

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**  
**Факультет агротехнологій та екології**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. геоєкології і землеустрою

доцент \_\_\_\_\_ Максим ГАНЧУК

“\_19\_” січня 2026 р.

***Пояснювальна записка***  
**до дипломної роботи здобувача СВО Магістр**  
**(ступінь вищої освіти)**

на тему: **«Використання даних ДЗЗ для моніторингу земельних ресурсів**  
**Вендичанської селищної громади Вінницької області»**

25 ГЗ Д 003 000000 ПЗ

Виконав: здобувачка ВО 2М курсу, групи 21 МБГЗ  
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій  
за ОПП Геодезія та землеустрій  
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Андрій КАПКАНЕЦЬ  
(підпис) (П.І.П)

Керівник, професор \_\_\_\_\_ Віктор СИДОРЕНКО  
(підпис) (П.І.П)

Консультант, доцент \_\_\_\_\_ Михайло ЗОРЯ  
(підпис) (П.І.П.)

Нормоконтроль, доцент \_\_\_\_\_ Вікторія СКИБА  
(підпис) (П.І.П)

Запоріжжя - 2026 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет факультет агротехнологій та екології  
Кафедра геоекології і землеустрою

Ступінь вищої освіти Магістр  
Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ГЕЗ

к.с.-г.н., доцент Максим ГАНЧУК

« 10 » січня 2026 р

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

студенту Капканець Андрій Олександрович

1. Тема роботи **Використання даних ДЗЗ для моніторингу земельних ресурсів Вендичанської селищної громади Вінницької області**

керівник роботи д.т.н., професор Сидоренко Віктор Дмитрович

Затверджені наказом Ректора університету від «31» жовтня 2025 р. № 585/3-С

Строк подання студентом роботи «30» січня 2026 р.

Вихідні дані до роботи дані відділу статистики, держгеокадастру; дані ГІС та ДЗЗ.

Перелік питань, які потрібно розробити: теоретико-методологічні основи застосування дистанційних засобів зондування Землі; основи отримання земельно-кадастрової інформації за результатами ДЗЗ; Моніторинг земельних ресурсів Вендичанської СТГ засобами дистанційного зондування Землі.

## Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв
Розділ 4 Охорона праці в галузі	Михайло ЗОРЯ, к.т.н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки	15.10.2025	15.10.2025

Дата видачі завдання

15.10.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Теоретико-методологічні основи застосування дистанційних засобів зондування Землі	вересень	Виконано
Розділ 2. Основи отримання земельно-кадастрової інформації за результатами ДЗЗ	жовтень	Виконано
Розділ 3. Моніторинг земельних ресурсів Вендичанської СТГ засобами дистанційного зондування Землі	жовтень	Виконано
Розділ 4. Охорона праці в галузі	січень	Виконано
Висновки	січень	Виконано

Студентка \_\_\_\_\_, А.О. Капканець  
( підпис ) ( ініціали та прізвище )

Керівник роботи В.Д. Сидоренко  
( підпис ) ( ініціали та прізвище )

## АНОТАЦІЯ

Капканець А.О. Використання даних ДЗЗ для моніторингу земельних ресурсів Вендичанської селищної громади Вінницької області. Магістерська робота. Кафедра геоєкології і землеустрою. Запоріжжя, ТДАТУ ім. Д. Моторного, 2026. С. 61

Текст викладений на 60 сторінках, містить 4 розділи, 11 рисунків, 2 таблиці, 26 літературних джерел.

### **Актуальність теми дослідження**

Раціональне використання та ефективне управління земельними ресурсами є одним із ключових чинників сталого розвитку територіальних громад, забезпечення продовольчої безпеки та збереження природного середовища. В умовах інтенсивного сільськогосподарського освоєння територій, зростання антропогенного навантаження та кліматичних змін особливої актуальності набуває оперативний і достовірний моніторинг стану земель. Традиційні методи наземних обстежень часто потребують значних витрат часу та ресурсів і не забезпечують достатньої просторово-часової деталізації, що обмежує їх ефективність для комплексної оцінки земельного фонду.

Сучасні технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) відкривають широкі можливості для систематичного спостереження за земельними ресурсами на різних рівнях – від локального до глобального. Супутникові дані забезпечують регулярне отримання об'єктивної інформації про структуру землекористування, стан рослинного покриву, динаміку змін сільськогосподарських угідь, процеси деградації ґрунтів, ерозійні явища та інші екологічно важливі показники. Використання мультиспектральних знімків у поєднанні з геоінформаційними системами дозволяє здійснювати просторовий аналіз, виявляти зміни у землекористуванні, оцінювати ефективність використання земель і приймати обґрунтовані управлінські рішення.

**Мета роботи:** дослідження основних можливостей використання даних супутникового зондування при проведенні моніторингу землекористування.

**Ключові слова:** землекористування, ОТГ, супутникові знімки, ДЗЗ, ГІС, NDVI.

## Зміст

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ .....	9
1.1 Фізичні основи дистанційного знімання .....	9
1.2. Технічне забезпечення дистанційного знімання .....	15
1.3. Властивості й класифікація аерокосмічних зображень .....	18
РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЗЗ .....	22
2.1. Земельні ресурси як об'єкт дистанційного зондування .....	22
2.2. Основні програми з інтерпретації дистанційної інформації .....	24
2.3. Основи розпізнавання об'єктів на цифровому знімку .....	30
РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ВЕНДИЧАНСЬКОЇ СТГ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ .....	36
3.1. Загальна характеристика Вендичанської територіальної громади .....	36
3.2. Особливості отримання та підготовки до автоматизованого дешифрування даних ДЗЗ для території Вендичанської СОТГ .....	39
3.3. Алгоритм автоматизованого дешифрування земельного фонду Вендичанської громади та оцінка результатів його роботи .....	47
3.4. Сучасний стан і тенденції розвитку техніки і технологій ДЗ .....	50
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ .....	53
ВИСНОВКИ .....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	59

## ВСТУП

Раціональне використання та ефективне управління земельними ресурсами є одним із ключових чинників сталого розвитку територіальних громад, забезпечення продовольчої безпеки та збереження природного середовища. В умовах інтенсивного сільськогосподарського освоєння територій, зростання антропогенного навантаження та кліматичних змін особливої актуальності набуває оперативний і достовірний моніторинг стану земель. Традиційні методи наземних обстежень часто потребують значних витрат часу та ресурсів і не забезпечують достатньої просторово-часової деталізації, що обмежує їх ефективність для комплексної оцінки земельного фонду.

Сучасні технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) відкривають широкі можливості для систематичного спостереження за земельними ресурсами на різних рівнях – від локального до глобального. Супутникові дані забезпечують регулярне отримання об'єктивної інформації про структуру землекористування, стан рослинного покриву, динаміку змін сільськогосподарських угідь, процеси деградації ґрунтів, ерозійні явища та інші екологічно важливі показники. Використання мультиспектральних знімків у поєднанні з геоінформаційними системами дозволяє здійснювати просторовий аналіз, виявляти зміни у землекористуванні, оцінювати ефективність використання земель і приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Особливо актуальним є застосування даних ДЗЗ на рівні територіальних громад, зокрема в межах Вендичанської селищної громади Вінницької області, де земельні ресурси становлять основу економічного розвитку та формування місцевого бюджету. Оперативний моніторинг земель дозволяє виявляти нераціональне використання угідь, контролювати стан сільськогосподарських культур, оцінювати екологічний стан території та забезпечувати ефективне планування землекористування.

Таким чином, використання даних дистанційного зондування Землі є важливим інструментом для підвищення ефективності моніторингу земельних ресурсів, забезпечення їх раціонального використання та підтримки сталого розвитку територіальних громад. У цьому контексті дослідження можливостей застосування супутникових даних для моніторингу земельних ресурсів Вендичанської селищної громади є актуальним і має важливе наукове та практичне значення.

Метою роботи є дослідження основних можливостей використання даних супутникового зондування при проведенні моніторингу землекористування.

Виходячи із мети в роботі поставлені такі завдання:

розкрити сутнісні риси земельних ресурсів, як об'єкта управління;

ознайомитись із основними теоретико-методичними засадами дистанційного зондування;

виокремити найоптимальніші програмні продукти фотограмметричного спрямування;

виявити особливості геопросторового розподілу основних категорій земель на території Вендичанської СТГ, використовуючи дані ДЗ.

Об'єктом дослідження виступають земельні ресурси Вендичанської СТГ Вінницької області, які знайшли своє відображення на супутникових зображеннях.

Предметом дослідження виступають особливості використання даних дистанційного зондування в цілях землеустрою.

Методологічною основою дослідження є комплексний підхід, що поєднує методи дистанційного зондування Землі, геоінформаційного аналізу, картографування та просторово-статистичної обробки даних для оцінки стану та використання земельних ресурсів у межах Вендичанської селищної громади Вінницької області.

У процесі дослідження застосовано такі методи: Метод дистанційного зондування Землі; Метод попередньої обробки супутникових знімків;

Геоінформаційний метод; Метод класифікації земного покриву; Метод індексного аналізу; Картографічний метод; Порівняльно-аналітичний метод.

Застосування зазначених методів у комплексі забезпечило отримання достовірної та актуальної інформації про стан і використання земельних ресурсів досліджуваної території, а також створило основу для ефективного моніторингу та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

# РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

## 1.1 Фізичні основи дистанційного знімання

Переміщення інформації у просторі здійснюється завдяки потокам речовини та енергії. Навколишній світ пронизаний різноманітними хвильовими процесами, що відрізняються своїми фізичними характеристиками, зокрема гравітаційними, механічними, сейсмічними, акустичними, речовинними та електромагнітними хвилями. Кожен із цих типів хвиль переносить відомості про джерела свого виникнення, властивості об'єктів, з якими вони взаємодіють, а також про зміни, що відбуваються під час їх поширення від джерела до приймача. Для отримання цієї інформації необхідно мати відповідні засоби реєстрації та інтерпретації хвильових сигналів, що дозволяють їх фіксувати та аналізувати.

Природні процеси генерації хвиль супроводжують розвиток Усесвіту на всіх етапах його існування. Вони формують основу взаємозв'язків між об'єктами різних масштабів, забезпечують функціонування природних систем і є важливим чинником їх еволюції. Розвиток Землі, як і живих організмів, також супроводжується безперервними потоками хвильової енергії. Зокрема, світлове випромінювання відіграє ключову роль у життєдіяльності біологічних систем: організми, що мають органи зору, використовують світло для орієнтації, а рослини — для здійснення фотосинтезу. Крім того, як живі, так і неживі об'єкти здатні вступати у фотохімічні взаємодії. До них належать різноманітні матеріали та речовини, такі як фоторезисти, вода, органічні сполуки ґрунту, фотополімери, фотоплівки, а також поверхні, що поглинають сонячну енергію та перетворюють її на теплову. Це, у свою чергу, спричиняє розвиток теплових процесів, включаючи випромінювання, нагрівання, випаровування, вивітрювання та циркуляцію енергії у природному середовищі.

Основним джерелом електромагнітного випромінювання в межах Сонячної системи є Сонце, яке генерує широкий спектр електромагнітних хвиль

різної довжини. Ці хвилі поширюються у всіх напрямках, і частина з них досягає Землі, взаємодіючи з її атмосферою та поверхнею. У процесі проходження через атмосферні шари електромагнітні хвилі частково поглинаються, розсіюються або відбиваються, змінюючи свої характеристики. Досягнувши поверхні, вони передають свою енергію природним і антропогенним об'єктам, активізуючи фізичні та хімічні процеси і формуючи нові джерела вторинного випромінювання. Характер цього випромінювання визначається властивостями відповідних об'єктів і змінюється залежно від їх стану та умов навколишнього середовища, що дозволяє отримувати інформацію про їх характеристики та відмінності.

Крім сонячного випромінювання, Земля також є самостійним джерелом електромагнітних хвиль. Випромінювання формують різні компоненти її поверхні та атмосфери, які мають власні радіаційні властивості. До додаткових джерел належать штучні випромінювачі, створені людиною, зокрема генератори електромагнітних хвиль, що використовуються у радіозв'язку, радіолокації, тепловізійних системах, а також джерела рентгенівського, гамма- та радіовипромінювання. Електромагнітні хвилі виникають унаслідок змін електричних струмів у часі або руху заряджених частинок із прискоренням, що супроводжується випромінюванням енергії у навколишній простір.

Отже, Земля та всі об'єкти, що її оточують, включаючи космічні тіла, постійно випромінюють електромагнітні хвилі різної інтенсивності та спектрального складу. Людина перебуває у середовищі, насиченому цими хвильовими сигналами, проте значна їх частина не сприймається безпосередньо органами чуття. Тому для їх реєстрації та аналізу використовуються спеціальні технічні засоби, які дозволяють розширити можливості спостереження і дослідження природних процесів як на Землі, так і в космічному просторі.

Використання хвиль для дистанційного дослідження навколишнього середовища має тривалу історію. Ще з моменту появи людини як біологічного виду світлові хвилі використовувалися для спостереження за віддаленими

об'єктами. З розвитком авіації з'явилася можливість здійснювати дистанційні дослідження земної поверхні з повітря, а з початком космічної ери — і з космічного простору. Це стало можливим завдяки розвитку технічних засобів, здатних реєструвати та аналізувати електромагнітне випромінювання.

Таким чином, фізичною основою дистанційного зондування Землі є електромагнітні хвилі, які виконують функцію носія інформації. Саме завдяки їх властивостям забезпечується можливість отримання даних про об'єкти та процеси без безпосереднього контакту з ними.

Сонячне випромінювання охоплює широкий безперервний спектр електромагнітних хвиль, однак атмосфера Землі пропускає лише певну його частину, переважно в діапазоні від 0,3 мкм до кількох десятків метрів. Найбільшу енергетичну складову мають хвилі з довжиною від 0,3 до 3 мкм, які включають ультрафіолетове, видиме та ближнє інфрачервоне випромінювання. Інтенсивність випромінювання за межами атмосфери є відносно стабільною величиною і відома як сонячна стала.

Атмосфера відіграє важливу роль у трансформації сонячної радіації. У верхніх шарах, зокрема в термосфері, відбувається поглинання найбільш енергетичних компонентів випромінювання, таких як гамма- та короткохвильове ультрафіолетове випромінювання. У стратосфері, де зосереджений озоновий шар, додатково поглинається частина ультрафіолетового випромінювання, що є небезпечним для живих організмів. У нижніх шарах атмосфери, зокрема в тропосфері, відбувається розсіювання та часткове поглинання сонячної радіації, що залежить від довжини шляху променя через атмосферу, кута падіння сонячних променів, а також вмісту водяної пари, пилу та інших аерозолів.

Освітленість земної поверхні формується під впливом трьох основних складових: прямої сонячної радіації, розсіяного випромінювання атмосфери та випромінювання, відбитого від поверхні Землі та навколишніх об'єктів. Сумарна освітленість визначається сумою прямої та розсіяної радіації, тоді як співвідношення між падаючим і відбитим випромінюванням характеризується

показником альbedo, який відображає здатність поверхні відбивати електромагнітну енергію. Поверхні зі світлим покривом, такі як сніг або хмари, мають високі значення альbedo і відбивають значну частину падаючої енергії.

Під час взаємодії електромагнітного випромінювання з об'єктами земної поверхні частина енергії відбивається, частина поглинається, інша розсіюється всередині середовища або проходить крізь нього. Співвідношення цих процесів визначається фізичними та хімічними властивостями об'єктів і є основою їх спектральних характеристик. Саме аналіз відбитого випромінювання дозволяє дистанційними методами визначати властивості об'єктів, їх стан і відмінності між різними типами поверхонь. Ці властивості використовуються для створення алгоритмів обробки супутникових зображень і отримання достовірної інформації про природні та антропогенні об'єкти.



Рис. 1 Проходження ЕМХ через атмосферу Землі

Оптичні властивості природних і штучних об'єктів не є сталими, вони змінюються в часі під впливом різних факторів. Такі зміни можуть відбуватися як упродовж тривалих періодів, так і протягом коротких інтервалів — сезонів,

місяців, діб, годин або навіть хвилин. Їх варіативність зумовлена впливом численних природних процесів і явищ. Наприклад, спектральні характеристики гірських порід після випадання опадів або дії пилових бур істотно відрізняються від їх стану у сухих умовах; відбивна здатність трав'яного покриву, вкритого рососою, суттєво відрізняється від сухої рослинності; атмосферні явища, такі як вітер або дощ, змінюють температурний режим поверхні та відповідно впливають на інтенсивність її теплового випромінювання. Подібним чином листяні ліси демонструють різні оптичні характеристики залежно від пори року, а утворення або танення снігового покриву істотно змінює відбивні властивості земної поверхні.

До основних показників, що характеризують оптичні властивості поверхні Землі, належать такі параметри: коефіцієнт спектральної яскравості, який формує спектральний образ об'єкта; інтегральна та спектральна яскравість; контраст яскравості між об'єктами та їх фоном; а також індикатриса відбиття, що відображає просторовий розподіл відбитого випромінювання залежно від напрямку спостереження.

Інтегральна яскравість є одним із ключових параметрів, що визначають оптичні характеристики об'єктів у дистанційному зондуванні Землі. Вона характеризується сумарною інтенсивністю електромагнітного випромінювання, відбитого поверхнею об'єкта у певному напрямку, найчастіше перпендикулярно до його поверхні, з урахуванням усього спектрального діапазону випромінювання. Цей показник дозволяє оцінити загальну відбивну здатність об'єкта та є важливим для аналізу супутникових і аерознімків.

За еталон порівняння прийнято ідеалізовану поверхню, яка є абсолютно білою, ахроматичною та повністю матовою. Така поверхня рівномірно відбиває падаюче світло у всіх напрямках і має однакову яскравість незалежно від положення спостерігача. Для цієї умовної поверхні коефіцієнт яскравості приймається рівним одиниці, що використовується як базове значення для оцінки оптичних характеристик інших об'єктів.

Таблиця 1 Коефіцієнти яскравості деяких об'єктів

Назви об'єктів	Коефіцієнт яскравості	Довжина хвиль, мкм
Сніговий покрив	0,80–0,09	0,25–0,90
Льодовий покрив на ріках і озерах	0,30–0,35	0,4–1,3
Водна поверхня	0,15–0,01	0,4–0,9
Болота мохові	0,05–0,15	0,5–1,3
Пісок сухий	0,14–0,46	0,4–1,0
Чорнозем зораний мокрий	0,02–0,06	0,4–0,6
Чорнозем зораний сухий	0,02	0,4–0,8
Ліс хвойний	0,63–0,46	0,4–1,0
Ліс листяний улітку	0,04–0,68	0,4–1,0
Ліс листяний узимку	0,05–0,11	0,4–0,9
Луки зелені	0,03–0,55	0,4–0,9
Луки пожовклі	0,04–0,67	0,4–0,9
Дорога ґрунтова суха	0,12–0,31	0,4–0,9
Дорога ґрунтова мокра	0,03–0,07	0,4–0,6
Шосе сухе	0,08–0,22	0,3–0,9
Шосе мокре	0,05–0,07	0,3–0,6
Цегла червона	0,07–0,76	0,4–0,9
Вапняк світлий	0,35–0,40	0,6–0,9
Жито зріле	0,07–0,71	0,4–0,8
Степ цілинний	0,03–0,26	0,4–0,8

Індикатриса відбиття світлового випромінювання. Більшість природних поверхонь характеризуються анізотропністю відбиття, тобто відбивають падаюче випромінювання з різною інтенсивністю залежно від напрямку. Унаслідок цього їх яскравість у певному напрямку може перевищувати або, навпаки, бути меншою порівняно з еталонною ідеальною дифузною поверхнею. Сукупність значень коефіцієнта яскравості, визначених для різних напрямків спостереження, зазвичай подають у графічній формі як радіально-полярну діаграму, яку називають індикатрисою відбиття. Характер цієї діаграми залежить від фізичних особливостей поверхні об'єкта, зокрема її структури, ступеня нерівності, наявності рослинного покриву, мікрорельєфу та інших елементів, що формують тіньові ефекти і впливають на розподіл відбитого випромінювання.

Розсіювання випромінювання. Електромагнітні хвилі, проходячи крізь атмосферу, взаємодіють із її компонентами, внаслідок чого відбувається їх

розсіювання. Цей процес зумовлений наявністю молекул газів, аерозольних частинок, пилу, а також неоднорідностей атмосфери, спричинених турбулентними рухами повітряних мас. У результаті розсіювання змінюється напрямок поширення частини випромінювання, що впливає на його інтенсивність і характеристики, які реєструються сенсорами дистанційного зондування.

Поглинання випромінювання. Під час проходження через атмосферу частина електромагнітної енергії поглинається її складовими компонентами. Основну роль у цьому процесі відіграють гази атмосфери, водяна пара та аерозолі, які здатні поглинати енергію випромінювання та перетворювати її в інші форми, зокрема теплову. Інтенсивність поглинання залежить від довжини хвилі випромінювання та концентрації поглинаючих речовин, причому вплив аерозольних частинок може значно перевищувати внесок молекулярного поглинання.

Прозорість атмосфери. Зменшення інтенсивності електромагнітного випромінювання під час його проходження через атмосферу обумовлене одночасною дією двох основних процесів — розсіювання та поглинання. Ці явища відбуваються паралельно та незалежно, визначаючи загальний рівень прозорості атмосфери. Саме ступінь прозорості атмосфери впливає на кількість випромінювання, що досягає земної поверхні або сенсорів дистанційного зондування, і є важливим чинником для забезпечення точності отриманих даних.

## **1.2. Технічне забезпечення дистанційного знімання**

Знімальні системи можна класифікувати за різними ознаками залежно від їх конструктивних особливостей, функціонального призначення та принципів роботи. Зокрема, аерокосмічні знімальні системи поділяються на повітряні та космічні, пасивні й активні, такі, що функціонують в оптичному або радіодіапазоні, а також на фотографічні та нефотографічні. Крім того, їх

розрізняють за кількістю спектральних каналів на однозональні та багатозональні, за оперативністю отримання інформації — на оперативні та неоперативні, а також за принципом формування зображення — на кадрові та сканерні системи.

Під час створення великомасштабних топографічних планів і карт найчастіше застосовують зображення, отримані за допомогою кадрових цифрових камер, які забезпечують високу геометричну точність і деталізацію. Водночас класифікація знімальних систем може здійснюватися і за іншими критеріями, що враховують їх технічні параметри, конструкцію та функціональні можливості.

Фотографічний спосіб реєстрації електромагнітного випромінювання є одним із основних методів отримання зображень земної поверхні з літальних апаратів. Розуміння характеристик фотоматеріалів, а також принципів формування та точності відтворення зображень цифровими сенсорами, дозволяє підвищити ефективність процесу знімання та подальшого використання отриманих матеріалів.

До основних переваг фотографічного методу належать висока відповідність кольорових характеристик зображення реальним яскравісним властивостям об'єктів, можливість отримання аналогової моделі поверхні у вигляді двовимірного розподілу яскравості, стабільність характеристик фотосенсорів, що забезпечує високу якість знімків, а також достатня вивченість фотографічного процесу. Крім того, вартість отримання фотографічних зображень є відносно невисокою, а просторове розрізнення — достатньо високим. Разом з тим для подальшої комп'ютерної обробки фотографічних матеріалів необхідне їх попереднє введення у цифровий формат із застосуванням спеціальних технологій.

Серед сучасних зразків аерофотознімальної техніки слід відзначити топографічні аерофотоапарати, оснащені супутниковими навігаційними системами, які забезпечують високу точність визначення положення та

орієнтації під час знімання. Формування зображення залежить від багатьох чинників, серед яких умови проведення зйомки, технічні характеристики сенсора, параметри освітлення об'єкта та особливості обробки отриманих даних. Реальне зображення формується під впливом цих факторів, тоді як ідеальним вважається зображення, отримане без геометричних і радіометричних спотворень, відповідно до заданих геометричних закономірностей.

Фізичні чинники можуть спричиняти як систематичні, так і випадкові геометричні спотворення. Систематичні похибки, зокрема викликані оптичними недосконаlostями об'єктива або особливостями сенсора, можуть бути визначені та враховані під час фотограмметричної обробки. Натомість випадкові спотворення важче піддаються кількісному визначенню, тому для їх мінімізації створюють оптимальні умови проведення знімання. Сукупний вплив цих чинників може призводити до порушення геометричних умов формування зображення, тому їх врахування є важливою складовою фотограмметричного аналізу.

З огляду на значну різноманітність платформ для розміщення знімальної апаратури, космічні апарати також підлягають класифікації за різними критеріями. Насамперед їх поділяють за призначенням на науково-дослідні, прикладні, транспортні, комунікаційні та сервісні. Штучні супутники Землі можуть виконувати дослідницькі або технічні функції, включаючи дистанційне зондування, метеорологічні спостереження, навігацію, зв'язок і передачу даних.

За кількістю виконуваних функцій космічні апарати поділяють на спеціалізовані та багатоцільові. Спеціалізовані апарати призначені для виконання конкретного завдання, що дозволяє оптимізувати їх конструкцію і підвищити ефективність роботи. Багатоцільові апарати здатні виконувати декілька функцій одночасно, включаючи наукові дослідження, транспортування вантажів, стикування на орбіті та інші операції.

Класифікація космічних апаратів також здійснюється за висотою орбіти. Виділяють низькоорбітальні апарати, які функціонують на висотах приблизно

100–400 км, середньоорбітальні — на висотах від 400 до 1500 км, та високоорбітальні, що працюють на значно більших висотах. Низькі орбіти характерні для пілотованих кораблів і більшості супутників дистанційного зондування, тоді як на високих орбітах розташовуються геостаціонарні супутники.

За масою космічні апарати поділяються на надлегкі, легкі, середні, важкі та надважкі, хоча ці категорії є умовними і можуть змінюватися з розвитком технологій. Також їх класифікують за наявністю екіпажу на автоматичні, обслуговувані та постійно населені. Автоматичні апарати функціонують без участі людини, тоді як пілотовані кораблі та орбітальні станції передбачають присутність екіпажу.

Окрім цього, космічні апарати поділяються за способом використання на одноразові та багаторазові, за можливістю маневрування, способом орієнтації у просторі, траєкторією польоту та способом повернення на Землю. Серед основних носіїв знімальної апаратури виділяють штучні супутники Землі, пілотовані космічні кораблі, а також орбітальні станції та космічні комплекси, які забезпечують отримання інформації про земну поверхню та космічний простір.

### **1.3. Властивості й класифікація аерокосмічних зображень**

Аерокосмічні зображення є основним результатом аерофотознімання, яке здійснюється із використанням різних авіаційних і космічних платформ. У разі фотографічного способу знімання оригіналом вважається фотознімок, тоді як для сканерних систем первинним продуктом є «сирий» цифровий файл, що містить зафіксоване зображення без попередньої обробки та корекції. Аерокосмічні знімки як інформаційні моделі території характеризуються рядом властивостей, зокрема візуальними, радіометричними та геометричними. Візуальні характеристики визначають здатність зображення передавати дрібні деталі, тональні переходи та контраст об'єктів. Радіометричні властивості

відображають точність реєстрації яскравісних характеристик поверхні, а геометричні — забезпечують можливість визначення розмірів, форми, площі об'єктів і їх взаємного просторового розташування.

Аерокосмічні зображення характеризуються кількома видами роздільної здатності: просторовою, спектральною, радіометричною та часовою. Найчастіше під роздільною здатністю мають на увазі саме просторову роздільну здатність, яка визначає мінімальні розміри об'єктів, що можуть бути ідентифіковані на знімку. Залежно від поставлених завдань використовують дані з низькою (понад 100 м), середньою (10–100 м) і високою (менше 10 м) просторовою роздільною здатністю.

Знімки з низькою просторовою роздільною здатністю дозволяють охоплювати значні території за один цикл знімання, включаючи великі регіони або навіть півкулі, тому вони широко застосовуються у метеорології, моніторингу пожеж і великих природних катастроф. Дані середньої роздільної здатності є одним із основних джерел інформації для екологічних досліджень і аналізу стану навколишнього середовища. Супутникові системи такого класу експлуатуються багатьма країнами світу та забезпечують регулярність і безперервність спостережень. Знімання з високою просторовою роздільною здатністю раніше використовувалося переважно у військових цілях і для топографічного картографування, проте нині доступні комерційні сенсори високої деталізації, які дозволяють виконувати точний просторовий аналіз і уточнювати результати, отримані за допомогою даних нижчої роздільної здатності.

Спектральна роздільна здатність визначає здатність сенсора реєструвати електромагнітне випромінювання в різних діапазонах спектра. У дистанційному зондуванні Землі використовуються хвилі видимого, інфрачервоного та радіодіапазонів, що відрізняються особливостями взаємодії із земною поверхнею. Найбільш поширеним є використання видимого та ближнього інфрачервоного діапазонів, у яких відбите сонячне випромінювання містить

інформацію про фізико-хімічні властивості об'єктів. Подібно до того, як людське око розрізняє кольори, сенсори дистанційного зондування фіксують спектральні характеристики поверхні, причому сучасні прилади здатні реєструвати десятки і навіть сотні спектральних каналів, що значно підвищує точність ідентифікації об'єктів. Наприклад, ближній інфрачервоний діапазон є особливо інформативним для оцінки стану рослинності та визначення її біофізичних характеристик.

Оптичне знімання може здійснюватися у панхроматичному режимі, який охоплює широкий спектральний діапазон і забезпечує високу просторову деталізацію, або у мультиспектральному режимі, коли реєстрація проводиться у кількох вузьких спектральних каналах. Панхроматичні знімки зазвичай мають вищу просторову роздільну здатність і використовуються для картографування та уточнення меж об'єктів, тоді як мультиспектральні дані забезпечують ширші можливості для тематичного аналізу.

Теплове інфрачервоне випромінювання містить інформацію про температурні характеристики поверхні. Теплові знімки дозволяють визначати температурні аномалії, виявляти підземні об'єкти, такі як трубопроводи або водні потоки, а також здійснювати моніторинг пожеж, вулканічної активності та інших природних процесів. Оскільки теплове випромінювання є власним випромінюванням об'єктів, знімання може виконуватися незалежно від освітлення Сонцем.

Радіолокаційні системи використовують сантиметровий діапазон радіохвиль і мають суттєву перевагу — можливість виконання знімання незалежно від погодних умов і часу доби. Радіохвилі здатні проникати крізь хмарний покрив і частково в поверхневий шар ґрунту, що дозволяє отримувати інформацію про структуру поверхні, її вологість і текстуру, а також виявляти різні об'єкти, включаючи інженерні споруди та забруднення водних поверхонь.

Радіометрична роздільна здатність визначає кількість рівнів яскравості, які може зафіксувати сенсор. Більшість сучасних систем мають радіометричну

роздільну здатність 8–12 біт, що дозволяє точно передавати контраст і виявляти деталі як у світлих, так і в темних ділянках зображення. Висока радіометрична роздільна здатність є особливо важливою для аналізу водних об'єктів, рослинності та територій із різною освітленістю.

Часова роздільна здатність характеризує періодичність повторного знімання тієї самої території. Це важливий параметр для моніторингу динамічних процесів, таких як стихійні лиха, зміни рослинного покриву або урбанізація. Більшість супутників здійснюють повторне знімання через кілька днів, а деякі системи забезпечують значно коротший інтервал, що дозволяє виконувати оперативний моніторинг.

Масштаб аерокосмічних зображень може змінюватися у дуже широких межах — від великомасштабних аерофотознімків до дрібномасштабних космічних зображень. Аерофотознімки зазвичай мають масштаб у межах 1:10 000 – 1:50 000, тоді як космічні знімки можуть охоплювати значно більші території. Залежно від способу реєстрації, зображення поділяються на аналогові та цифрові. Цифрові знімки складаються з окремих елементів — пікселів, кожен із яких характеризується певним значенням яскравості. Первинні зображення, отримані безпосередньо під час знімання, можуть піддаватися подальшій обробці, у результаті чого створюються похідні продукти, які використовуються для аналізу, картографування та моніторингу територій.

## **РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЗЗ**

### **2.1. Земельні ресурси як об'єкт дистанційного зондування**

Основною метою земельних реформ в Україні є забезпечення раціонального використання та належної охорони земель як одного з найважливіших природних ресурсів держави. Це передбачає створення економічних, правових, організаційно-технологічних та інших передумов для відтворення і підвищення родючості ґрунтів, збереження лісових, сільськогосподарських та інших категорій земель, покращення стану довкілля, а також сприяння сталому розвитку сільських і міських територій.

Земельні ресурси виступають не лише просторовою та природною основою розселення населення, але й складним соціально-економічним об'єктом управління. Сучасні тенденції розвитку світової економіки свідчать про необхідність ефективного управління земельними ресурсами в умовах регульованої ринкової економіки. Таке управління має забезпечувати дотримання вимог земельного та цивільного законодавства одночасно із збереженням економічної самостійності суб'єктів землекористування.

До основних характеристик земельних ресурсів держави, окрім їх загальної площі, належать рівень освоєння території, щільність населення та наявність природно-ресурсного потенціалу. Україна є однією з найбільших держав Європи за площею земельного фонду, який станом на 1 січня 2021 року становив 603 548 км<sup>2</sup> у межах адміністративних кордонів. Незважаючи на те, що територія країни займає лише близько 0,4 % суходолу планети, а чисельність населення становить приблизно 0,8 % світового населення, у її надрах зосереджено близько 6 % світового мінерально-сировинного потенціалу, що свідчить про значну природно-ресурсну цінність земель.

Відповідно до чинної класифікації, земельний фонд України поділяється на такі основні категорії: землі сільськогосподарського призначення, житлової та громадської забудови, природно-заповідного та природоохоронного

призначення, оздоровчого, рекреаційного, історико-культурного призначення, землі лісового та водного фондів, а також землі промисловості, транспорту, енергетики, оборони та іншого функціонального використання. Кожна категорія визначає загальне цільове призначення земельних ділянок, однак фактичне їх використання може бути різноманітним. Наприклад, землі сільськогосподарського призначення можуть використовуватися як для товарного виробництва сільськогосподарської продукції, так і для ведення особистого селянського господарства, садівництва, городництва, сінокосіння чи випасання худоби.

У більшості економічно розвинених країн ефективне управління земельними ресурсами базується на державному регулюванні земельних відносин, хоча конкретні механізми та правові інструменти можуть суттєво відрізнятися залежно від національних особливостей. В Україні управління земельними ресурсами здійснюється із використанням широкого спектра законодавчих, економічних та організаційних механізмів, спрямованих на забезпечення ефективного та раціонального землекористування.

Оцінювання ефективності управління земельними ресурсами починається з визначення відповідних критеріїв, які відображають ступінь досягнення поставлених цілей. Оскільки управління земельними ресурсами має певною мірою суб'єктивний характер, критерії ефективності можуть варіюватися залежно від інтересів власників і користувачів земель. Важливою умовою є чітке формулювання цілей управління, що дозволяє визначити об'єктивні показники оцінки ефективності, зокрема рівень досягнення запланованих результатів.

Типовими цілями управління земельними ресурсами на державному та місцевому рівнях є забезпечення цільового використання інвестицій, збереження вартості земельних активів та виконання встановлених умов фінансування. Розроблення нормативних показників, планових документів і форм звітності має ґрунтуватися на чітко визначених цілях і кількісних показниках, які дозволяють об'єктивно оцінити ефективність управління земельним фондом.

Важливою умовою оцінювання є формалізація поставлених завдань у кількісній формі, що забезпечує можливість їх порівняння та аналізу. Використання обмеженої кількості найбільш інформативних показників дозволяє визначити рівень ефективності управління земельними ресурсами та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Такий підхід передбачає застосування механізмів оцінювання ефективності використання земель, зокрема визначення бюджетної, економічної та соціальної ефективності. Основним критерієм є ступінь реалізації встановлених завдань і дотримання нормативних вимог. Кожна земельна ділянка аналізується з метою визначення доцільності її подальшого використання та встановлення найбільш ефективного режиму експлуатації.

Бюджетна ефективність діяльності органів, що здійснюють управління земельними ресурсами, визначається як співвідношення доходів, отриманих від використання земель (за винятком пільг і субвенцій), до вартості земельних активів. Водночас соціальна ефективність оцінюється за окремими критеріями, які відображають рівень задоволення суспільних потреб та ефективність використання земель у контексті сталого розвитку територій.

Таким чином, ефективне управління земельними ресурсами ґрунтується на чіткому визначенні цілей, застосуванні кількісних критеріїв оцінювання та використанні сучасних механізмів планування і контролю, що забезпечує раціональне використання земельного фонду та сприяє сталому розвитку держави.

## **2.2. Основні програми з інтерпретації дистанційної інформації**

Програмний засіб для обробки даних дистанційного зондування Землі — це спеціалізоване програмне забезпечення, призначене для отримання, редагування, перетворення, аналізу та класифікації супутникових і аерокосмічних даних. За своїми базовими можливостями такі програми частково

подібні до традиційних графічних редакторів, однак вони мають значно ширший набір спеціалізованих функцій, орієнтованих на роботу із геопросторовою інформацією.

До ключових функціональних можливостей програм обробки даних ДЗЗ належать:

- виконання спектрального аналізу супутникових зображень;
- підтримка різноманітних растрових форматів, зокрема GeoTIFF, JPEG 2000, MrSID, HDF;
- наявність алгоритмів ортокорекції з використанням зовнішніх джерел висотної інформації, таких як GNSS-вимірювання або топографічні карти;
- реалізація методів класифікації із навчанням і без навчання;
- можливість автоматичного виявлення змін на основі аналізу багаточасових знімків.

Зазначені функції частково реалізовані також у багатьох геоінформаційних системах, однак їх можливості в цій сфері зазвичай є обмеженішими порівняно зі спеціалізованим програмним забезпеченням. Наприклад, у програмному комплексі ArcGIS версії 10.8 доступні лише окремі алгоритми класифікації, зокрема метод ISODATA та метод максимальної правдоподібності, тоді як функція повноцінної ортокорекції реалізована лише у розширеній версії ArcGIS Pro. Саме тому до спеціалізованих засобів обробки даних ДЗЗ відносять програмні продукти, які мають широкий спектр інструментів для аналізу супутникових зображень, але при цьому не є універсальними ГІС-системами.

До таких програм належать, зокрема, ENVI, ERDAS IMAGINE та PCI Geomatica, які спеціально розроблені для професійної обробки даних дистанційного зондування.

Програмний продукт ERDAS IMAGINE, створений компанією Intergraph, є одним із найбільш поширених інструментів для аналізу супутникових даних. Його перша версія була представлена ще у 1978 році під назвою ERDAS v.4.

Програма має модульну архітектуру і постачається у трьох основних конфігураціях: Essentials, Advantage та Professional.

Версія Essentials забезпечує базові можливості, включаючи імпорт і експорт даних, візуалізацію зображень (налаштування яскравості, контрасту та кольорової гами), а також їх перепроєктування. Версія Advantage додатково містить інструменти класифікації, ортокорекції, створення мозаїк, паншарпенінгу та обробки радарних і лідарних даних. Найбільш функціональною є версія Professional, яка дозволяє виконувати субпіксельний аналіз, застосовувати експертні системи та здійснювати інтегрований ГІС-аналіз результатів обробки.

Таким чином, залежно від конфігурації ERDAS IMAGINE може використовуватися як для базового перегляду супутникових даних, так і як потужний інструмент комплексного аналізу геопросторової інформації із широкими можливостями тематичної обробки та моделювання.

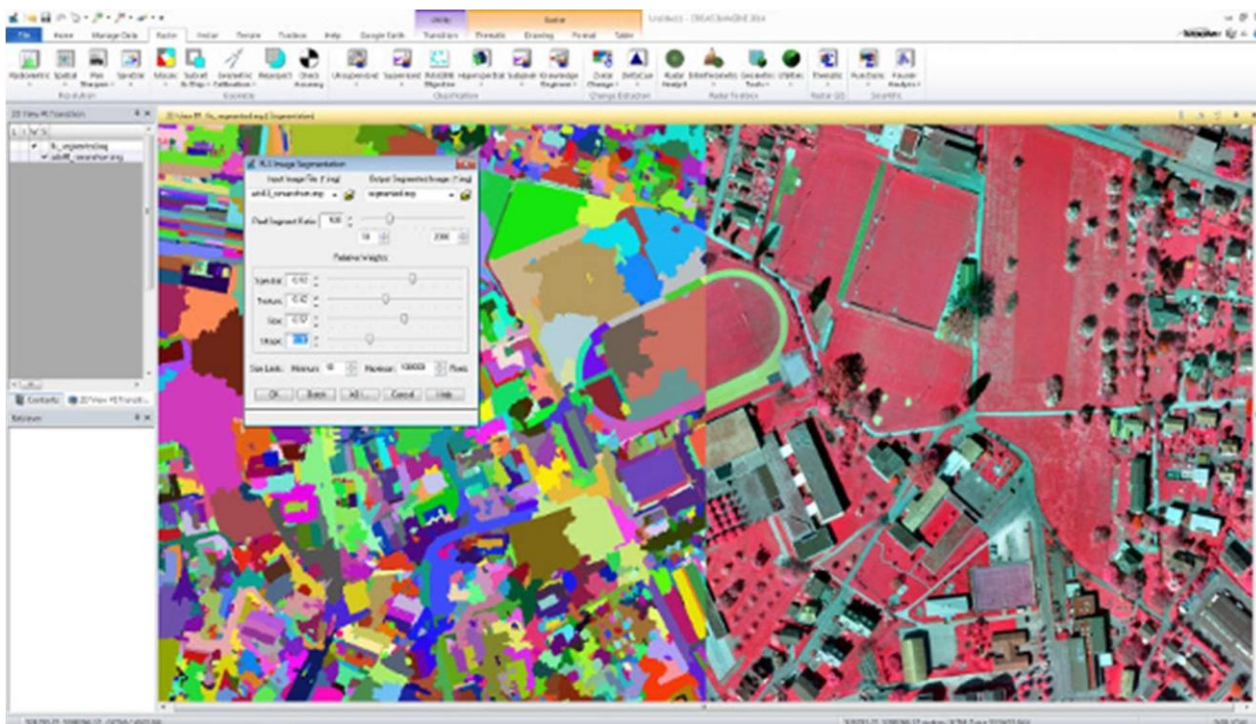


Рис. 2 Інтерфейс додатку ERDAS Imagine

PCI Geomatica є спеціалізованим програмним забезпеченням для обробки даних дистанційного зондування Землі, яке розробляється компанією PCI Geomatics з 1982 року. За своїми функціональними можливостями цей програмний продукт є близьким до ERDAS IMAGINE і також має модульну архітектуру, що дозволяє розширювати його можливості залежно від потреб користувача.

Основний модуль Geomatica Core характеризується ширшим базовим функціоналом порівняно з початковими версіями інших аналогічних програм. Зокрема, він включає інструменти для виконання атмосферної корекції супутникових зображень, а також алгоритми кластерного аналізу. Додаткові модулі забезпечують реалізацію спеціалізованих задач, серед яких створення цифрових моделей рельєфу, класифікація мультиспектральних даних, виконання ортокорекції та обробка аерофотознімків.

PCI Geomatica широко застосовується у навчальному процесі під час підготовки фахівців у сфері дистанційного зондування Землі. Це програмне забезпечення використовується більш ніж у 3000 закладах вищої освіти по всьому світу, зокрема в Université du Québec, University of Calgary, Carleton University, а також у Northeastern University та University of Arkansas. Значна популярність цього програмного продукту в освітньому середовищі пояснюється доступною вартістю академічних ліцензій, яка становить приблизно 120 доларів США за одну ліцензію, тоді як повна комерційна версія оцінюється приблизно у 3000 доларів США.

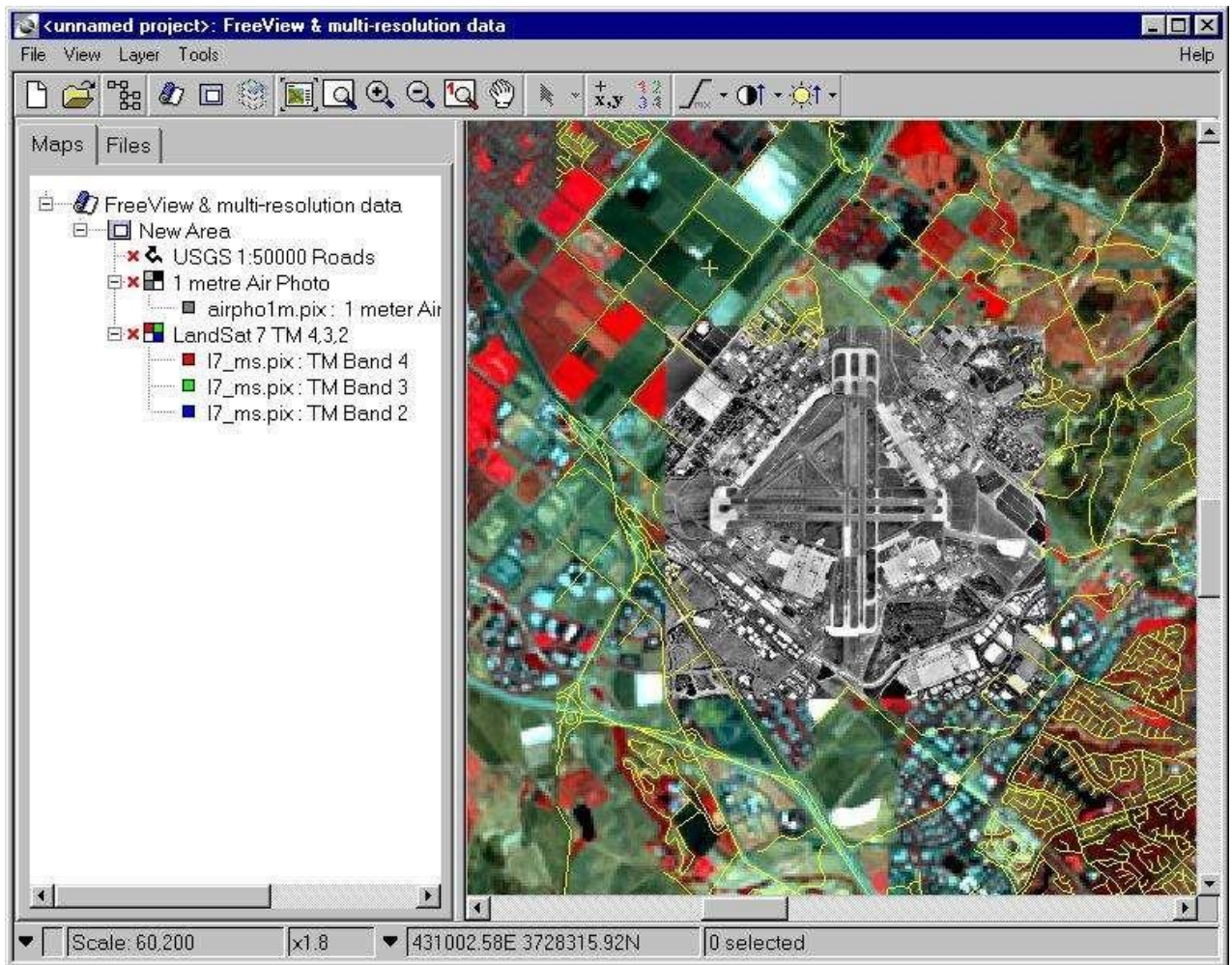


Рис. 3 Інтерфейс додатку PCI Geomatica

ENVI (Environment for Visualizing Images) — це спеціалізоване програмне забезпечення для обробки та аналізу даних дистанційного зондування Землі, створене компанією Exelis VIS у середині 1990-х років. Однією з ключових особливостей ENVI є можливість автоматизації стандартних процедур обробки зображень, а також розробки та впровадження користувацьких алгоритмів, що значно розширює функціональні можливості програми та дозволяє адаптувати її до специфічних дослідницьких завдань.

Функціонал ENVI охоплює широкий спектр операцій із даними дистанційного зондування, включаючи їх візуалізацію, тематичну обробку, геопросторову прив'язку, виконання ортокорекції, створення цифрових моделей рельєфу та застосування різних методів класифікації і кластерного аналізу.

Програмний продукт орієнтований насамперед на обробку растрових даних і забезпечує ефективний інструментарій для їх аналізу.

Розробники підкреслюють, що ENVI є саме спеціалізованим інструментом для обробки даних ДЗЗ, а не повноцінною геоінформаційною системою. У зв'язку з цим можливості виконання комплексного ГІС-аналізу в ньому обмежені. Водночас програма має розвинені функції експорту результатів обробки, що дозволяє легко інтегрувати отримані дані в інші популярні ГІС-платформи для подальшого просторового аналізу та картографування.

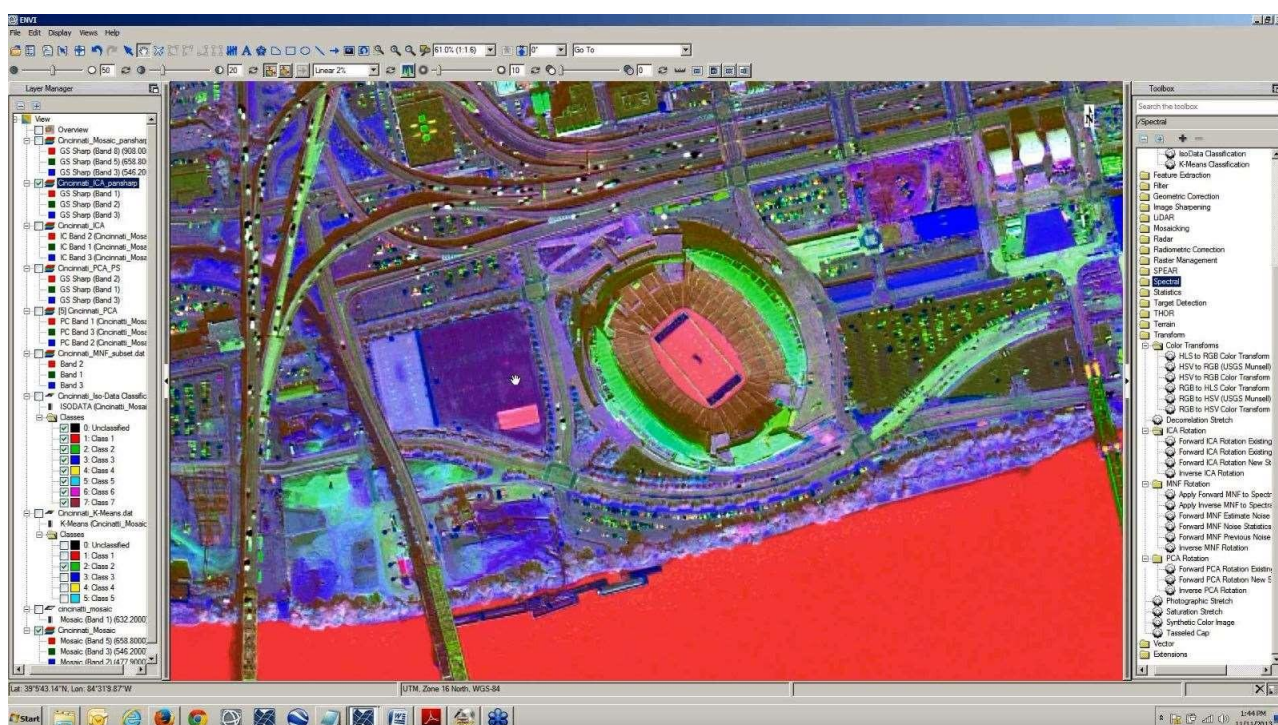


Рис. 4 Інтерфейс Environment for Visualizing Images

На території держав, що входили до складу колишнього СРСР, програмний комплекс ENVI отримав менш широке впровадження у порівнянні з такими системами, як ERDAS IMAGINE та PCI Geomatica. Це зумовлено тим, що ENVI з'явився на ринку пізніше, внаслідок чого тривалий час мав обмежену кількість офіційних представників і постачальників у цьому регіоні.

Водночас упродовж останніх років спостерігається поступове зростання його популярності. Розширюється мережа офіційних дистриб'юторів, а також

збільшується доступність перекладеної технічної документації та навчальних матеріалів, що значно спрощує процес освоєння та використання програмного забезпечення.

Вартість ліцензії на програмний пакет ENVI становить приблизно 9 000 євро у версії з інтегрованою мовою програмування IDL, тоді як варіант без підтримки цієї мови коштує близько 7 000 євро.

### **2.3. Основи розпізнавання об'єктів на цифровому знімку**

Інтерактивні методи дешифрування аерокосмічних зображень базуються на ефективному поєднанні знань та досвіду оператора з можливостями сучасних комп'ютерних технологій. Найпростіший приклад такого підходу – розпізнавання об'єктів безпосередньо на екрані комп'ютера.

Застосування комп'ютерної техніки значно розширює можливості візуального та аналітико-вимірювального дешифрування. Сучасні програмні засоби дозволяють синтезувати багатозональні зображення, працювати з даними різних сенсорів і часових періодів, багаторазово збільшувати окремі елементи знімків (таксаційні виділи або їх частини), усувати візуальні спотворення та виконувати автоматизовані виміри: визначати діаметр і площу крон дерев або їх груп, підраховувати кількість дерев за породами чи категоріями, вимірювати довжину тіней об'єктів на високороздільних аеро- та космічних знімках, а також визначати висоти дерев за поздовжніми паралаксами.

Об'єктами аналізу при інтерактивному дешифруванні є цифрові зображення різного походження: аеро- та космічні фотознімки, багатозональні сканерні зображення, радіолокаційні дані, вимірювання скануючих радіометрів тощо. Можливе комбінування зображень різної роздільної здатності та часу отримання. Важливим є також поєднання цифрових даних ДЗ із картографічними та атрибутивними даними у сучасних ГІС.

На відміну від традиційного аналізу аналогових фотознімків, інтерактивне дешифрування дозволяє редагувати зображення на екрані, оптимізуючи його для

оператора. Застосовуються алгоритми покращення якості та перетворення знімків: корекція контрасту, усунення шумів, зміна кольоропередачі, синтез каналів, застосування просторових фільтрів для виділення чи згладжування елементів. Завдяки масштабуванню оператор може швидко збільшувати чи зменшувати зображення для отримання максимальної інформації.

Контури об'єктів формуються у растровому або векторному вигляді, що дає змогу:

- об'єднувати зображення з різних джерел (різночасові, оптичні, радіодіапазонні, результати автоматичної обробки);
- обробляти перетворені зображення, а не тільки вихідні;
- поєднувати дані із будь-якими іншими просторово-зв'язаними матеріалами – тематичними картами, результатами лісовпорядкування.

Просте інтерактивне дешифрування передбачає виділення об'єктів і визначення їхніх таксаційних характеристик безпосередньо на екрані. Підготовлене зображення, синтезоване з багатозональних або похідних даних, виводиться як растровий шар і збільшується до необхідного масштабу. Курсором оператор оконтурює ділянки, після чого контури автоматично формуються у векторному або растровому вигляді з розрахунком площі та визначенням таксаційних параметрів.

Сучасні системи можуть бути обладнані пристроями для стереоскопічного аналізу зображень, наприклад, із рідкокристалічними окулярами для розділення зображення для правого й лівого ока, що забезпечує ефективне стереодешифрування. Після формування набору контурів і параметрів, дані інтегруються у базу картографічних та таксаційних даних для подальшої обробки й оновлення.

Дешифрувальні ознаки, застосовувані при інтерактивному аналізі дигіталізованих фотознімків або синтезованих багатозональних зображень, відповідають ознакам традиційного візуально-інструментального

дешифрування. Прямі ознаки включають форму, тон (колір), розмір, структуру та текстуру об'єкта, характер тіні та загальний рисунок зображення:

- **Тон (колір)** – важлива характеристика, що визначає яскравість або колір об'єкта. У цифрових зображеннях його кількість обмежена тільки радіометричною роздільною здатністю.
- **Форма** – контури об'єктів, які чіткіші для антропогенних елементів і більш розмиті для природних. Включає лінійні, точкові та площинні об'єкти.
- **Розмір** – залежить від масштабу знімка, аналізуються відносні величини.
- **Структура** – взаємне розташування об'єктів; регулярні ряди дерев дозволяють відрізнити штучні насадження від природних.
- **Текстура** – частота зміни тону, що характеризує однорідність чи різкість поверхні; змішаний ліс має різкі зміни тону через різні розміри і форми крон.
- **Тінь** – допомагає оцінювати висоту та профіль об'єктів.
- **Рисунок зображення** – комплекс ознак, що залежить від місцевості, масштабу, роздільної здатності, спектральних зон та умов зйомки.

На крупномасштабних аерофотознімках (1:2000 і більше) рисунок формують крони дерев, тіні та фон. Ландшафтні деталі мало впливають на рисунок, оскільки мінімальні природні одиниці значно більші за масштаб знімка. Тут можна розпізнати та підрахувати практично всі дерева верхньої частини наділу, що не затінені сусідніми насадженнями.

На аерознімках крупного масштабу (1:2000–1:5000) рисунок формують узагальнені крони дерев, які відображають структуру території. На середньо- та дрібномасштабних аерофотознімках (1:10 000–1:100 000) вже показуються групи дерев, завдяки чому структура місцевості читається чітко. На супутникових знімках відображаються цілі лісові масиви із виділенням груп та видів деревних порід, залежно від масштабу зображення. Окрім масштабу, на формування

знімка впливають геологічна будова, ступінь господарського освоєння, рельєф місцевості, річкова мережа та водні об'єкти.

При зміні масштабу змінюються геометричні й візуальні властивості зображення. Якщо на крупно- та середньомасштабних знімках видно окремі крони чи їх групи, то на дрібномасштабних, переважно космічних, спостерігається генералізація кольору та структури. Дрібні або малопомітні об'єкти втрачаються, а лінійні контури спрощуються, стаючи більш прямолінійними та контрастними. При зменшенні масштабу рисунок зображення визначається структурою природно-господарських комплексів різного таксономічного рівня – місцевостей, урочищ, ландшафтів.

До опосередкованих дешифрувальних ознак відноситься приуроченість об'єктів до певних умов місцезростання або ландшафтних особливостей.

При обробці похідних зображень – наприклад, зональних синтезів, індексних або перетворених методом головних компонент – ознаки визначаються окремо для кожного варіанту перетворення. Варто відзначити, що більшість сучасних методів автоматизованої класифікації зображень у тій чи іншій мірі є інтерактивними, оскільки потребують участі досвідченого оператора при підготовці та налаштуванні класифікатора або для оцінки результатів після класифікації.

Класифікація – це автоматизований поділ пікселів знімка на класи або групи, що відповідають різним об'єктам, зазвичай за спектральними ознаками, тобто за відмінностями в значеннях спектральної яскравості. Для ефективної класифікації кожен клас у просторі спектральних ознак повинен мати власну область значень, яка не перетинається з іншими класами. Для перевірки цього будують 2D-графіки спектральних ознак і обирають комбінації зон, де об'єкти відображаються найкраще.

Методи класифікації поділяються на непараметричні та параметричні залежно від того, як виділяють і обмежують область значень яскравості класу.

**Непараметричні методи** не враховують внутрішній розподіл яскравості і не описуються параметрами. Клас може включати різномірні скупчення значень, і для його виділення від інших класів необхідно точно описати межі області. Якщо область відокремлена, її можна обмежити простою геометричною формою (наприклад, прямокутником у 2D-просторі спектральних ознак), що прискорює класифікацію. Якщо область складної форми або близька до інших класів, потрібні додаткові дані та обчислювальні ресурси. Непараметричні методи застосовують для простих класифікацій (2–4 контрастних об'єкти) або для складних випадків, коли класи тісно переплетені та неоднорідні.

**Параметричні методи** передбачають, що розподіл спектральної яскравості всередині класу підпорядковується певному закону, зазвичай нормальному (Гауссовому) розподілу. Розподіл моделюють за середнім значенням і стандартним відхиленням, що дозволяє автоматично визначати класи без деталізації меж територій. Методи реалізуються як класифікація із навчанням (контрольоване навчання) або без навчання (неконтрольована кластеризація).

У методах з **навчанням** використовуються заздалегідь створені еталонні значення спектральної яскравості об'єктів. Кожен піксель порівнюють із еталонними даними й відносять до найбільш підходящого класу. Якість класифікації оцінюється за правильністю визначення еталонних ділянок. Результатом є карта класифікації з пікселями, диференційованими за класами об'єктів, та заздалегідь визначеною легендою. Цей метод застосовують при наявності достовірних наземних даних та невеликої кількості класів (до 30).

У методах **без навчання (кластеризації)** пікселі автоматично об'єднуються в групи на основі близьких спектральних характеристик. Оператор задає мінімальні параметри: число кластерів, розкид значень яскравості, кількість ітерацій тощо. Кластери формуються послідовно, аналізуючи пікселі рядок за рядком і порівнюючи їх із центрами кластерів. Після обробки

формується попередня карта кластеризації, де класи позначені номерами, а оператор визначає їх відповідність тематичним об'єктам.

Способи класифікації з навчанням і без навчання доповнюють один одного й часто застосовуються разом у гібридних підходах. У неконтрольованій кластеризації групи формуються на основі природного угруповання пікселів у просторі спектральних ознак. Кластери відображають схожість спектральних властивостей, але не завжди відповідають тематичним класам. Для уточнення об'єктного змісту застосовують додаткові ознаки та редагування.

У ENVI представлені два основні алгоритми класифікації без навчання: **ISODATA** та **K-means**. В обох випадках необхідно вказати кількість класів та обмежуючі параметри: число ітерацій, поріг збіжності характеристик і мінімальну кількість пікселів у класі.

## **РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ВЕНДИЧАНСЬКОЇ СТГ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**

### **3.1. Загальна характеристика Вендичанської територіальної громади**

Вендичанська територіальна громада – це адміністративно-територіальна одиниця місцевого самоврядування, створена в рамках адміністративно-територіальної реформи в Україні. Громада об'єднує кілька населених пунктів і має визначені межі, органи управління та власний бюджет для розвитку території.

Вендичанська територіальна громада розташована у Вінницькій області України, в межах Могилів-Подільського району. Її територія простягається на 435,7 км<sup>2</sup>, охоплюючи низку сіл та селищ, що об'єднані в єдину адміністративну одиницю.

Територія громади переважно рівнинна, що характерно для центрально-українських регіонів, з поодинокими невисокими підвищеннями та легкими схилами. Переважають чорноземні ґрунти високої родючості, що створює сприятливі умови для розвитку сільського господарства. Місцевість займає як сільськогосподарські угіддя, так і природні масиви, зокрема ліси, водні ресурси та невеликі болотисті ділянки.

Територією громади протікають невеликі річки, потоки та їхні притоки, що є джерелом питної води та використовуються для зрошення сільськогосподарських земель. Крім того, на території можуть бути ставки, водойми для риборозведення та місцевого рекреаційного використання.

Клімат громади помірно континентальний, з теплим літом і помірно холодною зимою. Середня температура липня становить близько 24 °С, січня – близько -4 °С. Річна кількість опадів коливається у межах 750 мм, що забезпечує достатній рівень вологості для вирощування основних сільськогосподарських культур.

Громада розташована на межиріччі між річками Південний Буг та Дністр. Відстань до обласного центру становить приблизно 120 км, що забезпечує доступ до адміністративних, соціальних та економічних послуг. Сусідні громади та адміністративні одиниці межують із Вендичанською територіальною громадою на півночі, сході, півдні та заході, утворюючи безперервний масив територій, придатних для розвитку сільського господарства, промисловості та рекреації.

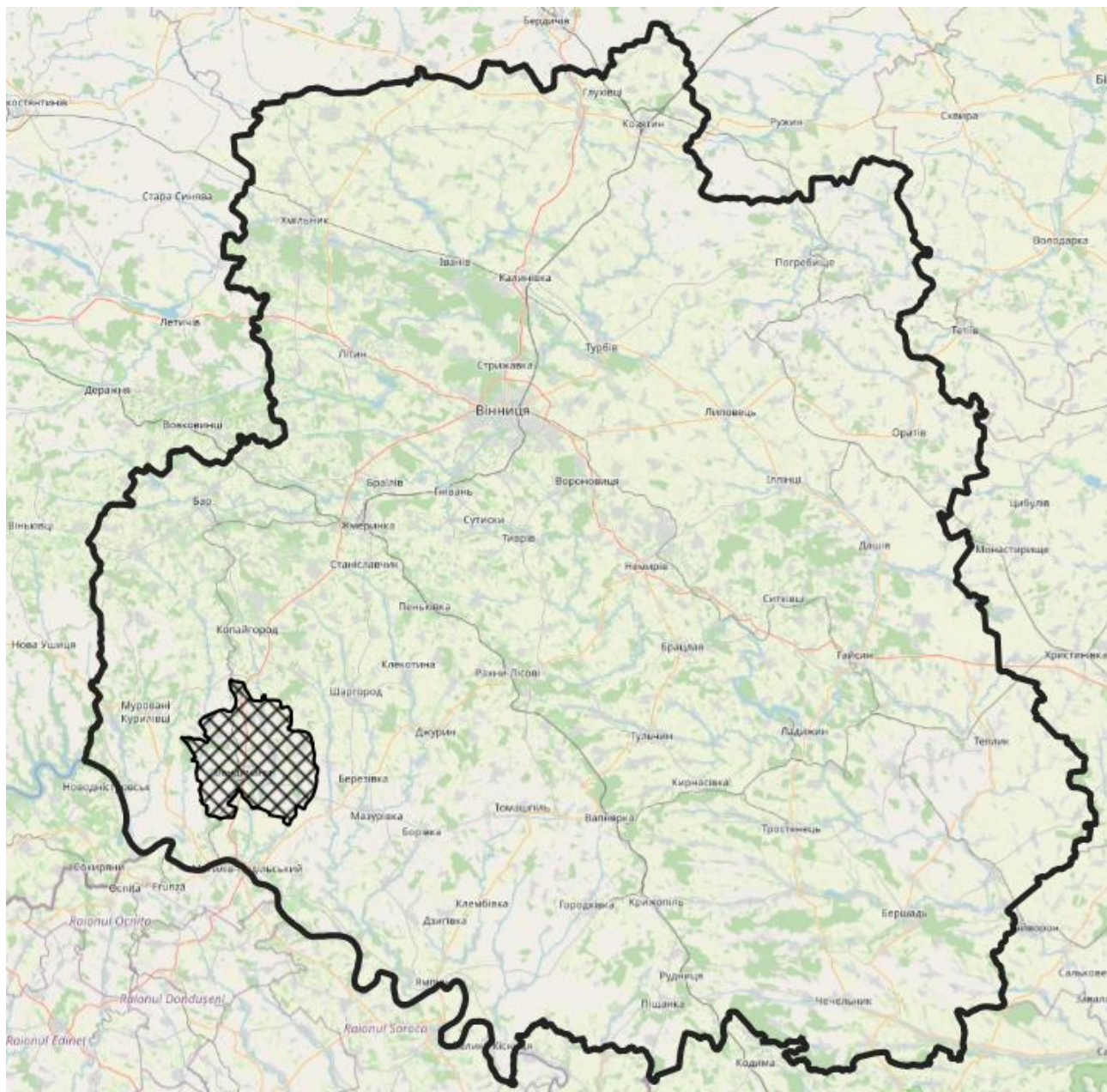


Рис. 5 Розташування Вендичанської СТГ

Населення Вендичанської громади характеризується певною стабільністю, проте за останні роки спостерігаються тенденції природного скорочення, характерні для багатьох сільських територій України.

Загальна чисельність населення громади становить приблизно осіб. Густота населення варіюється залежно від населеного пункту: більші села та селища мають більшу щільність населення, тоді як віддалені села менш заселені. Середня густота населення на території громади складає близько осіб на 1 км<sup>2</sup>.

Як і в багатьох сільських громадах, відсоток людей працездатного віку поступово зменшується через трудову міграцію, тоді як частка осіб похилого віку зростає, що створює певне навантаження на соціальні та медичні служби.

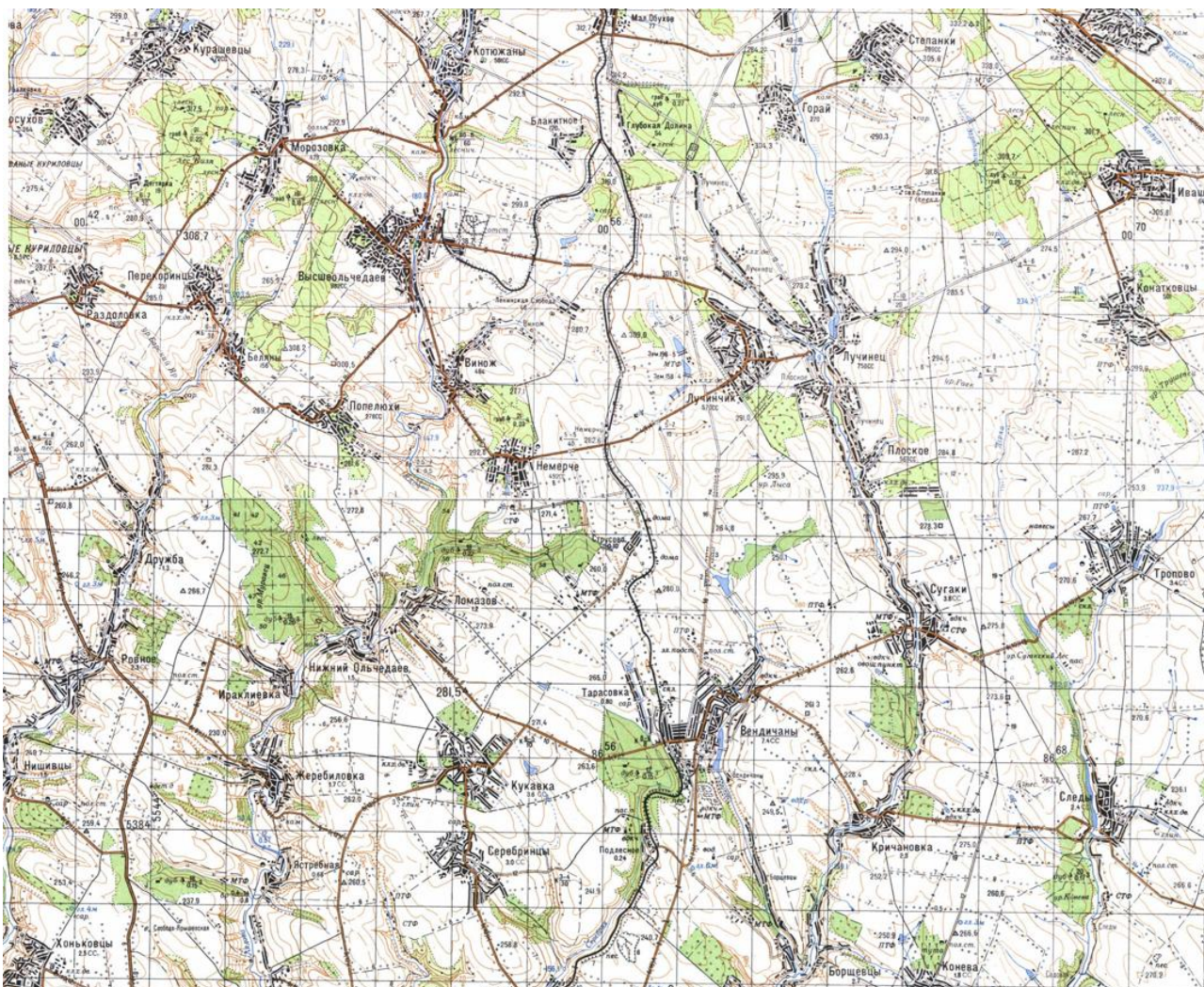


Рис. 6. Вендичани та околиці на топографічній карті

### 3.2. Особливості отримання та підготовки до автоматизованого дешифрування даних ДЗЗ для території Вендичанської СОТГ

Існує значна кількість різноманітних джерел даних дистанційного зондування Землі, які можуть бути використані для картографування та оцінювання земельних ресурсів. Для розпізнавання типів земного покриття на районному та локальному рівнях найбільш доцільними є зображення із середньою просторовою роздільною здатністю в межах 15–30 м. У межах експериментальної частини магістерського дослідження для вирішення подібних завдань було обрано матеріали супутника **Landsat 8**, які зарекомендували себе як одне з провідних джерел інформації про стан земельного фонду в багатьох країнах світу.

**Landsat 8** є восьмим апаратом, запущеним у межах космічної програми **Landsat program** (ERST). Супутник було виведено на орбіту 11 лютого 2013 року. Програма Landsat функціонує майже чотири десятиліття та реалізується спільними зусиллями **NASA** і **U.S. Geological Survey**. Апарат створено на платформі LEO Star-3 компанією **Orbital Sciences Corporation**. Перші знімки з Landsat 8 були отримані 18 березня 2013 року, після чого супутник активно використовується для розв'язання широкого спектра наукових і прикладних завдань.

Отримання даних Landsat 8 здійснювалося через геопортал **EOS Data Analytics**, який надає доступ до архівів знімків Landsat 8 і **Copernicus Sentinel-2**. Платформа забезпечує інтерактивний перегляд космічних зображень із можливістю фільтрації за датою зйомки, рівнем хмарності та висотою Сонця над горизонтом. Крім того, користувач може аналізувати дані у різних комбінаціях спектральних каналів та застосовувати розраховані індекси NDWI, NDVI і NDSI. Сукупність таких інструментів дозволяє виконувати значну частину завдань із моніторингу земельних ресурсів територіальних громад безпосередньо в онлайн-режимі, у межах вебінтерфейсу. Водночас для проведення повноцінного

кількісного та якісного аналізу земельного фонду необхідним є завантаження знімків і подальша їх класифікація із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення.

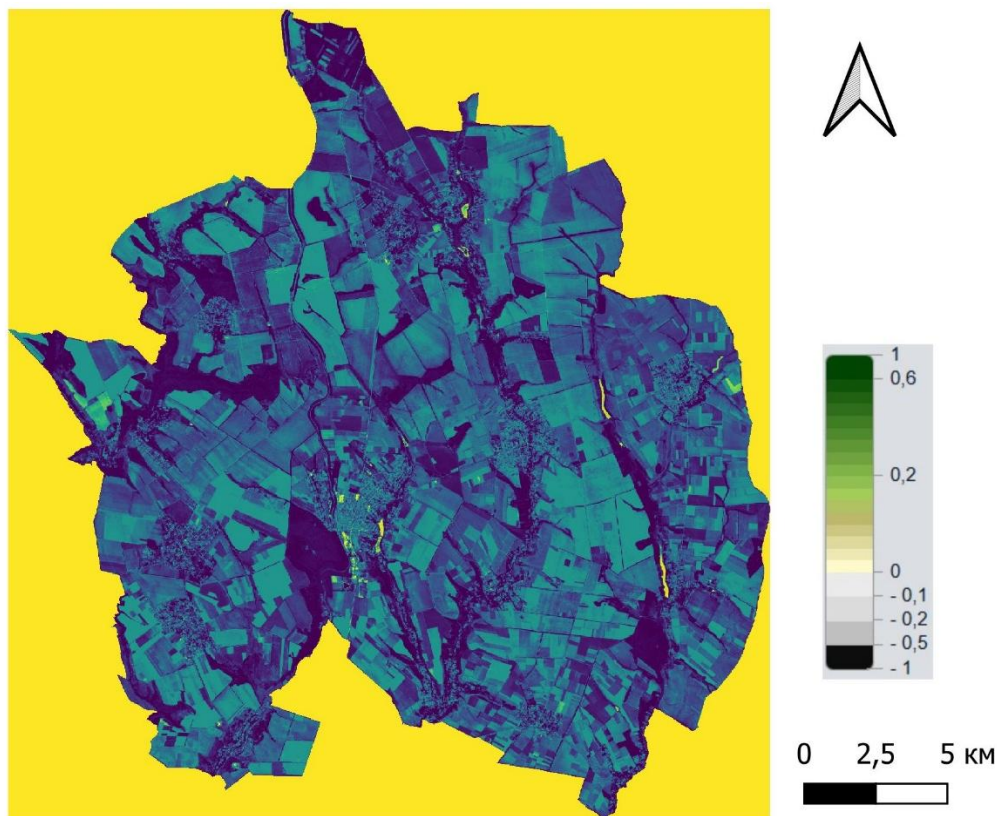


Рис. 7. Індекс NDVI Вендичанської ТГ станом на 3 липня 2025 року

Територія Вендичанської територіальної громади повністю охоплюється одним знімком супутника Sentinel-2, що значно спрощує процедуру підготовки вихідних даних для подальшого аналізу. Завдяки достатній ширині смуги зйомки супутника (приблизно 290 км) у більшості випадків межі громади потрапляють у межі одного орбітального проходу. Водночас, з огляду на особливості орбітальної сітки та конфігурацію адміністративних меж, інколи виникає потреба у завантаженні двох суміжних знімків, оскільки територія громади розташована на стику двох орбітальних треків. У таких ситуаціях необхідно виконувати мозаїкування зображень та їх подальше узгодження за радіометричними параметрами.

Для здійснення автоматизованої класифікації земельного фонду області було обрано один репрезентативний знімок, отриманий 3 липня 2025 року (рис. 8). Вибір дати зйомки обумовлений мінімальним рівнем хмарності, оптимальною висотою Сонця над горизонтом і високою інформативністю літнього періоду щодо диференціації типів земного покриву. Саме в цей час сільськогосподарські культури перебувають у фазі активної вегетації, що забезпечує чітке спектральне розмежування орних земель, багаторічних насаджень, лісових масивів, лучних угідь та водних об'єктів. Отримане зображення було використане як базовий інформаційний шар для проведення подальшої тематичної обробки та класифікації земельних ресурсів.



Рис. 8 Покриття території Вендичанської ТГ

За допомогою онлайн-сервісу **Copernicus Browser** було здійснено підбір необхідних супутникових зображень, їх попередній перегляд та візуальне дешифрування. На етапі відбору враховувалися такі критерії, як дата знімання, рівень хмарності, сезонність та якість покриття досліджуваної території. Інтерактивний інтерфейс платформи дозволив оперативно оцінити придатність

зображень для подальшої тематичної обробки шляхом застосування різних комбінацій спектральних каналів і вбудованих індексів.

Після остаточного вибору матеріалів дані було завантажено у вигляді архівного файлу формату *.zip*. Отриманий архів розпаковано на локальний диск персонального комп'ютера з метою забезпечення доступу до повного набору вихідних файлів структури продукту. Такий підхід дає можливість виконувати подальшу обробку в спеціалізованому геоінформаційному програмному забезпеченні, здійснювати попередню підготовку даних (атмосферну корекцію, обрізку за межами території дослідження, мозаїкування за потреби) та проводити класифікацію.

Кожне зображення супутника **Sentinel-2** складається з набору окремих спектральних каналів (банд), кожен із яких відображає певний діапазон електромагнітного спектра — від видимого до ближнього та короткохвильового інфрачервоного. Просторова роздільна здатність каналів варіюється (10 м, 20 м і 60 м), що дозволяє поєднувати детальність зображення з високою спектральною інформативністю. Завдяки такій багатоспектральній структурі стає можливим виявлення та розмежування різних типів земного покриття, оцінювання стану рослинності, аналіз зволоження ґрунтів, ідентифікація водних об'єктів та антропогенних територій.

У таблиці 2 наведено перелік спектральних діапазонів, у яких здійснюється знімання супутником, із зазначенням їх центральної довжини хвилі та просторової роздільної здатності, що є важливим для обґрунтованого вибору каналів під час виконання подальшої тематичної класифікації земельного фонду.

Таблиця 2 Спектральні діапазони знімку супутника Sentinel-2

Канали Sentinel-2	Цетральна довжина хвилі [мікрометри]	Вирізняльна здатність [метри]
Канал 1 - Узбережний аерозоль	0.443	60
Канал 2 - Синій	0.490	10

Канал 3 - Зелений	0.560	10
Канал 4 - Червоний	0.665	10
Канал 5 - Червоний край рослинності	0.705	20
Канал 6 - Червоний край рослинності	0.740	20
Канал 7 - Червоний край рослинності	0.783	20
Канал 8 - NIR	0.842	10
Канал 8A - Червоний край рослинності	0.865	20
Канал 9 - Водяна пара	0.945	60
Канал 10 - SWIR - Пір'їсті хмари	1.375	60
Канал 11 - SWIR	1.610	20
Канал 12 - SWIR	2.190	20

У межах виконання завдань із автоматизованої класифікації земельного фонду найбільшу аналітичну цінність становлять спектральні канали 2–8 супутника **Sentinel-2**, оскільки саме вони охоплюють видимий (Blue, Green, Red) та ближній інфрачервоний діапазони, що є ключовими для розпізнавання типів земного покриву. Зазначені канали містять основний масив інформації, диференційованої за окремими спектральними інтервалами, що дозволяє ефективно виділяти рослинність, орні землі, лісові масиви, водні об'єкти та урбанізовані території.

Як основний інструмент картографування та просторового аналізу було використано програмне забезпечення QGIS (версія 3.38.3). На початковому етапі обробки всі обрані спектральні канали були приведені до єдиної просторової роздільної здатності (за потреби) та об'єднані в багатоканальний (multiband) растр. Для цього застосовувався інструмент геообробки «Калькулятор растрів», який дозволяє формувати нові растрові шари шляхом математичних і логічних операцій над вихідними каналами.

У результаті було сформовано інтегрований растр, що містить набір спектральних шарів в одному файлі. Така структура значно спрощує подальшу роботу, зокрема виконання класифікації, розрахунок спектральних індексів та

візуалізацію даних. Отримане зображення надає можливість оперативно змінювати комбінації каналів для аналізу різних характеристик території. Наприклад, на рисунку 9 представлено зображення у комбінації «true color» (Red–Green–Blue), яка відображає територію у природних кольорах, максимально наближених до сприйняття людським оком.

Окрім стандартної комбінації «true color», сформований багатоканальний растр дозволяє застосовувати й інші поєднання спектральних каналів, зокрема «false color» (із використанням ближнього інфрачервоного каналу), що суттєво підвищує контрастність рослинного покриву та полегшує його автоматизоване розмежування під час подальшої класифікації земельних ресурсів.



Рис. 9. Фрагмент знімку Sentinel-2 у комбінації спектральних каналів «true color»

Зважаючи на те, що один космічний знімок супутника **Sentinel-2** має ширину смуги зйомки близько 290 км, він охоплює значно більшу територію, ніж безпосередній об'єкт дослідження. У зв'язку з цим для оптимізації подальшої обробки даних та зменшення обсягу растрової інформації доцільно виділяти лише ту частину зображення, яка відповідає межах досліджуваної територіальної громади. Такий підхід дозволяє скоротити час виконання аналітичних операцій, зменшити навантаження на обчислювальні ресурси та підвищити зручність роботи з просторовими даними.

Для реалізації цієї операції було використано програмне забезпечення **QGIS**, зокрема інструмент геообробки «Вирізати область за шаром маски» (Clip Raster by Mask Layer). У якості маски застосовано векторний шар із межами Вендичанської територіальної громади, попередньо підготовлений у відповідній системі координат. Перед виконанням операції було здійснено перевірку узгодженості проєкцій растрового та векторного шарів, що є важливою умовою коректного обрізання даних.

У результаті виконання цієї процедури сформовано новий растровий шар, який містить лише ту частину супутникового зображення, що відповідає адміністративним межах громади (рис. 10). Отриманий фрагмент використовується як базовий вхідний матеріал для подальшої автоматизованої класифікації земельного фонду, розрахунку спектральних індексів та створення тематичних карт. Такий етап просторового обмеження даних є обов'язковим елементом підготовки супутникових матеріалів до аналітичної обробки в ГІС-середовищі.

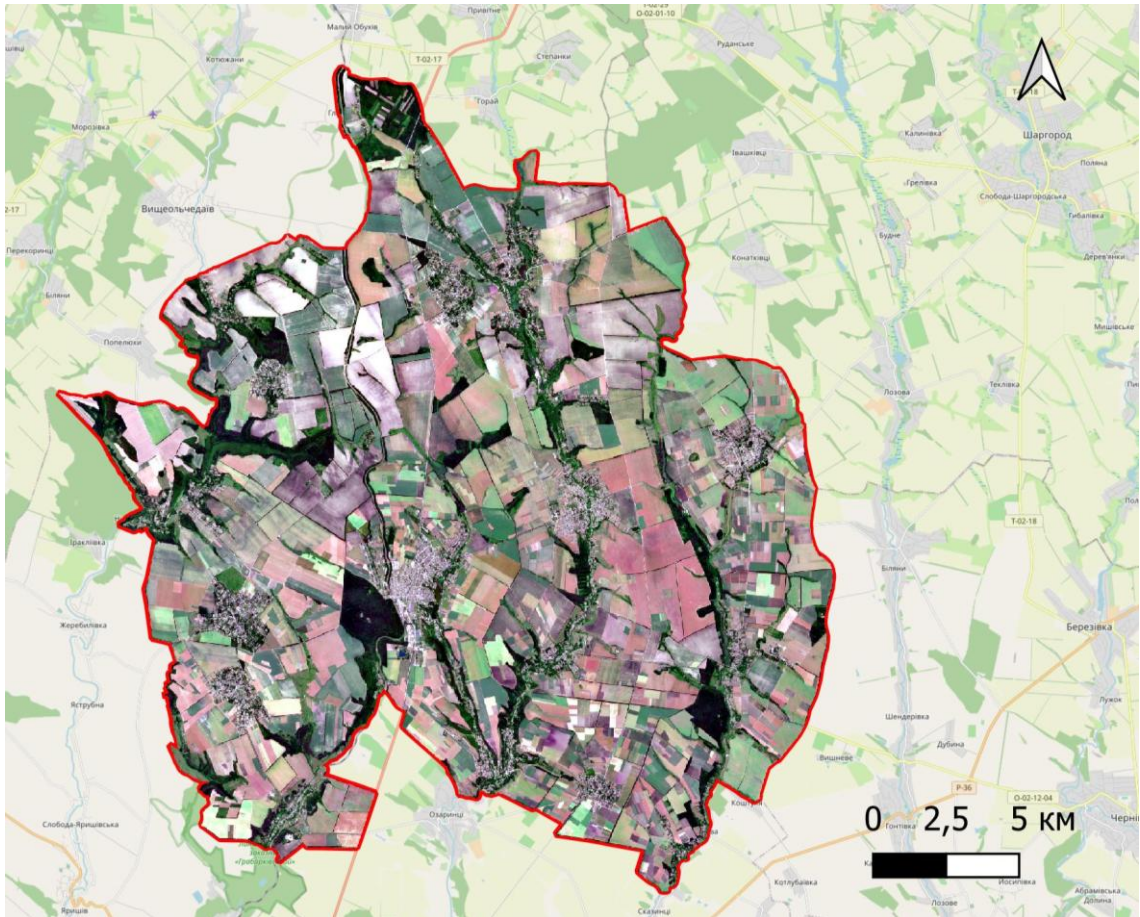


Рис. 10. Растр обрізаний по контуру Вендичанської громади та підготований до дешифрування

Класифікація отриманого зображення може здійснюватися двома основними способами: шляхом ручного дешифрування або із застосуванням автоматизованих алгоритмів обробки. Ручний підхід передбачає візуальне інтерпретування спектральних комбінацій і подальше оконтурювання однорідних ділянок, що забезпечує високу точність за умови невеликої площі дослідження, проте потребує значних затрат часу та залежить від досвіду виконавця.

З огляду на відносно велику площу територіальної громади та різноманітність її земельних покривів — орні землі, багаторічні насадження, лісові масиви, лучні угіддя, водні об'єкти й забудовані території — доцільнішим є застосування автоматизованих методів класифікації. Такі підходи дозволяють мінімізувати суб'єктивність результатів, підвищити відтворюваність аналізу та

суттєво скоротити час обробки даних. Крім того, автоматизована класифікація забезпечує можливість подальшого кількісного аналізу структури земельного фонду, розрахунку площ окремих категорій та оцінювання просторових змін.

Для підвищення інформативності вхідних даних та покращення якості розпізнавання класів земного покриву було здійснено додаткове комбінування спектральних діапазонів супутника Sentinel-2. Зокрема, до стандартних видимих каналів було додано ближній інфрачервоний та короткохвильові інфрачервоні діапазони, які є чутливими до стану рослинності, вологості ґрунтів та структурних особливостей поверхні. Таке поєднання дозволяє посилити спектральний контраст між різними типами угідь і створює більш сприятливі умови для застосування алгоритмів автоматизованої класифікації — як неконтрольованих (unsupervised), так і контрольованих (supervised) методів аналізу.

### **3.3. Алгоритм автоматизованого дешифрування земельного фонду Вендичанської громади та оцінка результатів його роботи**

Перший етап реалізації алгоритму дешифрування земельного фонду Вендичанської територіальної громади полягав у формуванні якісної навчальної вибірки — еталонних класів, які є основою для проведення контрольованої (supervised) класифікації. Саме від коректності підбору та просторового розміщення еталонів значною мірою залежить точність кінцевого тематичного результату. З цією метою було створено окремий векторний полігональний шар, у межах якого здійснено детальну векторизацію репрезентативних ділянок, що найбільш повно відображають спектральні характеристики кожного типу земного покриву.

Під час відбору еталонних полігонів враховувалися такі критерії: однорідність покриву в межах ділянки, відсутність змішаних пікселів, типова спектральна поведінка об'єкта та його достатня площа для формування

статистично коректної вибірки. Для кожного створеного полігона в атрибутивній таблиці зазначався відповідний клас земельного покриття, що забезпечило формування структурованої бази навчальних даних.

У межах дослідження було виділено чотири узагальнені категорії земель:

- забудовані території;
- водні об'єкти;
- землі сільськогосподарського призначення;
- лісовий покрив.

Такий поділ є оптимальним для цілей моніторингу земельного фонду громади, оскільки дозволяє простежувати ключові просторові трансформації: розширення забудови, зміни структури агроландшафтів, стан лісових насаджень та водного фонду. Крім того, зазначені категорії в цілому відповідають структурі офіційного кількісного обліку земель (форма №6-зем), що створює підґрунтя для інтеграції результатів дистанційного аналізу з матеріалами державної статистичної звітності.

На наступному етапі полігональний векторний шар було трансформовано у точковий, що дозволило отримати сукупність пікселів із відомою класовою належністю. Такий підхід забезпечує більш коректне формування статистичних параметрів кожного класу. Засобами програмного забезпечення **QGIS** було створено файл сигнатур (signature file), який акумулює спектральні характеристики навчальних ділянок за всіма використаними каналами супутника **Sentinel-2**.

Файл сигнатур містить середні значення яскравості, дисперсії та матриці коваріації для кожного класу, що фактично формує його спектральний «портрет». Ці параметри є основою для статистичного порівняння з невідомими пікселями растру. Надалі було застосовано алгоритм максимальної правдоподібності (Maximum Likelihood Classification), який базується на припущенні про нормальний розподіл спектральних значень у межах кожного класу. Алгоритм оцінює ймовірність належності кожного пікселя до кожного з

визначених класів і відносить його до того, для якого ця ймовірність є максимальною.

Застосування цього методу забезпечує достатньо високу точність за умови репрезентативності навчальної вибірки та дозволяє отримати просторово цілісну карту земельного покриття громади. Отриманий класифікований растр слугує основою для подальшого кількісного аналізу структури земельного фонду, обчислення площ окремих категорій та оцінювання їх просторових змін у динаміці.

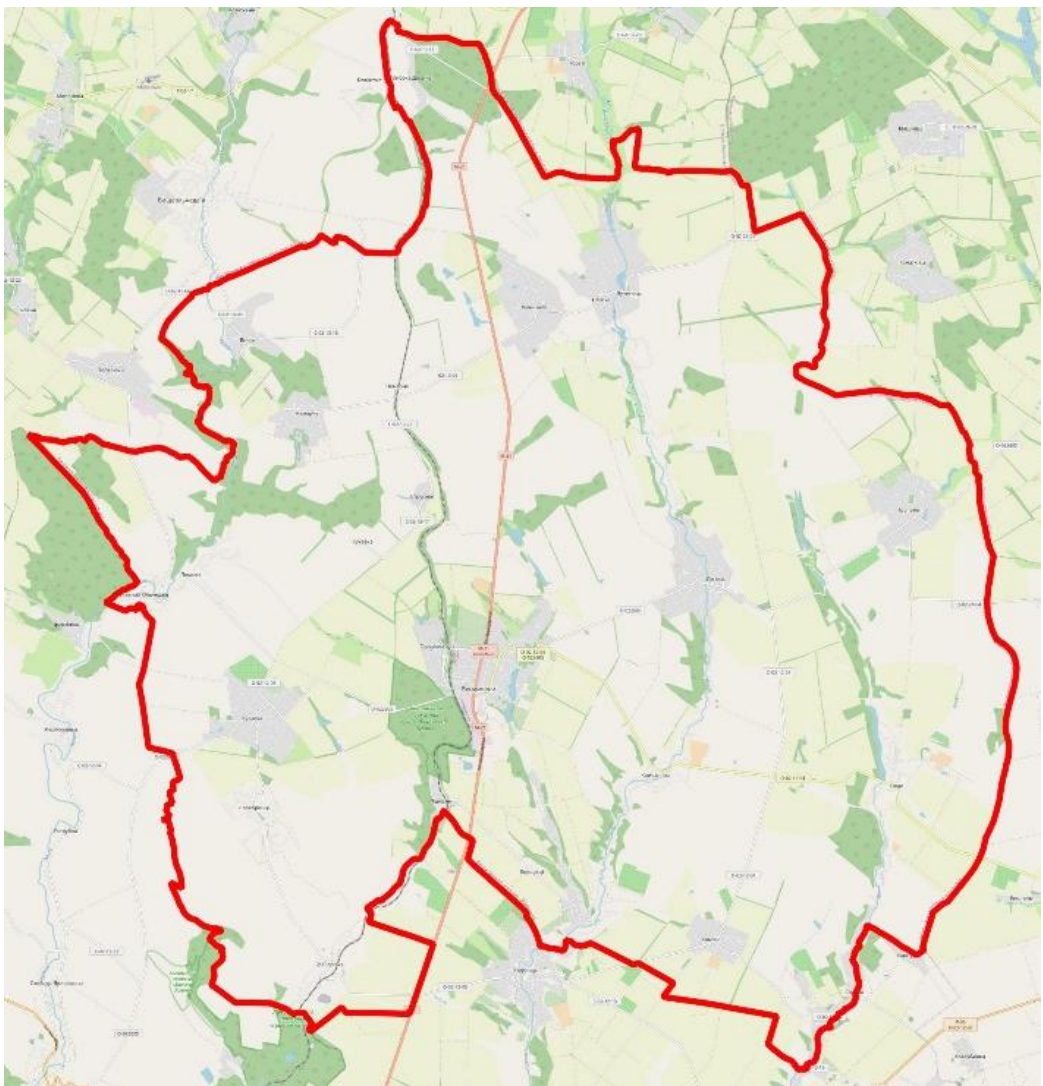


Рис. 11 Результат класифікації за алгоритмом максимальної правдоподібності

### 3.4. Сучасний стан і тенденції розвитку техніки і технологій ДЗ

Сучасні наукові дослідження дедалі більше підпорядковуються економічним реаліям, що формуються, які істотно змінюють класичний підхід до наукових робіт. Замість того, щоб орієнтуватися на фундаментальні дослідження, багато проектів тепер спрямовані на пошук умов і сфер застосування вже наявних наукових результатів, так званих «наукових напівфабрикатів». Якщо надати цим напівфабрикатам комерційний вигляд, вони можуть бути запропоновані на ринок, що вимагає паралельного аналізу як товару, так і ринку. У контексті даного дослідження йдеться про інноваційний потенціал наукових робіт у сфері дистанційного зондування Землі та їх економічно ефективну реалізацію на відповідних сегментах ринку ДЗ.

Визначення перспективного ринкового сегменту логічно здійснюється через аналіз потреб користувачів. Якщо не ускладнювати задачу додатковими умовами, то вона спрощується: наявні ресурси виробника і потреби споживача визначають взаємодію на ринку. Інші елементи інфраструктури в даному випадку визначаються лише конкретними обставинами існування споживачів та виробників. Такий підхід забезпечує синергію між економікою і науково-технічним прогресом: економіка стимулює розвиток науки, а технічний прогрес розвиває економіку.

Варто зазначити, що відсутність економічної мотивації часто гальмує розвиток високих технологій. Історія 1990-х років показала, що просте наявність високих технологій не гарантує економічну стабільність і може навіть поглиблювати кризові явища. Високі технології, необхідні для оборонних і престижних цілей держави, залишалися надзвичайно витратними і штучно обмеженими, що призводило до значного відставання від конкурентів. Так, Сполучені Штати контролюють практично весь навколоземний космос і мають у своєму розпорядженні 8 супутників оптико-електронного моніторингу Землі. Для порівняння, фінансування космічних програм різних країн у 2020-х

співвідноситься приблизно так: США – Європа – Японія – Китай = 1 – 0,26 – 0,18 – 0,15.

Сучасні тенденції розвитку методів ДЗ орієнтовані на надвисоку роздільну здатність, гіперспектральні зйомки та високоточне координування зображень. Ці тенденції підтверджуються численними незалежними дослідженнями. Зокрема, з 1999 року провідні американські організації у сфері ДЗ, включаючи ASPRS, NASA, NOAA та USGS, проводять комплексні дослідження ринку ДЗ і геопросторових даних у США. Мета проекту – формування довгострокового прогнозу розвитку індустрії ДЗ, що включає інтеграцію з геоінформаційними системами, без яких дані ДЗ не мають практичної прив'язки до території чи об'єкту.

Прогнозування ринку виконувалося у три етапи: перший оцінював сукупні доходи компаній галузі, з початковим очікуваним зростанням у 15 % на рік, скоригованим до 11 %. Абсолютні доходи прогнозувалися від 5–7 млрд дол. у 2011 році до 11–12 млрд дол. у 2020 році. Важливо враховувати, що ці дані не включають окремо операторів і дилерів, зростання доходів яких не завжди пояснюється обсягом реалізації, а також розробників ПЗ.

Дослідження показали, що більшість американських компаній у галузі ДЗ мають менш ніж 100 співробітників і спеціалізуються на вузькому спектрі послуг, тоді як великі компанії (більше 600 співробітників) пропонують більш комплексні сервіси. Малі підприємства, які обмежені у власних ресурсах для досліджень і розробок, часто поступаються державним компаніям, що негативно впливає на їхню конкурентоспроможність.

У США важливими учасниками ринку ДЗ є федеральні та місцеві органи влади, які забезпечують фінансування наукових робіт та є великими замовниками просторових даних. Попит на геопросторових фахівців безпосередньо залежить від здатності академічних установ адаптуватися до швидкого розвитку технологій і вимог ринку. Відкрите використання даних із

супутників низького та середнього розрізнення значно стимулювало розвиток ринку та створення загальнодоступної інфраструктури геоданих.

Попит користувачів на високоточні дані ДЗ особливо великий. Субметровий просторовий дозвіл дозволяє впевнено визначати атрибути об'єктів місцевості, аналізувати та проектувати міську інфраструктуру та здійснювати крупномасштабне картографування. В останні роки попит на дані із роздільною здатністю 1 м і менше перевищує потребу у даних 10–30 м майже в п'ять разів, а щорічне зростання потреб у субметрових даних складає близько 35 %.

Ринок ДЗ високо динамічний, але майбутній успіх залежить від законодавчих умов, інвестицій у підготовку фахівців, розвиток технологій та наявності кваліфікованих кадрів. Брак професійних працівників, непослідовність державної політики та високі витрати на дані можуть обмежити розвиток індустрії.

У підсумку, світові тенденції розвитку ДЗ та ГІС-індустрії слугують орієнтиром для формування конкурентоспроможних досліджень, оцінки рівня вітчизняних розробок та планування перспективних напрямків розвитку галузі. Хоча конкретні умови в Україні значно відрізняються від міжнародних, аналіз світових практик дозволяє прогнозувати потенційні можливості та обмеження розвитку вітчизняного ринку ДЗ.

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

Охорона праці є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. В Україні основні вимоги до охорони праці регламентуються Законом України «Про охорону праці» та відповідними нормативно-правовими актами.

У сфері геоінформаційних технологій і дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) особливості охорони праці пов'язані з використанням комп'ютерної техніки, програмного забезпечення, а також виконанням польових досліджень і обробкою великих масивів просторових даних.

Застосування технологій ДЗЗ і геоінформаційних систем (ГІС) є важливим інструментом моніторингу земельних ресурсів, що забезпечує отримання, обробку та аналіз просторової інформації для прийняття управлінських рішень.

Аналіз умов праці при використанні даних ДЗЗ

Роботи, пов'язані з використанням даних дистанційного зондування для моніторингу земельних ресурсів Вендичанської селищної громади, включають:

- обробку супутникових знімків;
- роботу з ГІС-програмами;
- аналіз просторових даних;
- проведення польових обстежень територій.

Умови праці можна поділити на:

**Камеральні роботи (офісні):**

- тривала робота за комп'ютером;
- використання спеціалізованого програмного забезпечення;
- статичне навантаження на опорно-руховий апарат;
- зорове напруження.

**Польові роботи:**

перебування на відкритій місцевості;  
вплив погодних умов;  
ризик травмування під час пересування;  
використання вимірювальних приладів та GPS-обладнання.

Сучасні технології ДЗЗ дозволяють значною мірою зменшити обсяг польових робіт, що знижує рівень виробничих ризиків.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

При виконанні робіт у сфері ДЗЗ і ГІС можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори:

**Фізичні фактори:**

електромагнітне випромінювання від комп'ютерної техніки;  
недостатнє або надмірне освітлення;  
шум від обладнання.

**Психофізіологічні фактори:**

монотонність роботи;  
розумове перевантаження;  
стрес через обробку великих обсягів інформації.

**Ергономічні фактори:**

неправильна організація робочого місця;  
тривале перебування в сидячому положенні.

**Фактори польових робіт:**

ризик падінь, травм;  
вплив високих або низьких температур;  
небезпека контакту з технікою або транспортом.

Подібні ризики характерні для робіт, пов'язаних із використанням техніки та механізмів, де важливим є дотримання правил безпеки та інструктажів.

Вимоги безпеки при виконанні робіт

Вимоги до організації робочого місця

робоче місце повинно відповідати ергономічним вимогам;

монітор розташовується на відстані 50–70 см від очей;  
необхідно забезпечити достатній рівень освітлення;  
робоче крісло має бути регульованим.

Безпека при роботі з комп'ютером

тривалість безперервної роботи не повинна перевищувати 2 години;  
необхідно робити перерви кожні 45–60 хвилин;  
використовувати захисні екрани або налаштування яскравості.

Вимоги до польових робіт

проходження інструктажу з охорони праці;  
використання засобів індивідуального захисту (зручне взуття, головні  
убори);

дотримання правил пересування місцевістю;

уникнення роботи в небезпечних погодних умовах.

Заходи щодо покращення умов праці

Для підвищення рівня безпеки праці при використанні ДЗЗ  
рекомендується:

автоматизація процесів обробки даних;

використання хмарних технологій;

впровадження сучасних ГІС-платформ;

зменшення обсягів польових робіт за рахунок супутникового моніторингу;

проведення регулярного навчання персоналу з питань охорони праці.

Інтеграція ГІС, ДЗЗ і супутникових систем дозволяє створювати єдине  
аналітичне середовище, що підвищує ефективність і безпеку виконання робіт.

Таким чином, охорона праці при використанні даних дистанційного  
зондування Землі для моніторингу земельних ресурсів має комплексний  
характер і включає організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи.  
Основні ризики пов'язані з роботою за комп'ютером та виконанням польових  
досліджень.

Впровадження сучасних технологій ДЗЗ і ГІС сприяє не лише підвищенню ефективності моніторингу земель, але й зменшенню рівня виробничих небезпек, що є важливим фактором забезпечення безпечних умов праці.

## ВИСНОВКИ

Основним джерелом електромагнітного випромінювання (ЕМХ) у Сонячній системі, безумовно, є Сонце, яке генерує широкий спектр хвиль, охоплюючи весь відомий діапазон електромагнітного випромінювання. Проте людство здатне використовувати лише частину цього спектра через обмеження психологічного, фізіологічного або технічного характеру. Найважливішими оптичними характеристиками земної поверхні, що враховуються при дистанційному зондуванні, є коефіцієнт спектральної яскравості, інтегральна та спектральна яскравість, контраст яскравості та індикатриса відбиття.

Процес формування зображення залежить від багатьох факторів: умов проведення зйомки, технічних особливостей апаратури, умов освітлення об'єкта, а також фотохімічної обробки даних. У результаті цих впливів формується реальне зображення. Ідеальне зображення – це те, яке відповідає заданим законам геометричної побудови та не містить спотворень, спричинених фізичними чинниками.

Аерокосмічні зображення, що виступають як інформаційні моделі місцевості, характеризуються низкою властивостей: візуальними, радіометричними та геометричними. Візуальні властивості визначають здатність відтворювати деталі, відтінки та градації об'єктів; радіометричні – точність кількісної реєстрації яскравості об'єктів; геометричні – точність визначення розмірів, форм, площ і взаємного розташування об'єктів на місцевості.

Сучасний розвиток світової економіки свідчить, що регульована ринкова система потребує ефективного управління земельними ресурсами, яке поєднує суворе дотримання земельного та цивільного законодавства з економічною самостійністю суб'єктів землекористування.

Під програмним засобом обробки даних ДЗЗ розуміють спеціалізований додаток, який використовується для модифікації, отримання, класифікації та конвертації дистанційних даних. Функціонально такий софт має схожість із

графічними редакторами, проте додатково забезпечує специфічні прикладні можливості для роботи з даними дистанційного зондування.

Технологія інтерактивного земельного дешифрування в спрощеному вигляді передбачає виділення об'єктів і визначення їхніх таксаційних характеристик безпосередньо на моніторі комп'ютера. Для цього формується зображення, яке може бути синтезом зональних знімків, похідних зображень або результатів їх обробки, наприклад, основних компонент.

У центральній частині Могилів-Подільського району розташована Вендичанська селищна територіальна громада. Геодезичне забезпечення громади представлено рядом пунктів Державної мережі та розрядної мережі, всього виявлено 29 пунктів. Топографічне та картографічне забезпечення території громади наявне частково.

Територія Вендичанської ТГ повністю покривається одним супутниковим знімком Sentinel-2. Проте в окремих випадках необхідно завантажувати декілька знімків, оскільки громада розташована на межі двох орбітальних проходів. Для автоматизованої класифікації земельного фонду обрано знімок, отриманий 3 липня 2025 року.

Класифікацію цього зображення можна проводити як у ручному режимі дешифрування, так і автоматизованими методами. На нашу думку, автоматизовані підходи є оптимальнішими, враховуючи відносно велику площу громади та значне різноманіття земельних покривів, що потребує більш ефективного та точного оброблення даних.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білокриницький С. М. Фотограмметрія і дистанційне зондування Землі: навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2007. 320 с.
2. Богіра М. С. Землекористування в ринкових умовах : екологоекономічний аспект. Монографія. Львів : Львівський національний аграрний університет, 2008. 225 с.
3. Будзяк В. М. Сільськогосподарське землекористування (економікоекологічні та управлінські аспекти). Монографія. К. : Оріяни, 2006. 386 с.
4. Геопортал Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру : Науково-дослідний інститут геодезії та картографії. Режим доступу: <http://dgm.gki.com.ua/map>
5. Гриньків Н. З., Фаргал А. М. Використання матеріалів космічного знімання з метою актуалізації картографічної інформації. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: збірник наук. праць. Львів : Ліга-Прес.
6. Гриньків Н., Почкін С. Створення та оновлення базових картографічних матеріалів із використанням аерокосмічних зображень. Вісник національного університету «Львівська політехніка», 2008. 8 с.
7. Державна цільова програма розвитку земельних відносин в Україні на період до 2020 року : концепція Кабінету Міністрів України від 17 червня 2009 р. – № 743-р.
8. Дорожинський О. Л., Тукай Р. Фотограмметрія : підручник. Л.: Видво Львів, нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008. 332 с.
9. Земельний кодекс України : від 25 жовтня 2001 р. ВВР України, 2002. №3-4.
10. Карта топографічна : масштабу 1: 100 000. 1 аркуш номенклатури М34-137, 1976 року.

11. Космічні знімки серії Landsat: електронний ресурс, режим доступу через SAS. Planet / Google Maps. 2016.
12. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи : підручник. К.: Вища шк., 2009. 511 с.
13. Красовський Г. Я., Петросов В. А. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. К. : Наук, думка, 2003. 224 с.
14. Манойлов В. П., Омельчук В. В., Опанюк В. В. Дистанційне зондування Землі із космосу: науково-технічні основи формування й обробки видової інформації : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2008. 384 с.
15. Мельничук О., Черняга П. Сучасні проблеми землеустрою та способи їх вирішення. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Нац. Унт “Львівська політехніка”, 2010. №2 (20). С. 167-170.
16. Палеха Ю. М. Суспільно-географічні закономірності зонування території населених пунктів України для грошової оцінки їх земель. Укр. геогр. журн. 2002. № 3. С. 45–49.
17. Публічна кадастрова карта Державного агентства земельних ресурсів України. [електронний ресурс], режим доступу : <http://map.dazru.gov.ua/kadastrova-karta>.
18. Савущик М. П., Попков М. Ю. До проблеми оптимізації лісистості в Україні. Науковий вісник Національного аграрного університету. К., 2004. №70. С. 30-38.
19. Свєрдюк О. І. Застосування ГІС-технологій у сфері земельного кадастру та землеустрою. Науково-виробничий журнал “Землевпорядний вісник”. 2006. №4. С.56-59.
20. Сохнич А. Я., Богіра М. С., Козаченко Л. М. Використання геоінформаційних технологій для моніторингу земель. Вісник Львів. держ. аграр. ун-ту : землевпорядкування і земельний кадастр. 2007. №10. С. 299-303.

21. Сохнич А. Я. Оптимізація землекористування в умовах реформування земельних відносин. Львів : “Українські технології”, 2000. 108 с.
22. Сохнич А. Я. Проблеми використання і охорони земель в умовах ринкової економіки. Монографія. Львів : “Українські технології”, 2002. 252 с.
23. Теоретичні основи державного земельного кадастру : навч. посібник. за заг. ред. М. Г. Ступеня. 2-ге видання, стереотипне. Львів: “Новий Світ2000”, 2006. 336 с.
24. Топографо-геодезична та картографічна діяльність : законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах : Ч. 1. 252 с.
25. Україна з космосу. Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів, за ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського. К. : НАН України, 1999. 34 с.
26. Сохнич А. Я., Горлачук В. В., Наход А. В. та ін. Управління земельними ресурсами : регулювання земельних відносин. Навч. посібник. Львів, 2008. 255 с.