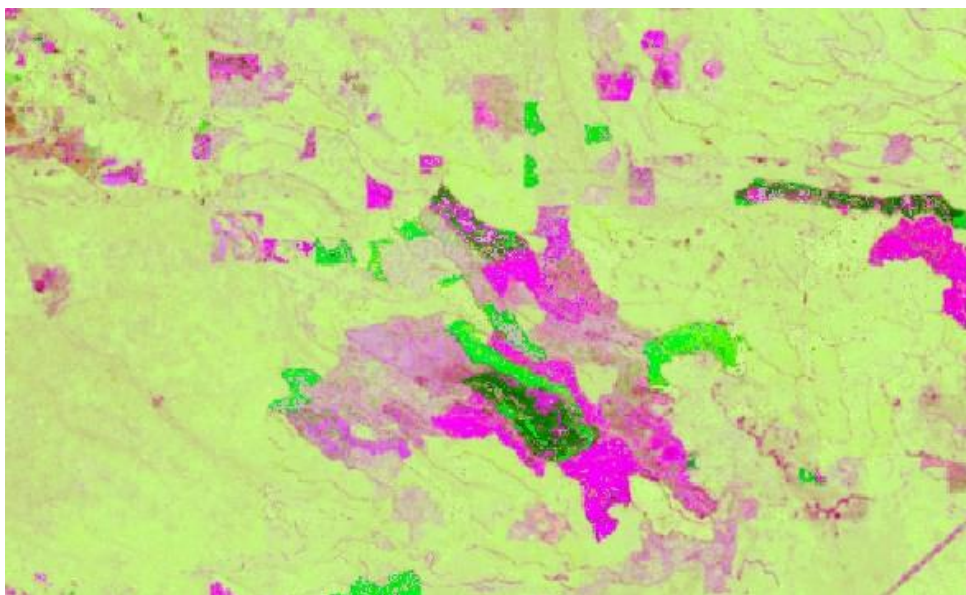


Рисунок 14.3 – Оновлений вигляд карти шару

Наступним етапом виконання класифікації у вкладці «Imagery» («Зображення») в групі інструментів «Image Classification» («Класифікація зображень») із списку «Classification Tools» («Інструменти класифікації») вибрано інструмент «Training Samples Manager» (рис. 14.4) («Менеджер навчальних вибірок»).

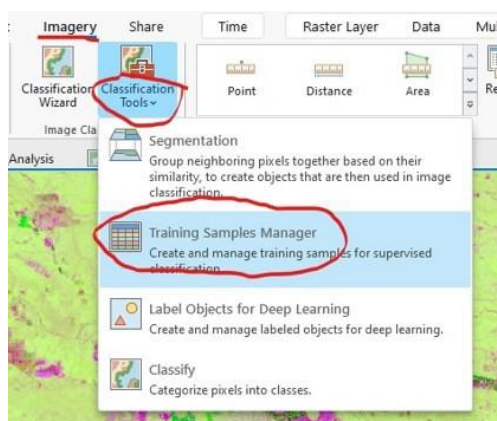


Рисунок 14.4 – Процес вибору інструменту «Training Samples Manager»

Наступним кроком у відкритій панелі класифікації зображень завантажена схема класифікації так: «Folders» > «Forest_Disturbance_Analysis» > «InputData» і вибрана схема «WestCascadeForestTypes.ecs» (рис. 14.5; 14.7–14.9).

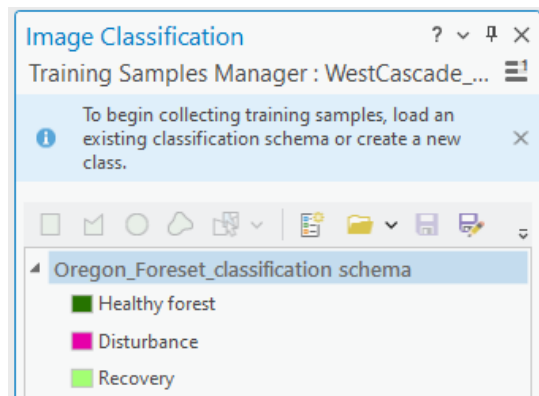


Рисунок 14.5 – Додана схема класифікації «WestCascadeForestTypes.ecs»

Далі виконаний збір навчальної вибірки, для чого встановлені значення параметрів кольорової гамми, як це показано на рисунку 14.6.

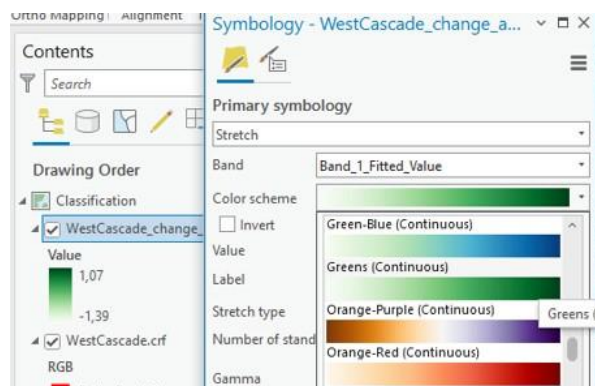


Рисунок 14.6 – Параметри зміни кольорової гамми шару

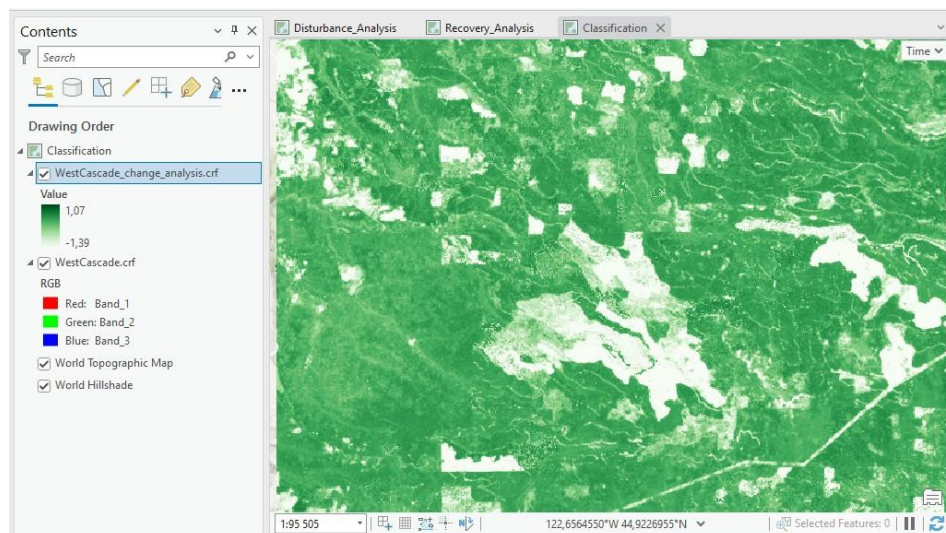


Рисунок 14.7 – Оновлена карта шару «WestCascade_change_analysis.crf»

Далі для шару «WestCascade_change_analysis.crf» у вкладці «Multidimensional» («Багатовимірні») в групі «Current Display Slice» («Зріз поточного зображення») для поля «StdTime» встановлено значення часового зрізу 1984-06-30.

Далі створюється вибірка шляхом створення полігонів певного класу, доданої раніше схеми класифікації в різних часових зрізах (рис. 14.8).

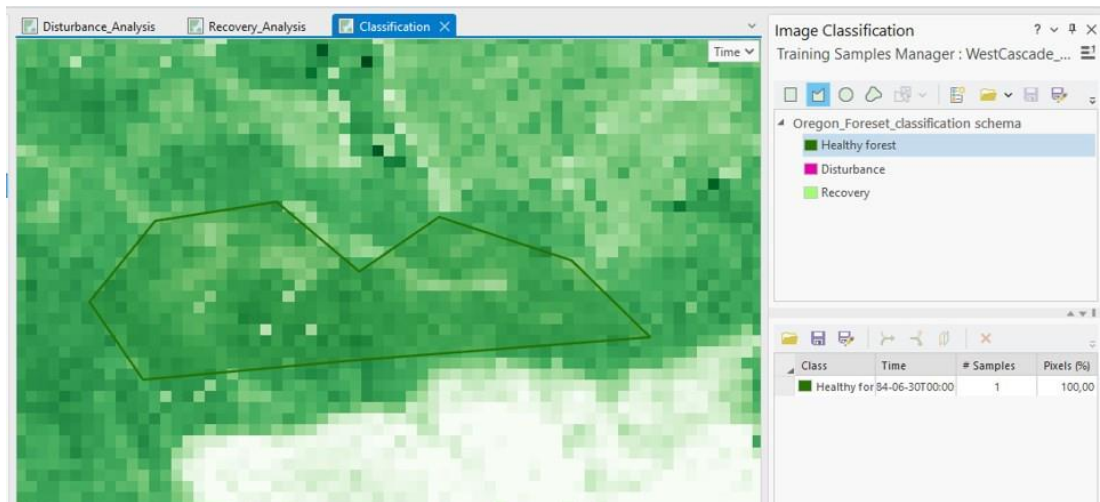


Рисунок 14.8 – Створений полігон вибірки здорового лісу

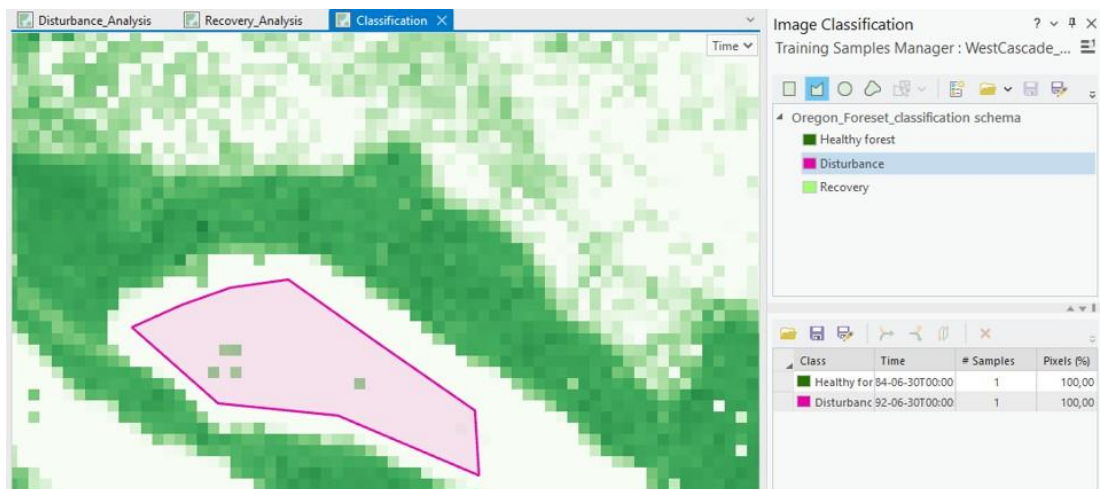


Рисунок 14.9 – Створений полігон вибірки пошкодженого лісу

Потім до створених вибірок були завантажені готові навчальні вибірки «WestCascade_training_samples.shp» із «Folders» > «Forest_Disturbance_Analysis» > «InputData» (рис. 14.10).

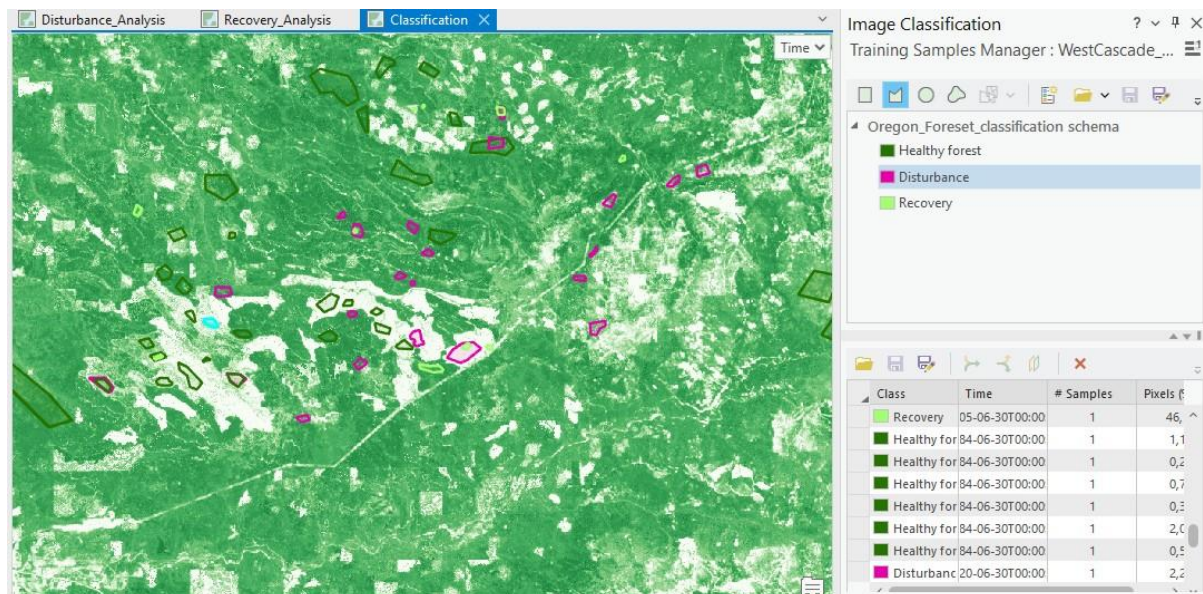


Рисунок 14.10 – Завантажені навчальні вибірки з папки вихідних даних

Наступним кроком на панелі «Geoprocessing» («Геообробка») знайдено інструмент «Train Random Trees Classifier» (рис. 14.11).

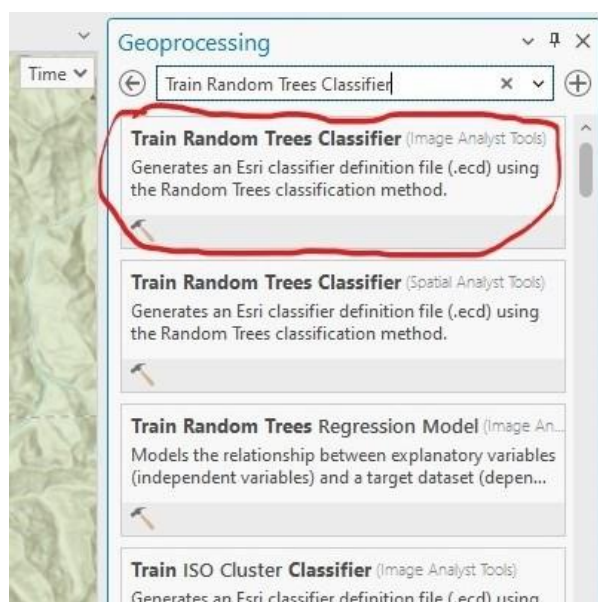


Рисунок 14.11 – Пошук інструменту «Train Random Trees Classifier»

Наступним кроком було вказано параметри інструменту, як це показано на рисунку 14.12, та активовано команду на виконання операції.

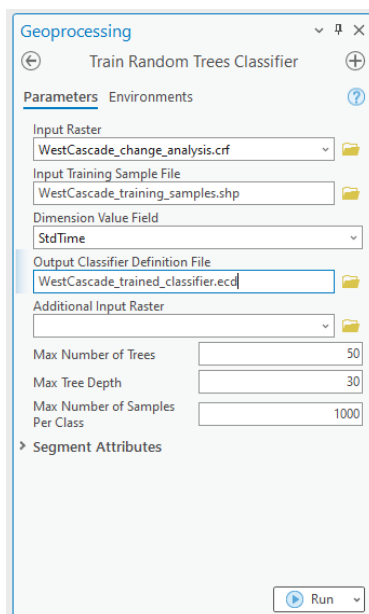


Рисунок 14.12 – Параметри для полів інструменту «Train Random Trees Classifier»

Потім за допомогою інструменту «Classify Raster» і заданих параметрів, як це показано на рисунку 7.29, створено багатовимірний растр у вигляді шару «WestCascade_classification.crf» (рис. 14.13).

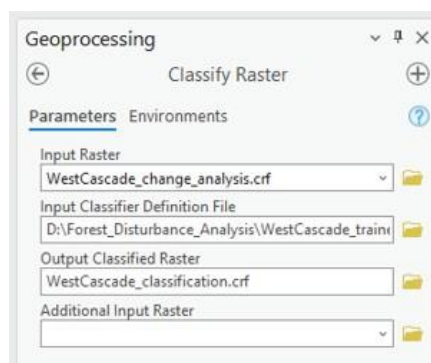


Рисунок 14.13 – Параметри полів інструмента «Classify Raster»

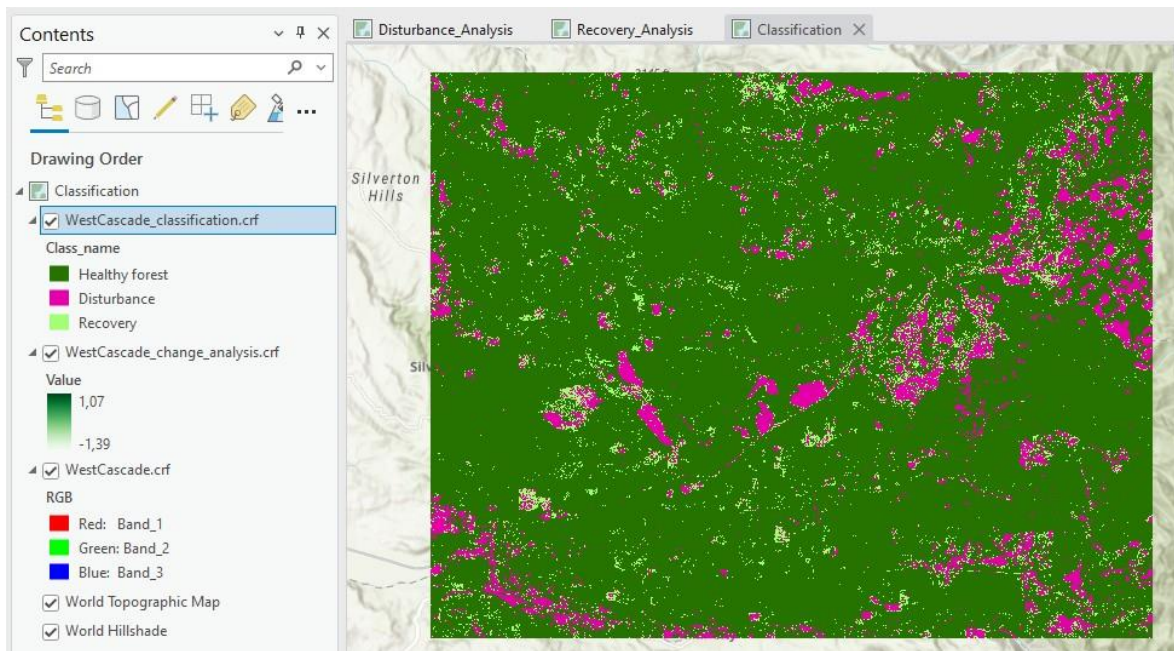


Рисунок 14.14 – Відображення даних шару «WestCascade_classification.crf»

Наступним кроком було знайдено інструмент «Summarize Categorical Raster», вказано параметри його полів (рис. 14.15) і запущено команду на виконання (рис. 14.16).

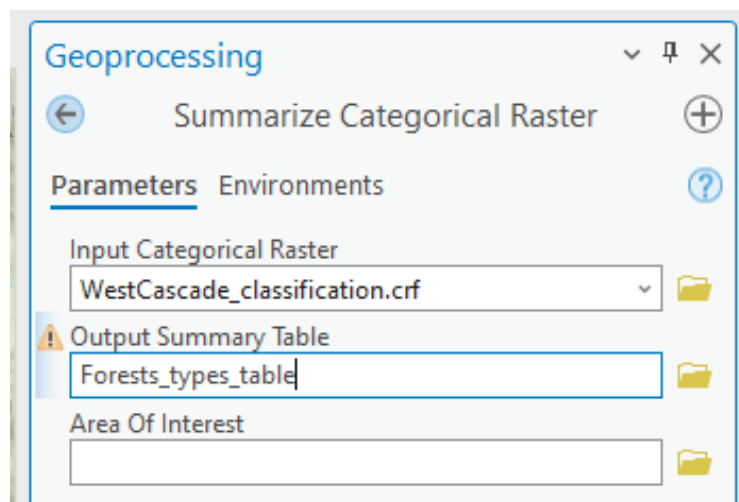


Рисунок 14.15 – Параметри інструмента «Summarize Categorical Raster»

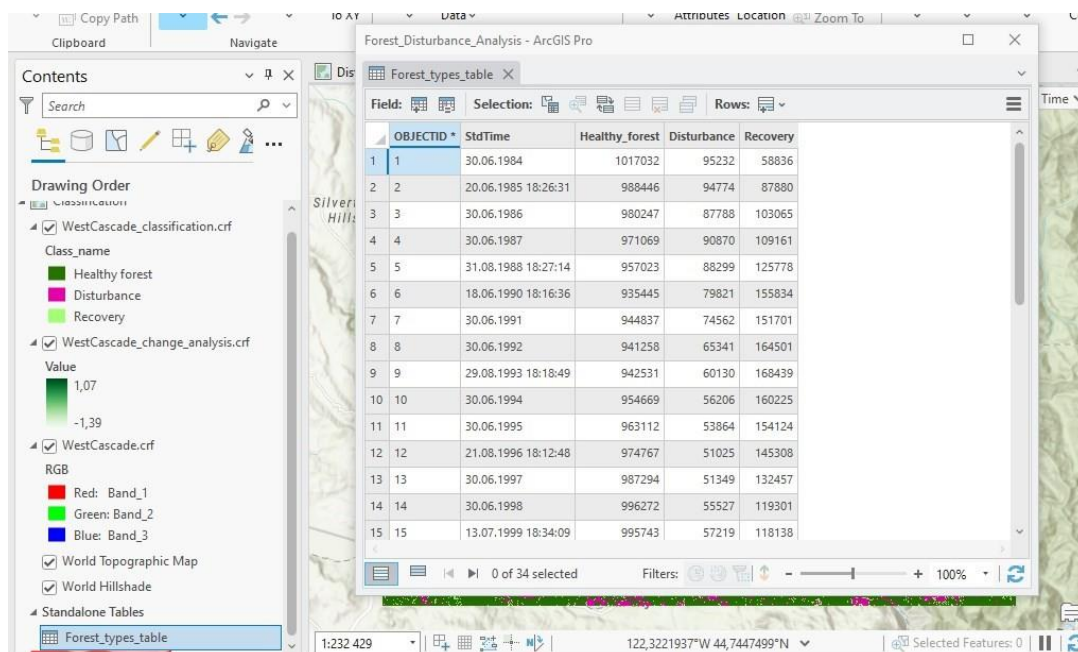


Рисунок 14.16 – Результат застосування інструмента «Summarize Categorical Raster»

Далі за даними таблиці «Forest_types_table» (рис. 14.17–14.19) створена стовпчаста діаграма згідно із вказаними параметрами (рис. 14.20).

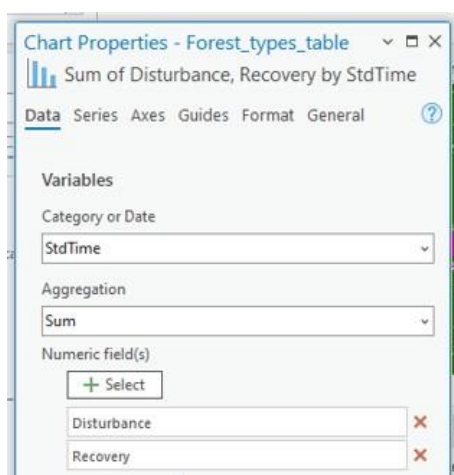


Рисунок 14.17 – Значення параметрів діаграми для вкладки «Data»

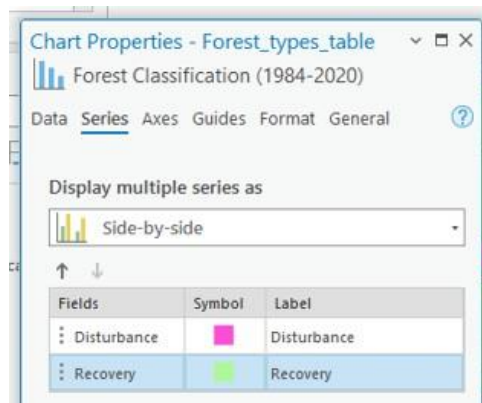


Рисунок 14.18 – Значення параметрів діаграми для вкладки «Series»

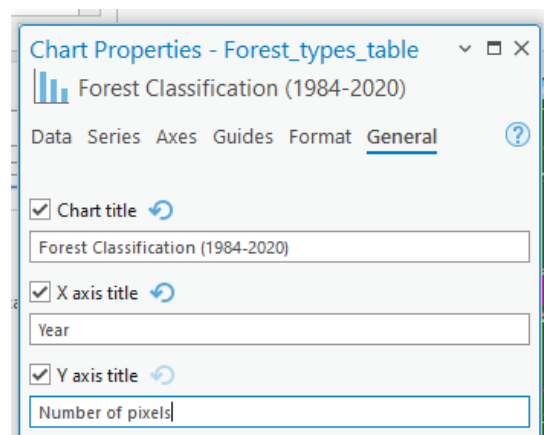


Рисунок 14.19 – Значення параметрів діаграми для вкладки «General»

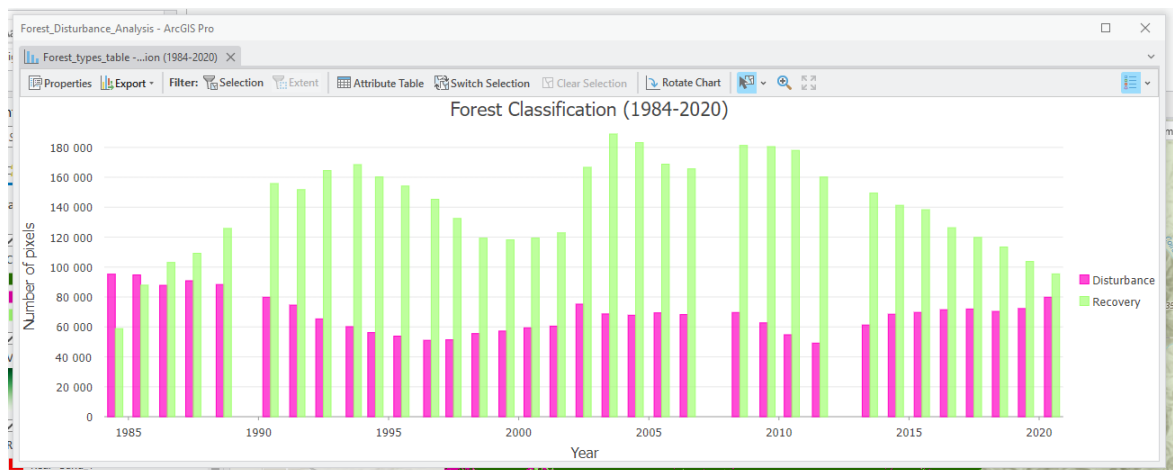


Рисунок 14.20 – Діаграма стану лісів за даними таблиці «Forest_types_table»

Висновки. Під час виконання практичної роботи були отримані практичні

навички з виконання аналізу і моніторингу змін лісового покриву території протягом тривалого періоду часу. Також здійснено інтерактивне вивчення змін пікселів часових рядів, отримання навички зі створення карт порушення і відновлення лісів, а також здійснена класифікація змін лісового покриву.

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити питання «Використання супутникових та аерокосмічних знімків»:

1. Засоби супутникового спостереження:

– вивчення ролі та можливостей супутникових знімків в ГІС.

2. Аналіз та використання супутникових даних:

– проведення аналізу супутникових знімків та їх використання в конкретних дослідженнях.

3. 3D-модельовання в ГІС:

– огляд методів та інструментів для створення та використання тривимірних моделей у ГІС.

4. Використання великих даних (Big Data) у геоінформаційних дослідженнях:

– вивчення підходів до обробки великих обсягів геоінформаційних даних.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 15 ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ, УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ

Мета роботи: оволодіти методами, технологіями аналізу та обробки зображень, отриманих із супутників, з метою виявлення та вивчення змін в рослинному покриві до та після граду за допомогою індексу «SAVI».

Прилади й принадлежности: додаток «ArcGIS Pro», допоміжні матеріали з сайту «Esri» (Learn ArcGIS): <https://learn.arcgis.com/ru/projects/assess-hail-damage-in-cornfields/arcgis-pro/>.

Порядок виконання роботи

Спостереження зображень в натуральних кольорах. По-перше, потрібно завантажити проєкт, який містить зображення, необхідні для навчального заняття, і відкрити його в «ArcGIS Pro». Проєкт містить два знімки, зроблені 4 та 8 серпня 2019 року (рис. 15.1) до та після граду (рис. 15.2) в районі Табер та Барнвелл в Альберті: «**Before_storm.tif**» та «**After_storm.tif**». Він також містить векторний шар «**Межі поля**», який використовуватиметься пізніше.

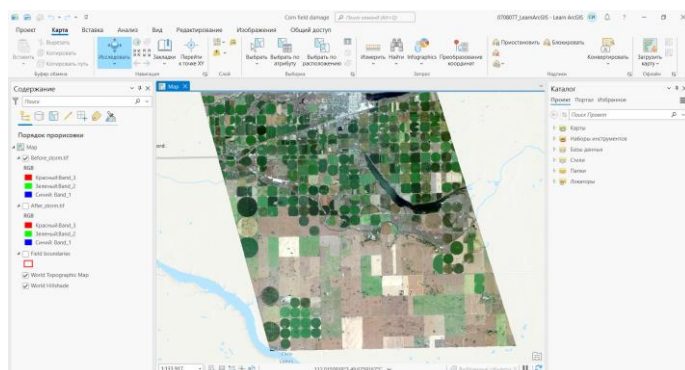


Рисунок 15.1 – Зображення полів до шторму

Візуально порівнявши два знімки, один з яких був зроблений до шторму, другий – після, побачили, що єдина помітна відмінність між ними – це більш світлий тон на другому знімку. Проте цих даних недостатньо для оцінки завданої шкоди.

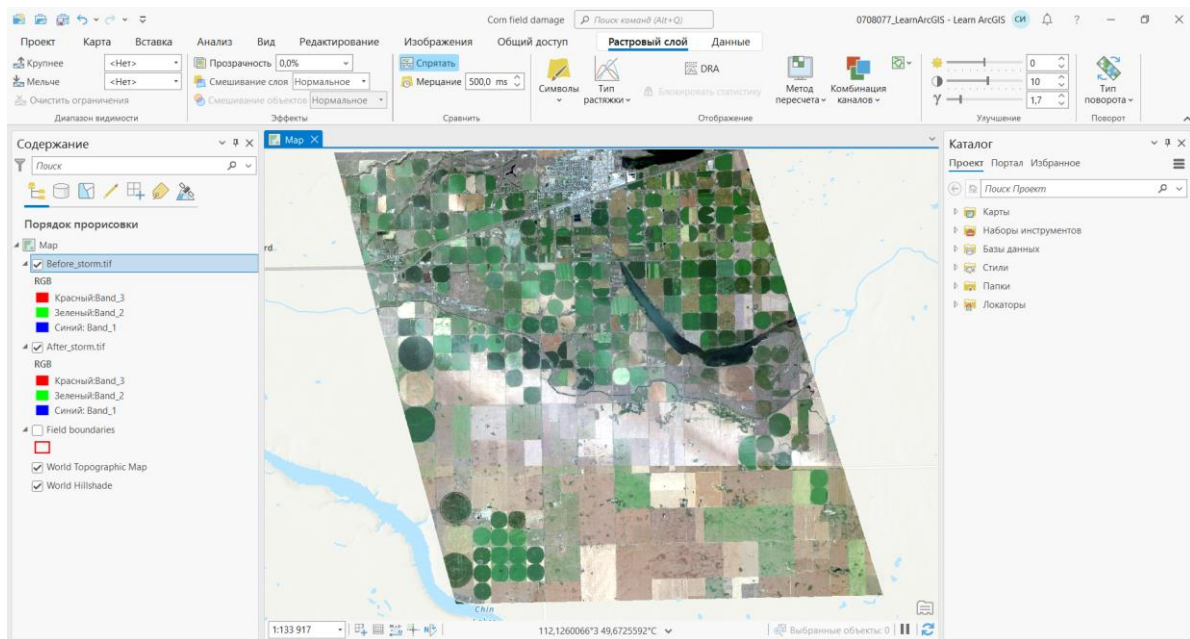


Рисунок 15.2 – Зображення полів після шторму

Вивчення значень червоного та ближнього інфрачервоного каналів.

Хлорофіл у здоровій рослинності поглинає більшу частину світла в червоному каналі для використання у фотосинтезі, отже відбиває його дуже мало.

Структура комірок із здоровою рослинністю сильно відбиває світло ближнього інфрачервоного діапазону.

Оскільки сенсор супутника фіксує кількість відбитого світла в різних каналах, значення пікселя знімка, що показує здорову рослинність, зазвичай будуть низькими для червоного каналу і високими для NIR. Це показано на графіку спектрального профілю нижче (рис. 15.3). Навпаки, пригнічена або вмираюча рослинність поглинатиме менше червоного світла (отже,

відображаючи його більше) і відображатиме менше світла NIR. На графіці також показано, що пікселі, які зображують голу землю, відображатимуть ще більше світла в червоному каналі і менше в NIR (рис. 15.4).

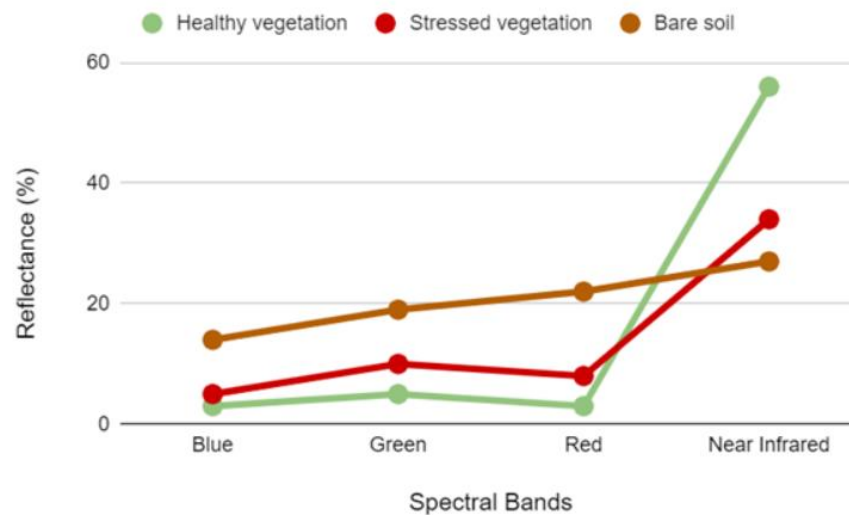


Рисунок 15.3 – Графік спектрального профілю

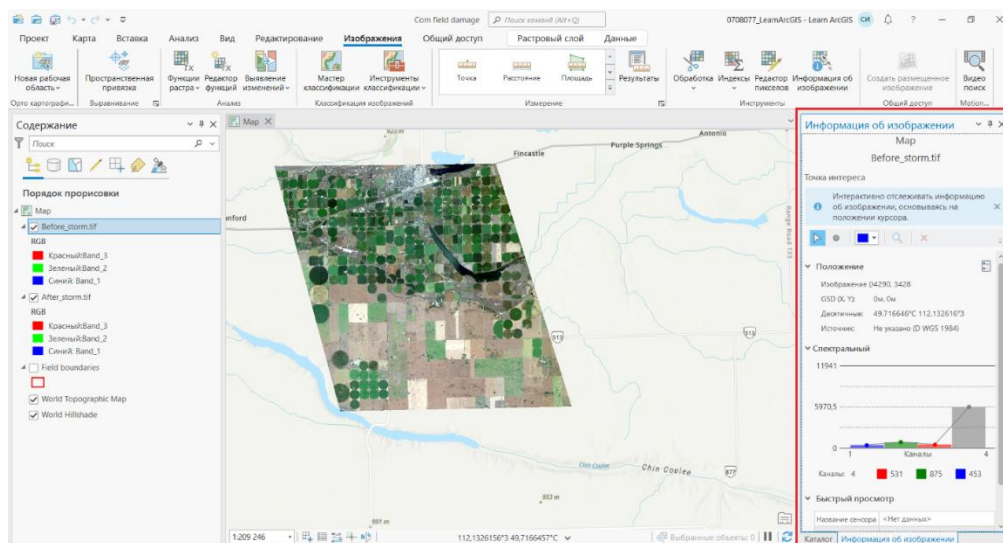


Рисунок 15.4 – Графік спектрального профілю для пікселя в поточному положенні курсора миші

Практичне завдання №7

Виконання аналізу змін за допомогою індексу SAVI. Спектральний індекс поєднує різні спектральні канали за допомогою математичної формули, зазвичай обчислюючи певний тип відносин. Підсумковими вихідними даними є нове растрове зображення. Щоб підкреслити здорову рослинність, є кілька індексів на вибір. Будемо використовувати індекс рослинності з поправкою на ґрунт (SAVI), який спирається на червоний (Red) і NIR діапазони і використовує таку формулу співвідношення (15.1):

$$SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \cdot (1 + L). \quad (15.1)$$

Найголовніше, що SAVI вимірює розрив між NIR і червоним діапазоном (NIR – Red). Більше значення SAVI вказує на більшу наявність здорової рослинності.

Далі застосовано індекс SAVI до зображень «**Before_storm.tif**» (рис. 15.5) та «**After_storm.tif**» (рис 15.6).

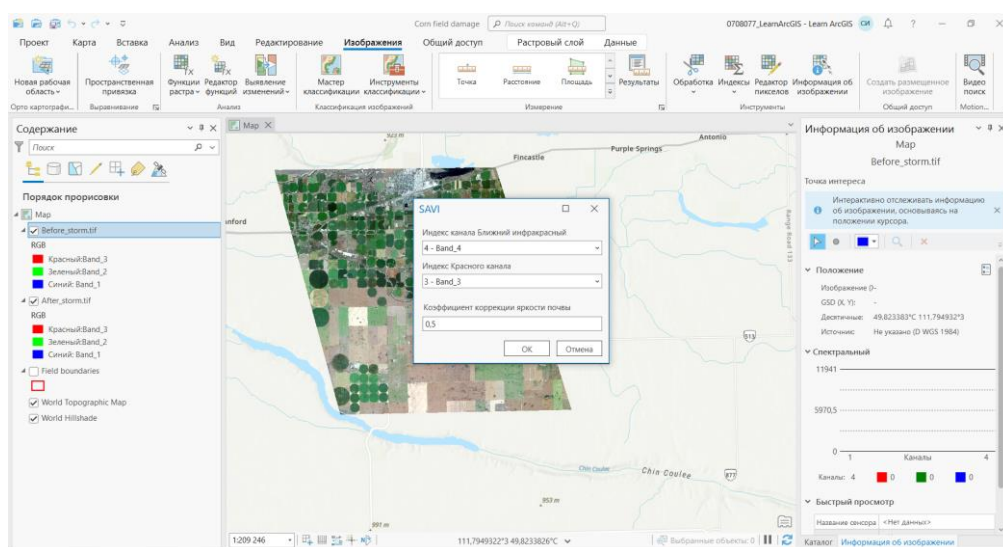


Рисунок 15.5 – Застосування індексу SAVI до шару «Before_storm»

Аналогічно було застосовано індекс SAVI для шару «After_storm».

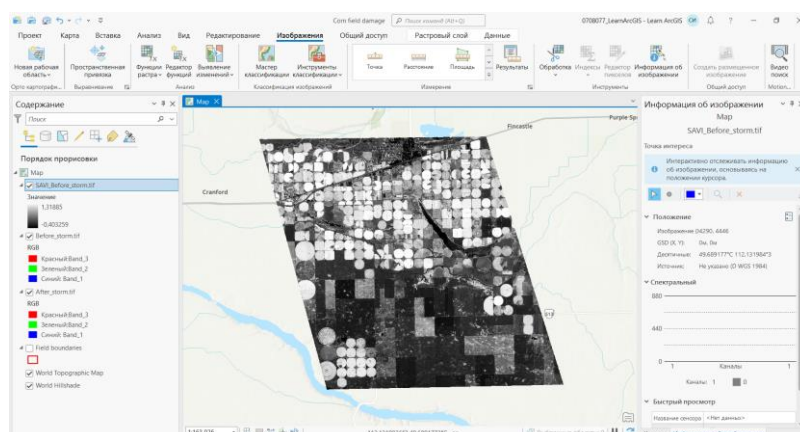


Рисунок 15.6 – Зображення нового шару «SAVI_Before_storm»

Найбільші значення SAVI позначаються білими або світло-сірими тонами і представляють ділянки з більшою присутністю здорової рослинності. Можна побачити, що багато полів мають більші значення SAVI до бурі, ніж після. Однак важко зрозуміти, чи деякі поля постраждали від шторму більше, ніж інші. Далі обчислюємо різницю між двома шарами SAVI, щоб точніше виміряти зміну рослинності (рис. 15.7).

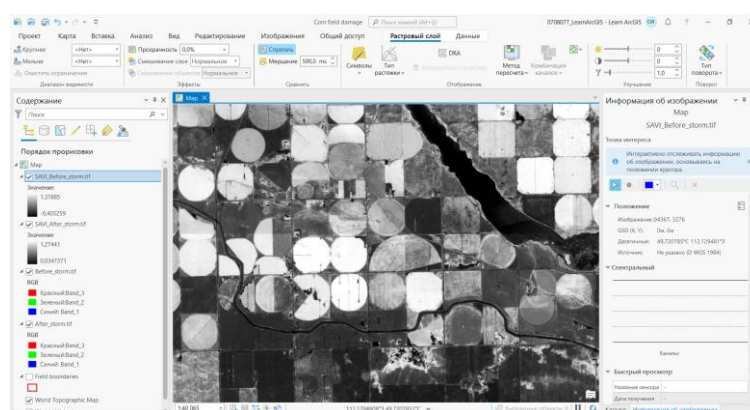


Рисунок 15.7 – Порівняння шарів до та після шторму з урахуванням індексу SAVI

До знімків було застосовано індекс SAVI та проведено візуальне порівняння знімків, проте відмінності не є настільки явними, щоб робити висновки про завдану шкоду. Далі буде проведено порівняння знімків програмним методом для більш точного розрахунку різниці між двома знімками.

Обрахування відмінностей між двома шарами SAVI.

Щоб виміряти зміни в рослинності, які відбулися внаслідок шторму, треба вирахувати різницю між двома шарами SAVI за допомогою растрової функції «Вирахувати зміни». Отримане позитивне значення означатиме втрату здорової рослинності (рис. 15.8–15.9).

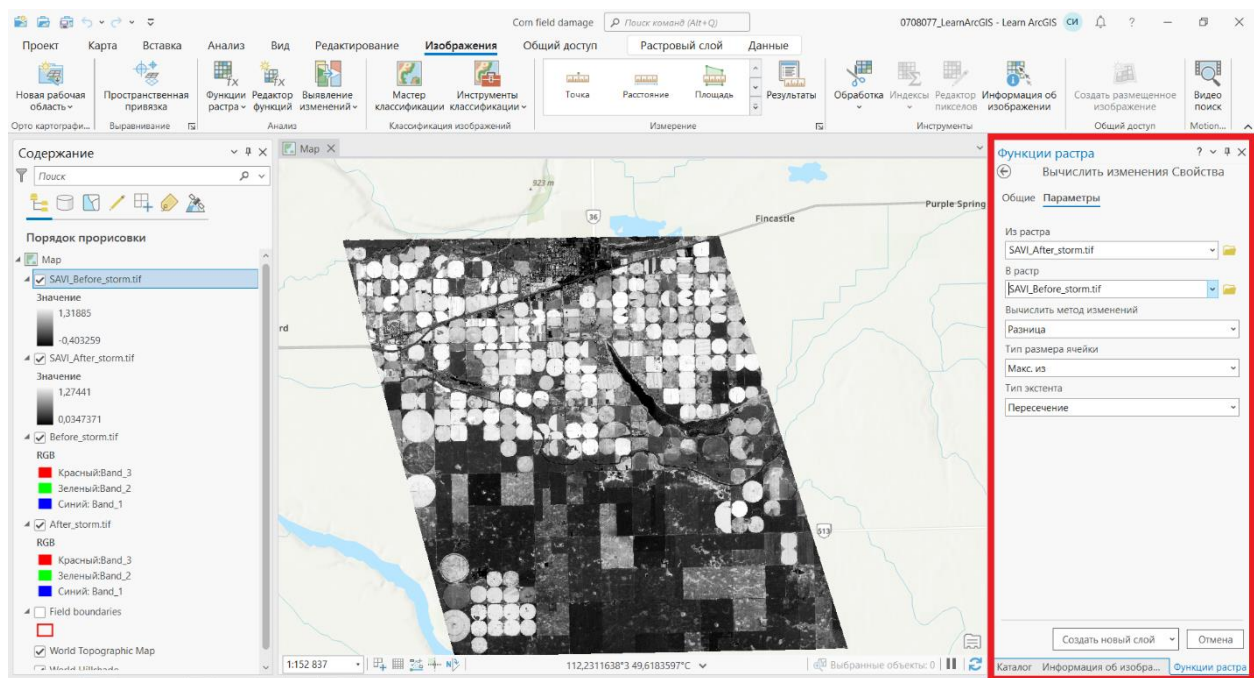


Рисунок 15.8 – Розрахування різниці між растрами

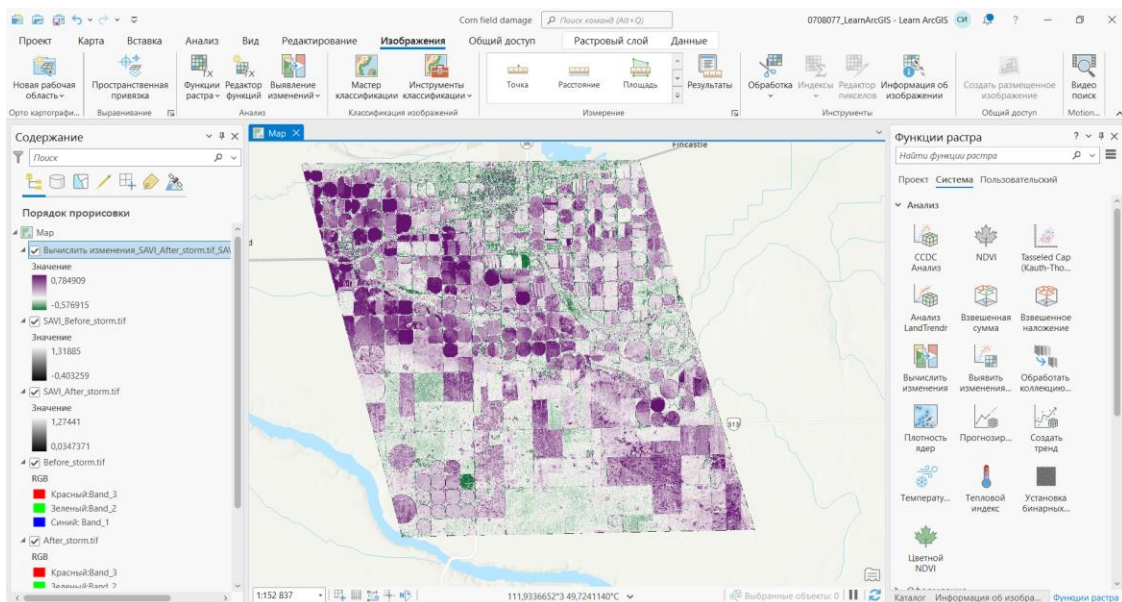


Рисунок 15.9 – Створення нового шару із зображенням пошкоджень

Області у фіолетових тонах вказують на втрату здорової рослинності (позитивні числові значення), найбільша втрата позначена темно-фіолетовим кольором. Візуальне вивчення чітко вказує на те, що град перетнув область по діагоналі з північного заходу на південний схід, пошкодивши більшість полів у цьому напрямі. Поля у верхньому правому та нижньому лівому кутках зображення виглядають набагато менш пошкодженими.

Розрахування середнього значення втрат рослинності для кожного поля.

На останньому етапі обчислимо середню втрату здорової рослинності на кожному полі. Для цього використовується клас «Field boundaries feature», де межі всіх оброблюваних полів на ділянці представлені багатокутниками. З'являються багатокутники, що представляють оброблювані поля, позначені червоним кольором (рис. 15.10, 15.11).

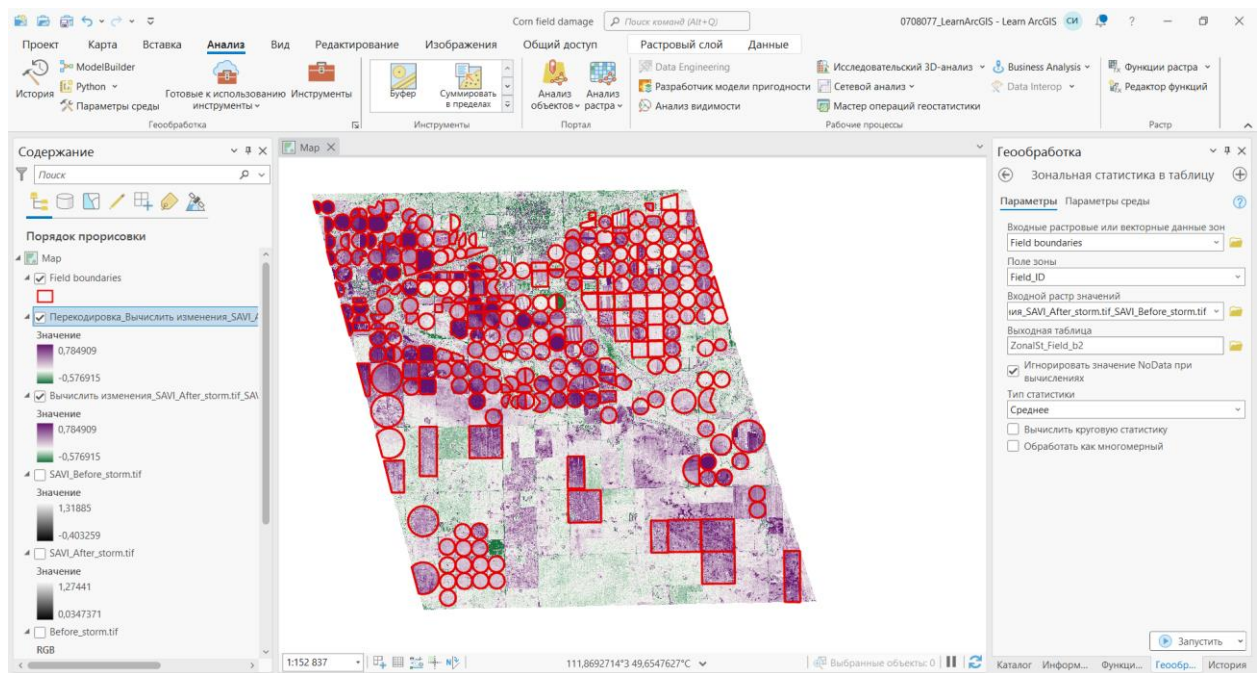


Рисунок 15.10 – Процес створення таблиці

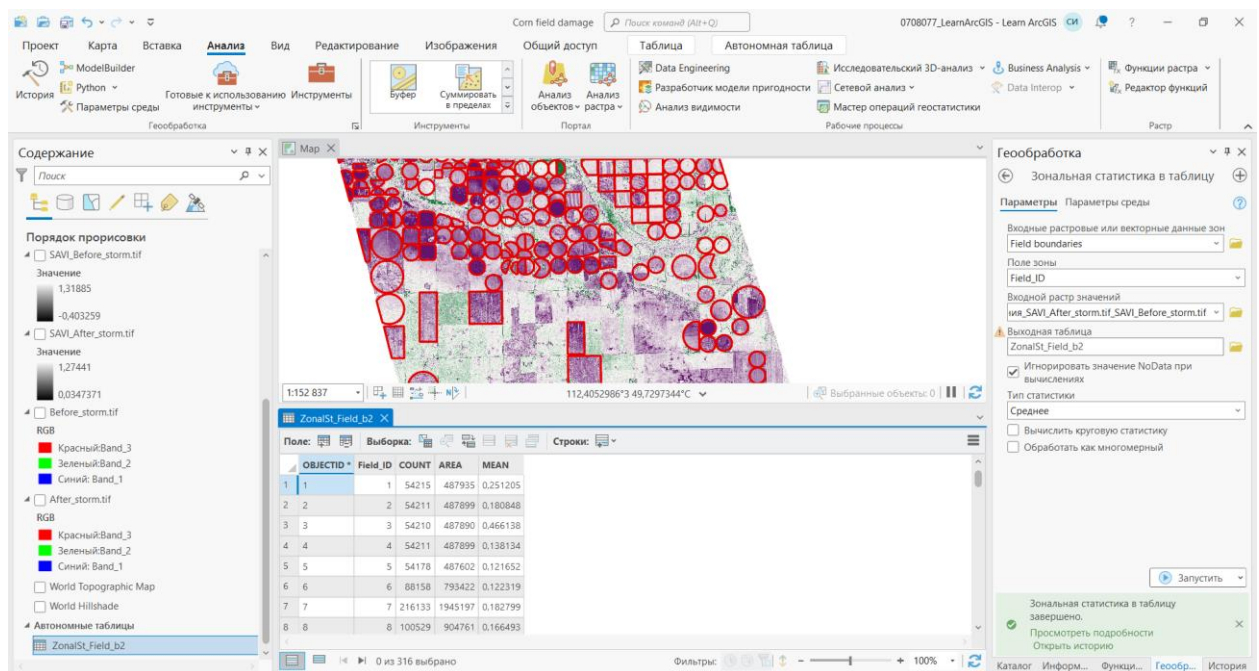


Рисунок 15.11 – Зображення таблиці

Поспостерігаємо за кінцевим результатом (рис. 15.12). Поля, які зазнали великих і дуже великих втрат здорової рослинності, сконцентровані на осі з

північного заходу на південний схід, яка спостерігалася раніше. Поля з низькими втратами в основному зосереджені у верхньому правому та нижньому лівому кутках.

Можна спостерігати сусідні поля з різним рівнем шкоди. Це може мати багато причин. Наприклад, град може по-різному впливати на різні типи культур. Крім того, два поля з однаковою культурою, але кожне з різним рівнем зрілості рослин, також можуть постраждати по-різному.

Карта пропонує першу оцінку збитків, завданих градом. Її можна використовувати для більш детального огляду на місцевості.

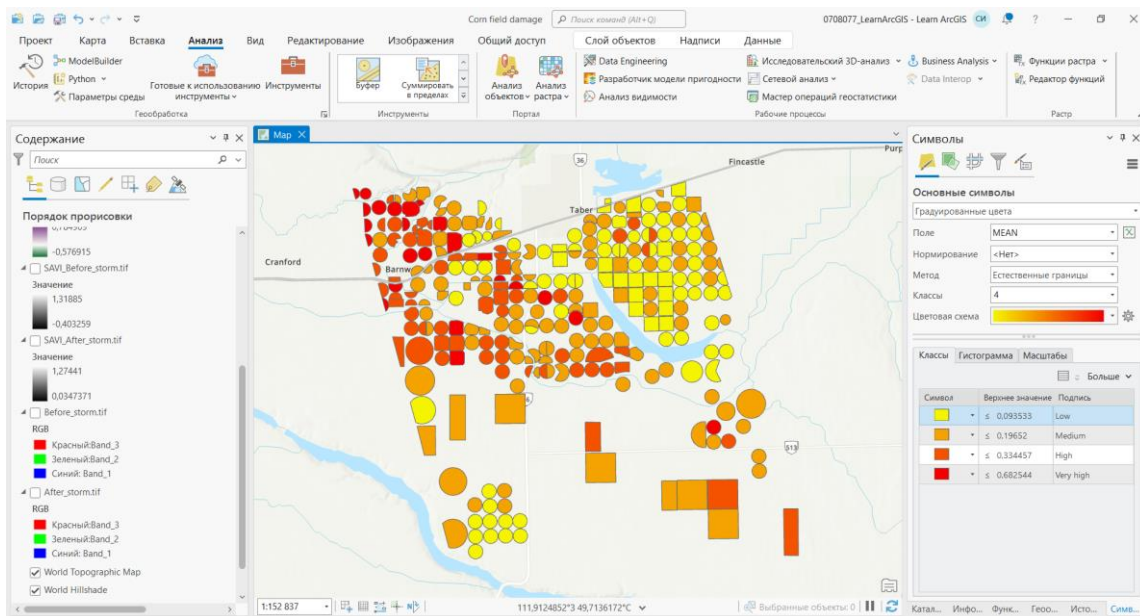


Рисунок 15.12 – Фінальний результат

Висновок. Під час проведення цієї практичної роботи було розглянуто та порівняно два знімки, один з яких був зроблений до шторму, другий – після. За допомогою програмного забезпечення «ArcGIS PRO» було проведено аналіз завданої шкоди та складено градієнтну карту, яка показує, які з полів зазнали найбільших втрат. Але така карта показує лише первинну оцінку втрат внаслідок

шторму, проте вона може використовуватися як основа для подальших, більш детальних, інспекцій на місцевості.

Самостійна робота

У рамках виконання самостійної роботи необхідно вивчити питання **«Збір та доступ до супутникових знімків»**:

1. Системи супутникового спостереження:

– вивчення систем, таких як «Sentinel, MODIS», та їхньої ролі у зборі знімків;

2. Онлайн-платформи та сервіси для збору даних:

– ознайомлення з онлайн-платформами, які надають доступ до супутникових знімків (Google Earth Engine, NASA Worldview тощо).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА ТЕМОЮ 16 РОЗВ’ЯЗАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАДАЧ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНДЕКСУ SAVI

Мета: оволодіти методами та технологіями аналізу та обробки зображень, отриманих із супутників, щодо обчислення непроникних поверхонь за спектральними знімками.

Прилади й приналежності: додаток ArcGIS Pro, допоміжні матеріали з сайту Esri (Learn ArcGIS): <https://learn.arcgis.com/en/projects/calculate-impervious-surfaces-from-spectral-imagery/>.

Хід роботи

Завантаження та відкриття проєкту.

Завантажуємо файл «Surface_Imperviousness.zip» та розпаковуємо його (рис. 16.1).

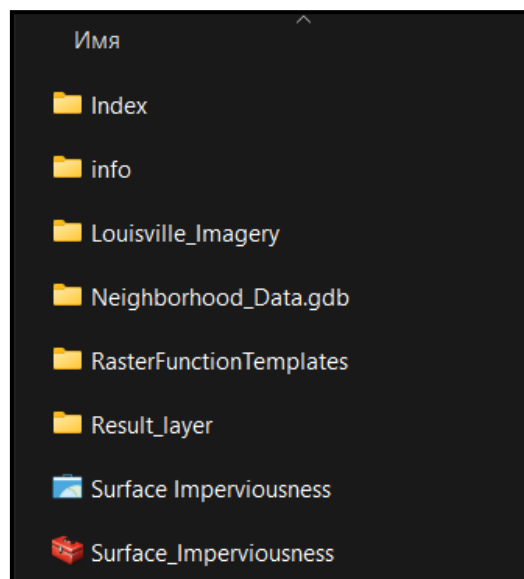


Рисунок 16.1 – Вміст розпакованої папки

Папка містить кілька вкладених папок, файл проєкту «ArcGIS Pro» (.aprx< а і=4>) та набір інструментів «ArcGIS» (.tbx). Двічі клацніть на «Surface Imperviousness» щоб відкрити файл проєкту (рис. 16.2).

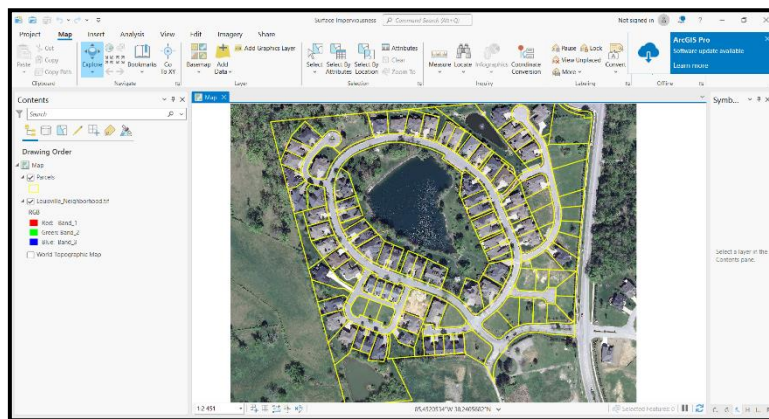


Рисунок 16.2 – Відкритий файл у програмі

Проект містить карту району біля міста Луїсвілл (штат Кентуккі, США). Карта містить 4-канальний знімок «Louisville_Neighborhood.tif» 6-дюймової роздільної здатності та шар «Parcels» – клас просторових об'єктів земельних ділянок. Знімок «Louisville_Neighborhood.tif» наданий U. S. National Agriculture Imagery Program (NAIP).

Вилучення спектральних знімків.

На мультиспектральному знімку околиць Луїсвілла в цей момент використовується поєднання каналів «природні кольори», що відображають знімок так, як бачить людське око. Потрібно змінити комбінацію каналів, щоб краще відрізнити міські об'єкти (бетон) від природних об'єктів (рослинність). Можна змінити комбінацію каналів, клацнувши правою кнопкою на каналах на панелі «Зміст», але в наступних частинах робочого процесу потрібно буде використовувати зображення, що складаються лише з трьох каналів.

На панелі «Зміст» клацаємо на шарі «Louisville_Neighborhood.tif», щоб виділити його.

На стрічці клацаємо на вкладці «Зображення». У групі «Аналіз» клацаємо на «Функції растру». З'явиться панель «Функції растру».

На панелі «Функції растру» знаходимо функцію «Вилучити канали».

На вкладці «Параметри» в опції «Растр» вказуємо зображення «Louisville_Neighborhood.tif». Підтверджуємо, що параметр «Метод» встановлено на ID каналів.

В опції «Комбінація» видаляємо вказаний текст і вводимо 4 1 3 (з пробілами). Підтверджуємо, що параметр «Дія» за відсутності каналу встановлена на «Найкращий збіг.< /span>» (рис. 16.3).

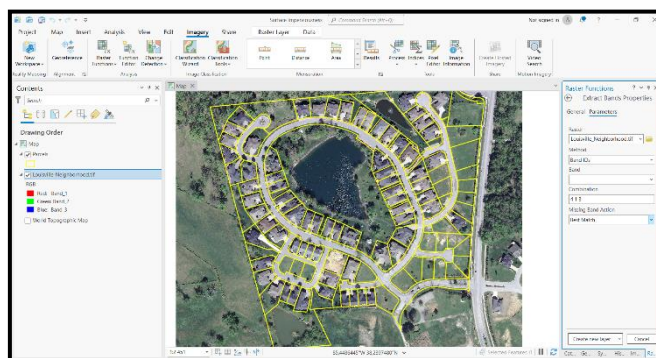


Рисунок 16.3 – Встановлення потрібних параметрів

Клацаємо на вкладці «Загальні», а для «Назви» введіть «< /span>.Louisville Neighborhood» з видобутими каналами.

Клацаємо на «Створити новий шар». Новий шар створено (рис. 16.4).

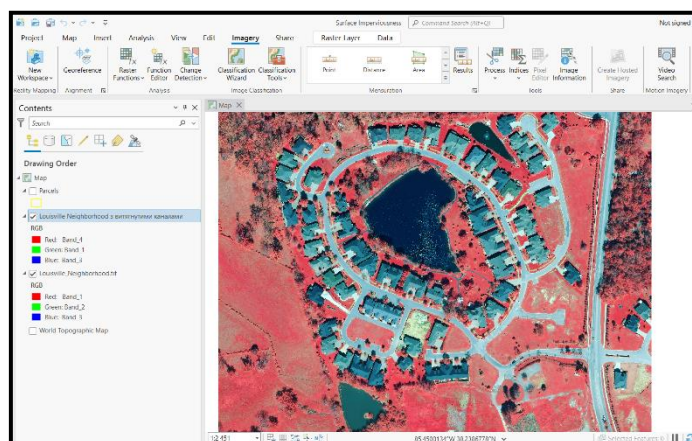


Рисунок 16.4 – Новий створений шар

На панелі «Зміст» клацаємо правою кнопкою на «Louisville Neighborhood Extracted Bands_Louisville_Neighborhood.tif», натискаємо на «Властивості», а для «Імені» вводимо «Louisville Neighborhood» з витягнутими каналами, натискаємо «ОК».

Шар «Louisville Neighborhood» із витягнутими каналами становить зображення з обраною комбінацією каналів (4 1 3). Рослинність показана червоним, дороги сірим, а дахи – відтінками сірого чи блакитного. Виділивши різницю між природними і створеними людиною поверхнями, нам легше буде їх класифікувати.

Налаштування майстра класифікації.

На панелі «Зміст» переконаємося, що обраний шар «Louisville Neighborhood».

На вкладці «Зображення стрічки» в групі «Класифікація зображень» клацаємо на «Майстер класифікації». З'явиться панель «Майстри класифікації зображень».

Переконаємося, що «Метод класифікації» встановлений на «Навчання» та «Тип класифікації» – «На основі об'єкта» (рис. 16.5).

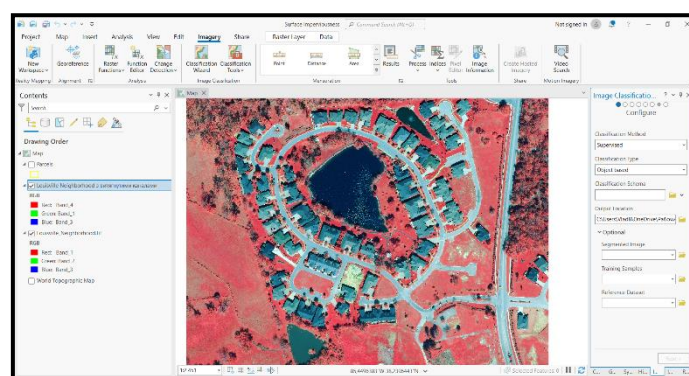


Рисунок 16.5 – Перевірка налаштувань

Для встановлення «Схема класифікації» клацаємо на стрілці спадного меню та обираємо «Використовувати стандартну схему <». Переконаємося, що «Вихідне розташування» встановлено на «Neighborhood_Data.gdb». Клацаємо на «Далі».

На наступній сторінці «Майстри класифікації зображень» налаштовується сегментація.

Сегментація зображення.

Перший параметр – «Спектральний елемент». Він встановлює рівень важливості для спектральних відмінностей між пікселями за шкалою від 1 до 20. Вищі значення означають, що пікселі повинні бути схожими один на одного, щоб потрапити в одну групу; в результаті отримують більшу кількість сегментів. Найменше значення створює менше сегментів. Оскільки важливими є відмінності проникних і непроникних поверхонь (що, в цілому, є дуже різними спектральними сигнатурами), можна використовувати менше значення.

У параметрі «Спектральний елемент» змінюємо запропоноване за замовчуванням значення на 8. У параметрі «Просторовий елемент» замінюємо запропоноване за замовчуванням значення на 2.

Наступний параметр – «Мінімальний розмір сегмента в пікселях». На відміну від інших параметрів, у цього немає шкали від 1 до 20.

Останній параметр – «Тільки межі сегмента» визначає, чи сегменти відображаються чорними межами контуру. Це корисно, щоб відрізнити прилеглі сегменти зі схожими кольорами, але дрібні сегменти буває складно розглядати. Деякі об'єкти на зображенні (наприклад, будинки та доріжки) досить дрібні, тому краще не помічати цей параметр.

Перевіряємо, чи опцію «Тільки межі сегмента» не відзначено. Клацаємо на «Далі» (рис. 16.6).

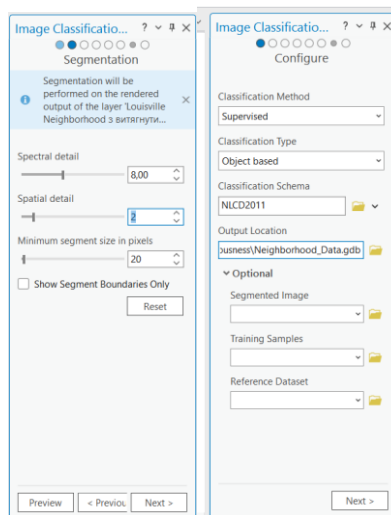


Рисунок 16.6 – Налаштування в «Майстрі налаштувань»

Попередній результат сегментації додано на карту (рис. 16.7). Він також додається на панель «Зміст» з ім'ям «Preview_Segmented».

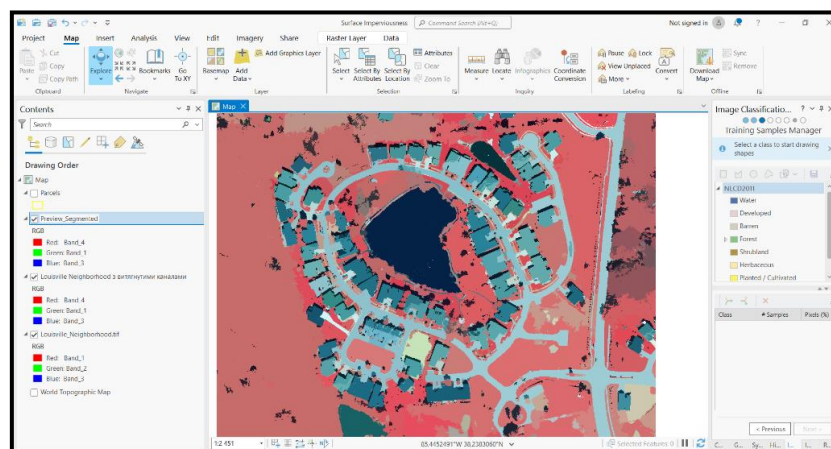


Рисунок 16.7 – Попередній результат сегментації на карті

На панелі «Зміст» клацаємо правою кнопкою миші на «Preview_Segmented» і обираємо «Наблизити до шару», щоб повернутися до повного екстенту.

Зберігаємо проєкт.

Створення навчальних прикладів.

На панелі «Майстер класифікації зображень» клацаємо правою кнопкою на кожному з класів за замовчуванням та обираємо «Видалити клас» (рис. 8.20). Для кожного класу натискаємо на «Так» у вікні «Видалити клас».

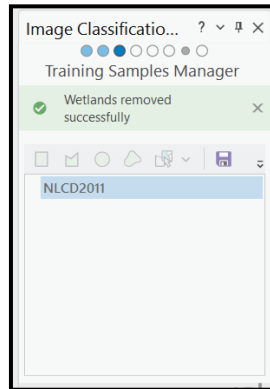


Рисунок 16.8 – Пусте вікно класів

Клацаємо правою кнопкою на NLCD2011 і обираємо «Додати новий клас».

У вікні «Додати новий клас» у полі «Ім'я» вводимо «Impervious». У полі «Значення» вводимо 20, а для «Кольори» обираємо «Сірий 30 %». Натискаємо «ОК» (рис. 16.9).

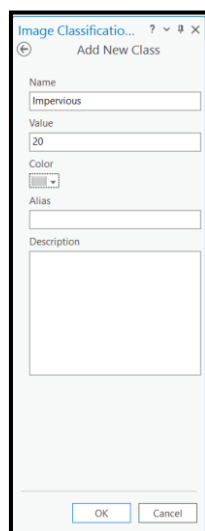


Рисунок 16.9 – Створення нового шару «Impervious»

Знову клацаємо правою кнопкою на NLCD2011 і обираємо «Додати новий клас». Додаємо клас «Pervious» зі значенням 40 та кольором «Quetzal Green». Натискаємо «ОК» (рис. 16.10).

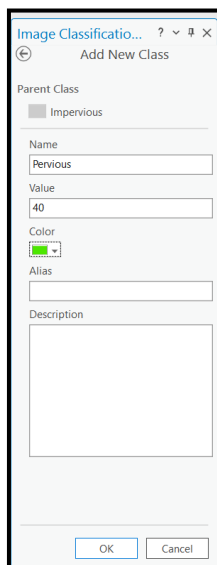


Рисунок 16.10 – Створення нового шару «Pervious»

Клацаємо правою кнопкою на батьківському класі «Impervious» і обираємо «Додати новий клас». Додаємо клас «Gray Roofs» зі значенням 21 і кольором «Сірий 50 %». Натискаємо «ОК» (рис. 16.11).

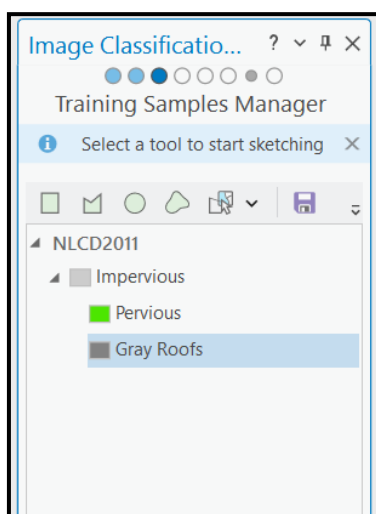
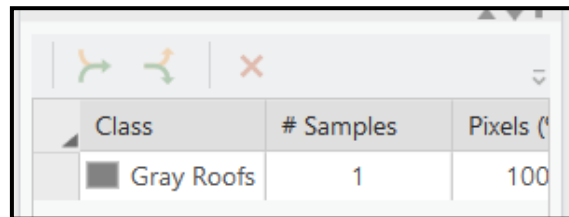


Рисунок 16.11 – Створені шари

Клацаємо на класі «Gray Roofs», щоб виділити його. Потім натискаємо кнопку «Полігон». Наближаємося до глухого кута на північному заході мікрорайону. Окреслюємо прямокутник, обвівши дах на північ від глухого кута. Двічі клацаємо, щоб завершити малювання. Постараймося, щоб у прямокутник потрапили лише пікселі, що становлять дах.

У «Майстрі» з'явиться запис нової навчальної вибірки (рис. 16.12).

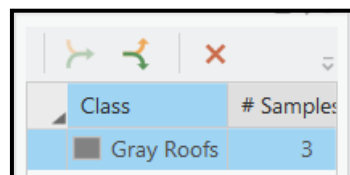


Class	# Samples	Pixels (%)
Gray Roofs	1	100

Рисунок 16.12 – Нова вибірка в «Майстрі»

Намалюємо кілька прямокутників на сусідніх будівлях.

Вибираємо всі створені об'єкти, над списком вибірок натискаємо кнопку «Згорнути» (рис. 16.13).



Class	# Samples
Gray Roofs	3

Рисунок 16.13 – Згорнуті об'єкти

Клацаємо правою кнопкою миші на «Impervious» і обираємо «Додати новий клас», щоб створити два додаткові підкласу «Impervious» на основі таблиці, наведеної нижче (табл. 16.1, рис. 16.14).

Таблиця 16.1 – Параметри для створенні підкласів

Підклас	Значення	Колір
Roads	22	Cordovan Brown
Driveways	23	Nubuck Tan

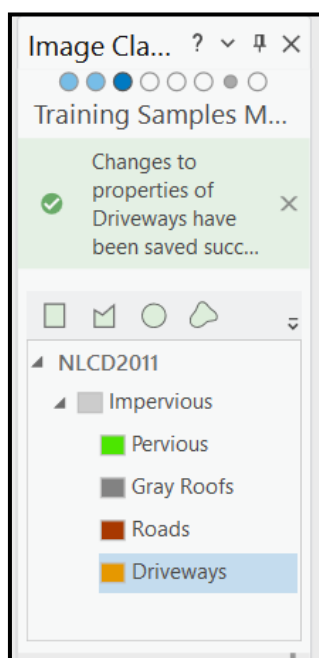


Рисунок 16.14 – Створені шари

Клацаємо правою кнопкою «Pervious» і обираємо «Додати новий клас», щоб створити чотири підкласи для «Pervious» на основі наступної таблиці (рис. 16.15, табл. 16.2).

Таблиця 16.2 – Параметри для створення підкласів

Підклас	Значення	Колір
Bare Earth	41	Жовтий
Grass	42	Medium Apple
Дерева	43	Зелений
Вода	44	Синій
Тіні	45	Sahara Sand

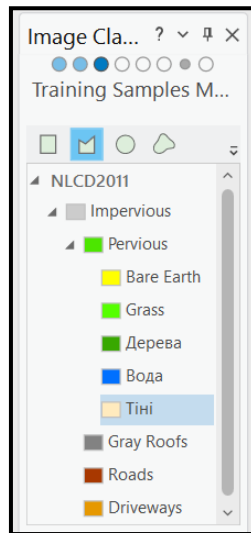


Рисунок 16.15 – Створені підкласи шару «Pervious»

Намалюємо близько шести навчальних вибірок для кожного типу землекористування по всьому знімку (рис. 16.16). Збережемо створені вибірки. У вікні «Майстра» натискаємо «Далі».

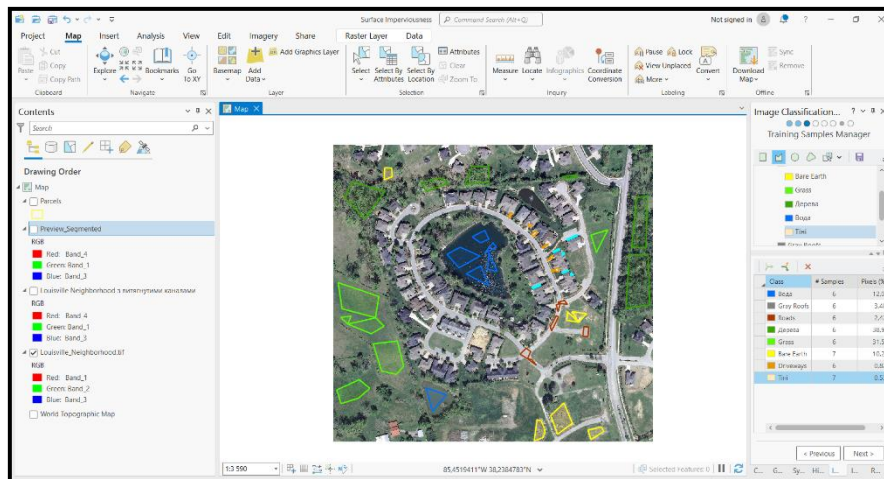


Рисунок 16.16 – Створення навчальних вибірок

Класифікація зображень.

На панелі «Майстер» класифікації зображень на сторінці «Навчання» «Класифікатор» заданий, як «Support Vector Machine». Для «Максимального числа зразків» у класі вводимо на 0. Клацаємо на «Запустити» (рис. 16.17).

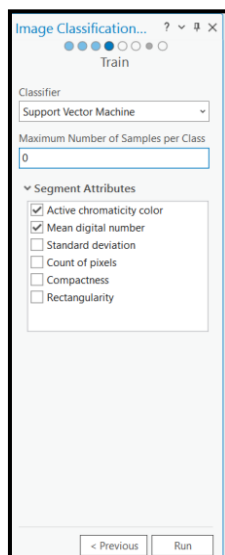


Рисунок 16.17 – Встановлення останніх налаштувань



Рисунок 16.18 – Результат обробки зображень

Якщо результати класифікації нас влаштовують, натискаємо «Далі» (рис. 16.19). Наступна сторінка – це сторінка «Класифікувати». У полі «Вихідний класифікований набір даних» змінюємо ім'я вихідних даних на «Classified_Louisville.tif». Залишаємо інші параметри без змін і натискаємо «Запустити». Клацаємо «Далі».

Для кожного класу в стовпці «Новий клас» вибираємо або «Pervious», або «Impervious» (рис. 16.20).

Class	# Samples	Pixels (%)
Gray Roofs	6	11.08
Roads	6	9.22
Driveways	6	2.28
Bare Earth	6	5.71
Grass	7	32.54
Trees	6	19.15
Water	6	18.07
Shadows	6	1.96

Рисунок 16.19 – Встановлення вибірки

Коли створення навчальних вибірок буде завершено, то нагорі панелі «Менеджер» навчальних вибірок натискаємо кнопку «Зберегти». Клацаємо «Далі».

Класифікація зображень.

На панелі «Майстер класифікації зображень» на сторінці «Навчання» для максимального числа зразків у класі вводимо 0.

Клацаємо на «Запустити». Натискаємо «Далі».

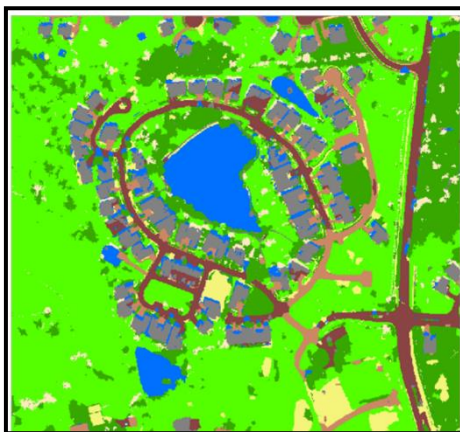


Рисунок 16.20 – Результат класифікації

Наступна сторінка – це сторінка «Класифікувати». У полі «Вихідний класифікований набір даних» змінюємо ім'я вихідних даних на «Classified_Louisville.tif». Залишаємо інші параметри без змін і натискаємо «Запустити». Клацаємо «Далі» (рис. 16.21).

Для кожного класу в стовпці «Новий клас» обираємо або «Pervious», або «Impervious» (рис. 16.22). Клацаємо «Далі».

Old Class	New Class
Gray Roofs	Impervious
Roads	Impervious
Driveways	Impervious
Bare Earth	Pervious
Grass	Pervious
Water	Pervious
Shadows	Pervious

Рисунок 16.21 – Встановлення параметрів

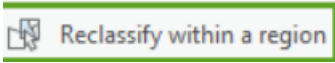
Помилки перекласифікації.

На панелі «Зміст» відключаємо всі шари, крім «Preview_Reclass» та «Louisville_Neighborhood.tif». Натискаємо шар «Preview_Reclass», щоб вибрати його.

Клацаємо на стрічці вкладку «Растровий шар». У групі «Порівняти» клацаємо на «Сховати». Перетягуємо курсор по карті, щоб візуально порівняти попередні зображення та вихідне (рис. 16.22).



Рисунок 16.22 – Порівняння зображень

Наближаємо картку до ділянок голої землі. У «Майстрі» клацаємо «Перекласифікувати» всередині регіону .

У розділі «Класи перекодування» переконаємося, що для «Поточний клас» вибрано «Будь-який». Як новий клас, обираємо «Previous».

Намалюємо полігон навколо ділянок голої землі. Переконаємося, що у полігон не потрапили ніякі непроникні поверхні. Ділянки голої землі автоматично рекласифікуються як проникна поверхня. Зберігаємо проєкт.

Обчислення водонепроникних областей поверхні. Внесення площ до таблиці.

На стрічці клацаємо вкладку «Аналіз» та в групі «Геообробка» натискаємо «Інструменти». Відкриється панель «Геообробка». На панелі «Геообробка» відкриваємо інструмент «Таблиця площ». В опції «Вхідні растрові або векторні дані зон» вказуємо шар «Parcels». Переконаємося, що параметр «Zone field» заповнений полем «Parcel ID». В опції «Вхідні растрові або векторні дані»

вказуємо шар «Louisville_Impervious». Для «Поля класу» обираємо «Class_name». Для «Вихідна таблиця» клацаємо на текстовому полі, перевіряємо, щоб вихідне розташування було в базі геоданих «Neighborhood_Data.Impervious_Area» та змінюємо вихідне ім'я. Клацаємо на «Запустити» (рис. 16.23).

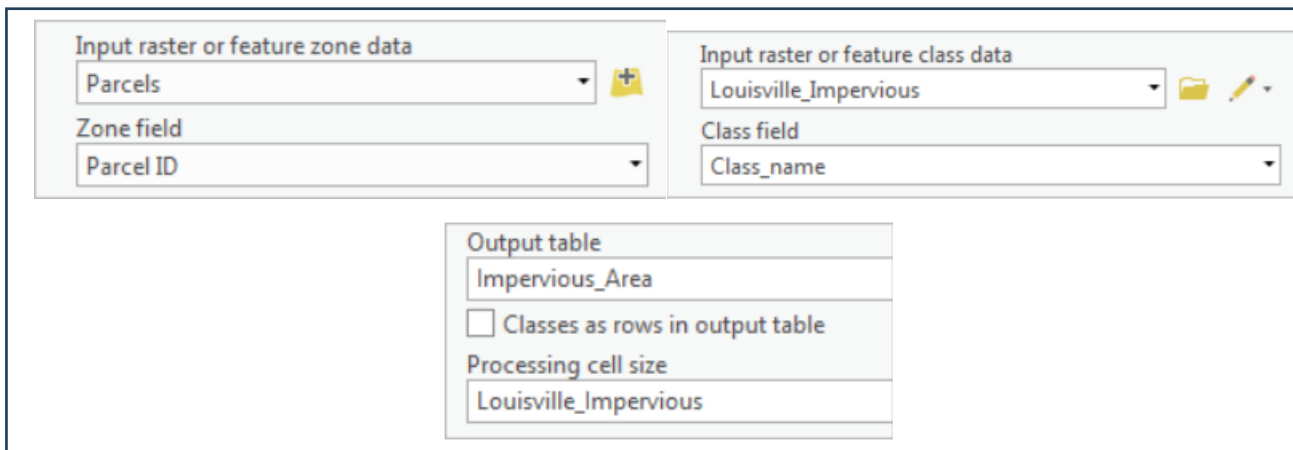


Рисунок 16.23 – Встановлення налаштувань

Інструмент запуситься, а таблиця буде додана на панель «Зміст» до розділу «Автономні таблиці». На панелі «Зміст» у розділі «Автономні таблиці» клацаємо правою кнопкою на таблиці «Impervious_Area» та клацаємо на «Відкрити» (рис. 16.24).

Impervious_Area				
Field: Add Calculate Selection: Select By Attr				
	OBJECTID *	PARCEL_ID	IMPERVIOUS	PERVIOUS
1	1	348900850000	3284.5	2267.5
2	2	348900860000	3728.5	1821.25
3	3	348900870000	4165.75	2514.25
4	4	369801650000	759.75	1795.5
5	5	369801090000	0	5198.5

Рисунок 16.24 – Автономна таблиця

У таблиці є стандартне поле «ObjectID» і ще три поля. Перше поле «Parcel_ID» взято з шару «Parcels» і містить унікальні ідентифікатори кожної земельної ділянки. Два наступні поля класів з растрового шару «Louisville_Impervious». Поле «Impervious» показує площу (у футах) непроникних поверхонь для кожної ділянки, а поле «Pervious» – площі водопроникних поверхонь.

Клацаємо правою кнопкою на шарі «Parcels» і переходимо до «Зв'язки та з'єднання», а потім вибираємо «Додати з'єднання». У вікні «Додати з'єднання» вказуємо необхідні значення (рис. 16.25).

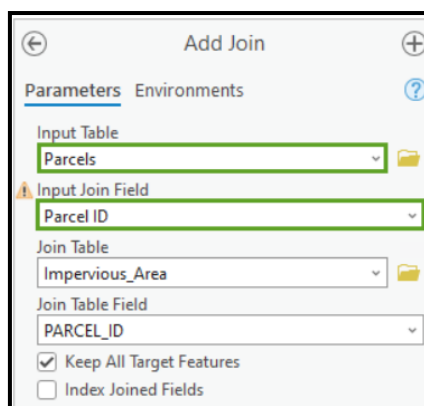


Рисунок 16.25 – Встановлення параметрів

Очищення таблиці атрибутів шару «Parcels».

У таблиці атрибутів шару «Parcel» клацаємо на кнопці опцій та обираємо «Вигляд полів».

У стовпці «Псевдонім» змінюємо псевдонім поля «IMPERVIOUS» на «< /span>». «Pervious Area (Feet)» та «PERVIOUS». Змінюємо псевдонім поля «Impervious Area (Feet)» (рис. 16.26). На стрічці на вкладці «Поля» у групі «Змінити» клацаємо «Зберегти».

☒	☐	Impervious_Area.IMPERVIOUS	Impervious Area (Feet)
☒	☐	Impervious_Area.PERVIOUS	Pervious Area (Feet)

Рисунок 16.26 – Встановлення параметрів

Встановлення символів шару «Parcel».

На панелі «Зміст» переконаємося, що включені шари зображень «Parcels» та «Louisville_Neighborhood.tif», а всі інші шари відключені (рис. 16.27).

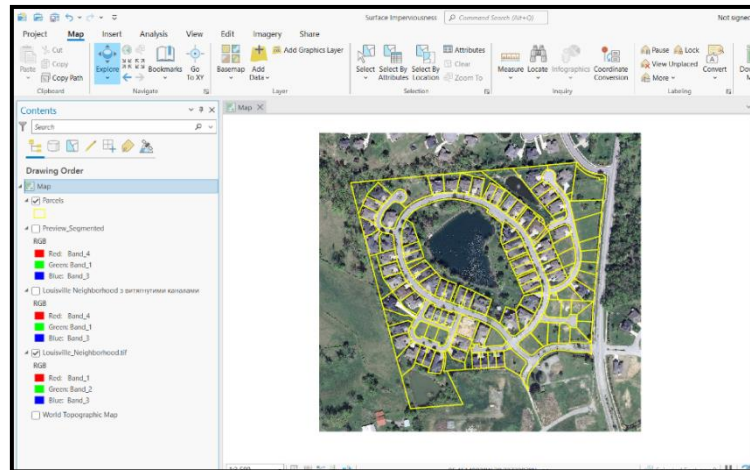


Рисунок 16.27 – Потрібні шари

Обираємо шар «Parcels». На стрічці на вкладці «Векторний шар» у групі «Відображення» вибираємо «Символи». Відкривається панель символів. На панелі «Символи» у розділі «Основні символи» обираємо «Градуйовані кольори». В опції «Поле таблиця» виберіть «Impervious Area (Feet)». Змінюємо «Класи» на 7, а «Жовто-червону» на «Колірну» схему (рис. 16.28).

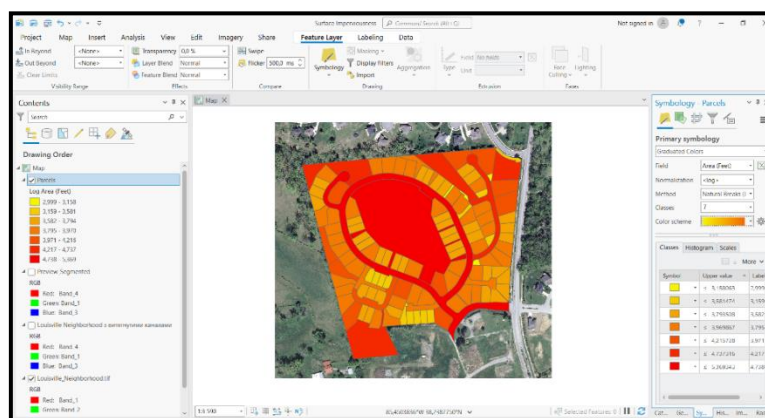


Рисунок 16.28 – Результат

Висновки. На цьому практичному занятті було класифіковано аерофотознімок, щоб показати райони, які були проникними і непроникними для води. Потім була виконана оцінка точності класифікації та визначено площу непроникних поверхонь на земельну ділянку.

ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «СТВОРЕННЯ МОНІТОРИНГОВОЇ ГІС ОБ'ЄКТІВ ТЕРИТОРІЇ»

Мета: набути навичок роботи із програмами щодо обробки даних дистанційного зондування, сканувальних систем та продуктів ГІС.

У розрахунково-графічній роботі виконується розробка наборів геопросторових даних за матеріалами дистанційного дослідження території, вирішуються дослідницькі, моніторингові та управлінські завдання.

Для виконання РГР використовуємо дані з платформи Learn.Arcgis. Виберіть одну з тем, які ще не були розглянуті на попередніх заняттях, за посиланням: <https://learn.arcgis.com/ru/gallery/#?c=imagery&e=beginner>.

Орієнтовна структура РГР

1. Титульний аркуш.
2. Зміст.
3. Вступ.
4. Основна частина.
5. Висновки.
6. Використана література.

У вступі розглядається питання необхідності моніторингових досліджень з використанням даних ДЗЗ взагалі та в контексті вибраної теми. Наприклад, коротко описуються сфери застосування моніторингу і окремо розглядається моніторинг лісових угідь (якщо тема пов'язана з цим питанням) та мета, особливості його проведення, способи проведення і т. д. Розглядаються програмні засоби, за допомогою яких можна проводити моніторинг, а також ті програми, які використовуються безпосередньо у роботі.

В основній частині розглядається обраний практичний приклад із Learn.Arcgis з ілюстрацією проміжних результатів та описом процесу. Вказується, який район обрано для дослідження, які об'єкти досліджуються, мета дослідження і т. д. Виконується короткий аналіз отриманих результатів.

У висновках до РГР коротко описується поставлена мета, проведені практичні дослідження та отримані результати.

РГР умовно розбита на три частини щодо змісту, але назви розділів, підрозділів студенти визначають самостійно залежно від теми досліджуваного об'єкта. Приблизний обсяг РГР становить 20–25 сторінок (але може бути менше або більше) виходячи з того, що тема повинна бути розкрита.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про Загальнодержавну (Національну) космічну програму України на 2003–2007 роки [Електрон. ресурс] : Закон України від 01.01.2003 № 203-IV. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/203-15#Text>, вільний (дата звернення: 17.03.2025). – Назва з екрана.
2. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 237 с.
3. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем / В. Д. Шипулін ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.
4. Шипулін В. Д. Планування і управління ГІС-проектами : навч. посіб. / В. Д. Шипулін, Е. І. Кучеренко ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 158 с.
5. Козаченко Т. І. Інтеграція функцій картографічного моделювання і ГІС-аналізу в геоінформаційних системах при суспільно-географічних дослідженнях / Т. І. Козаченко // Укр. геогр. журн. – 2004. – № 3. – С. 99–108.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять,
виконання розрахунково-графічної
та самостійної робіт
із навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ В ДОСЛІДЖЕННІ ТЕРИТОРІЙ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності
193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладачі: **НЕСТЕРЕНКО** Сергій Григорович,
АФАНАСЬЄВ Олександр Валерійович

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *О. В. Афанасьєв*

План 2025, поз. 51М

Підп. до друку 20.03.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 7.4.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.