

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет землевпорядкування

УДК 528.7:631.4 (477.53)

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Декан факультету Т. в. о. завідувача кафедри  
землевпорядкування геоінформатики і  
аерокосмічних досліджень Землі

\_\_\_\_\_ д.е.н. ЄВСЮКОВ

\_\_\_\_\_ к.т.н.

Т.О.

ДРОЗДІВСЬКИЙ О.П.

\_\_\_\_\_ 2022 р.

\_\_\_\_\_ 2022 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Способи інтегрування геопросторових даних для досліджень агроландшафтів Полтавського регіону»

Спеціальність - 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми  
доктор економічних наук, професор \_\_\_\_\_ МАРТИН А.Г.  
(підпис)

Керівник магістерської  
кваліфікаційної роботи

доктор технічних наук, професор \_\_\_\_\_

(підпис)

С. С. Кохан

Виконала \_\_\_\_\_

І.М.Немченко

(підпис)

НУБІП України  
\_\_\_\_\_ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет землевпорядкування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
геоінформатики і аерокосмічних  
досліджень Землі  
Д.С. КОХАН С.С.

«25» жовтня 2021 р.

ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ  
РОБОТИ СТУДЕНТЦІ

Немченко Ірини Миколаївни

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Способи інтегрування геопросторових даних для досліджень агроландшафтів Полтавського регіону», що затверджена наказом ректора НУБІП України від «23» жовтня 2021 р. № 1795 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру – за десять днів до захисту магістерської кваліфікаційної роботи

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

- Графічні матеріали на електронних та паперових носіях на територію дослідження (Полтавська область);

- Дані дистанційного зондування Землі Sentinel – 2, канали: 2 (Blue), 4 (Red), 8(NIR) ;

- Дифрова модель рельєфу Полтавської області.

Перелік питань, які підлягають дослідженню:

1. вивчення стану та тенденцій способів інтегрування геопросторових даних;
2. аналіз зарубіжного досвіду в управлінні агроландшафтами;
3. дослідження інтеграції геопросторових даних для визначення яскравісних просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів Полтавської області;
4. вироблення рекомендацій по оптимізації дослідження елементів агроландшафтів та раціонального використання земель;
5. проведення класифікації території Полтавської області за даними ДЗЗ з метою ідентифікації преважаючих агрогруп ґрунтів на основі вироблених рекомендацій.

Дата видачі завдання «25» жовтня 2021 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

С.С. Кохан

Завдання прийняла до виконання

І.М. Немченко

## РЕФЕРАТ

до магістерської роботи на тему:

«Способи інтегрування геопросторових даних для досліджень  
агроландшафтів Полтавського регіону»

Магістерська робота на тему: «Способи інтегрування геопросторових даних для досліджень агроландшафтів Полтавського регіону» стосується обґрунтування способів інтеграції геопросторових даних для дослідження яскравісно статистичних властивостей елементів агроландшафтів

Полтавського регіону з часом. Дослідження виконано на території Полтавської області.

Об'єктом дослідження є Агроландшафти Полтавського регіону.

Робота складається з 3 розділів. Перший розділ має назву «Стан вивчення питання інтеграції геопросторових даних і тенденцій розвитку способів інтеграції» і складається з 3 підрозділів, які містять теоретичний матеріал про загальне поняття інтеграції та способи інтегрування геопросторових даних, властивості геоданих, їх характеристика та використання для дослідження агроландшафтів.

Другий розділ має назву «Загальна характеристика модельної території». Даний розділ містить опис фізико-географічних та кліматичних умов, ґрунтів досліджуваної території Полтавської області. Розглянуті загальні теоретичні положення концептуальної моделі та створено концептуальну модель для дослідження просторово-часових властивостей агроландшафтів.

Третій розділ - «Інтегрування геопросторових даних для дослідження агроландшафтів Полтавського регіону». У розділі описано тематичне оброблення геопросторових даних, здійснено некеровану класифікацію, описано просторово-часові властивості агроландшафтів. Проведене тематичне оброблення даних ДЗЗ та створені карти рельєфу, схилів та карту чорноземних ґрунтів за даними космічної зйомки Sentinel-2 станом на 25.03.2022 року.

Загальний обсяг магістерської роботи складає 73 сторінок. Робота

виконана з використанням 50 літературних джерел.

Магістерська робота містить багато таблиць та ілюстрацій, загальна кількість таблиць у роботі 8, по 4 таблиці знаходиться в 2 та 3 розділах.

Загальна кількість ілюстрацій становить 24, з них 1 рисунок знаходиться у

Вступі до магістерської роботи, 6 у розділі 1, 9 у розділі 2, 8 у розділі 3.

Робота включає чотири додатки, всі вони наведені у останньому розділі.

Магістерська робота має такий перелік ключових слів:

геоінформаційний аналіз, інтеграція, геопросторові дані, супутникові знімки,

трансформування, агроландшафт, геоінформаційна система, просторово-часові

характеристики, спекральні індекси, яскравісні характеристики.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

ВСТУП.....

Зміст

6

1 Стан вивчення питання інтеграції геопросторових даних і тенденцій розвитку способів інтеграції..... 9

# НУБІП України

1.1 Теоретичні положення щодо способів інтегрування даних..... 9

1.2 Загальні положення одержання геоданих. Характеристика їхніх властивостей..... 18

# НУБІП України

1.3 Використання геопросторових даних для дослідження агроландшафтів..... 24

2 Загальна характеристика модельної території..... 34

2.1 Кліматичні і ґрунтові умови..... 34

2.2 Рельєф..... 42

# НУБІП України

2.3 Земельні ресурси..... 44

2.2 Структура агроландшафту та використання геопросторових даних..... 46

# НУБІП України

3 Інтегрування геопросторових даних для дослідження агроландшафтів

Полтавського регіону..... 52

3.1 Використання даних космічної зйомки..... 52

3.2 Ідентифікація чорноземних ґрунтів за даними ДЗЗ..... 57

3.3 Класифікація ґрунтів за даними ДЗЗ..... 64

# НУБІП України

Висновок..... 68

# НУБІП України

# НУБІП України

ВСТУП

Для вирішення актуальних завдань раціонального природокористування та моніторингу агроландшафтів необхідно використовувати сучасні методи отримання та оброблення оперативної інформації про стан геосистем України.

# НУБІП України

Як свідчить досвід вирішення природоресурсних, сільськогосподарських, наукових, оборонних та інших складних задач, виникає потреба у залученні різноманітної інформації та поєднання її в одне ціле. Це, в залежності від потреб, може бути геологічна, геофізична, оптична, радіолокаційна та інша інформація. Для її отримання використовуються різні інструменти та методи їх дослідження. Особливо важливу роль відіграють

# НУБІП України

геопросторові дані, які формуються на основ матеріалів аерокоємної та наземної зйомки, різноманітних карт, GPS-приладів тощо. [1]

Інтеграція даних є критично важливим елементом загальної стратегії

# НУБІП України

управління даними у будь-якій сфері людської діяльності. Інтеграція допомагає отримувати цінну інформацію та охоплює велику сферу діяльності, координуючи всі дії та рішення для виконання поставленої мети, що полягає у ефективному та результативному наданні якісних продуктів та послуг

(Рисунок 1).



джерела даних витяг даних трансформація завантаження сховище даних аналітика

Рисунок 1. Схема процесу інтеграції даних

# НУБІП України

Геоінформаційні системи представляють революцію в способі збирання, обробки, аналізу, відображення та збереження просторових даних для

# НУБІП України

подальшого пошуку. Карти завжди були важливим інструментом для плановиків та тих, хто приймає рішення, а ГІС значно розширює можливості обробки та забезпечення легкодоступності всіх типів географічної інформації,

пов'язавши ГІС із реляційними базами даних, наприклад, можна зробити доступними великі набори даних до аналізу та пошуку, що дозволяє включати всебічну інформацію про природні ресурси та соціально-економічну інформацію для планування та прийняття рішень щодо сталого розвитку.

**Актуальність дослідження** полягає у потребі оптимізації способів інтегрування різнорідних геопросторових даних для досліджень агроландшафтів Полтавського регіону, необхідності обґрунтування наукових підходів до розроблення геоінформаційного забезпечення діяльності з регулювання земельних відносин та, в тому числі, щодо здійснення державного моніторингу земель.

**Новизна роботи:** Заключається в дослідженні та ідентифікації агровиробничих груп ґрунтів на території Полтавської області на основі застосування різнорідних геоданих у тому числі ряд космічних знімків досліджуваного об'єкта, які здійснені супутниками Sentinel-2.

**Мета:** обґрунтування способів інтеграції геопросторових даних та їхнє практичне впровадження для досліджень агроландшафтів Полтавського регіону.

**Об'єкт дослідження** - Агроландшафти Полтавського регіону.

**Предмет дослідження** - способи інтегрування геопросторових даних для досліджень агроландшафтів Полтавського регіону.

**Завдання досліджень:**

6. вивчення стану та тенденцій способів інтегрування геопросторових даних;
7. аналіз зарубіжного досвіду в управлінні агроландшафтами;
8. дослідження інтеграції геопросторових даних для визначення якравісних просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів Полтавської області;
9. вироблення рекомендацій по оптимізації дослідження елементів агроландшафтів та раціонального використання земель;

10. проведення класифікації території Полтавської області за даними ДЗЗ з метою ідентифікації преважаючих агрогруп ґрунтів на основі вироблених рекомендацій.

**М**

**е**

**Інформаційною базою** та теоретико-методологічною основою дослідження є основоположні законодавчі й нормативні акти України, зокрема

Конституція України, закони України, укази Президента України,

нормативно-правові документи Кабінету Міністрів України, конвенції ООН,

міжнародні угоди, а також наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених з

питань інтеграції геопросторових даних для дослідження елементів

агроландшафтів.

**л** Базовим набором геоданих для проведення досліджень є:

**і** - Графічні матеріали на електронних та паперових носіях на територію дослідження (Полтавська область);

**ж** - Дані дистанційного зондування Землі Sentinel - 2, канали: 2 (Blue), 4 (Red), 8(NIR) ;

**н** - Цифрова модель рельєфу Полтавської області.

**я** Практичне значення роботи полягає в застосуванні інтеграції геопросторових даних з метою побудови елементів агроландшафтів зокрема

в ідентифікації агрогруп ґрунтів за їх дискретними спектральними ознаками

та складання карт ґрунтів за даними ДЗЗ.

НУБІП України



# НУБІП України

## 1 Стан вивчення питання інтеграції геопросторових даних і тенденцій розвитку способів інтеграції

### 1.1 Теоретичні положення щодо способів інтегрування даних

Зараз накопичено значні обсяги різноманітної інформації, яка використовується спеціалістами різних галузей для дослідження та аналізу природних ресурсів - матеріали та продукти дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геологічні та геофізичні дані, картографічні та статистичні дані тощо.

Проте, великі об'єми даних, які отримуються від різних інформаційних джерел, з одного боку, доповнюють один одного, а з іншого, вимагають наявності методів та інструментів для їх інтеграції та сумісного оброблення.

*Інтеграція просторових даних* - це процес, у якому різні набори геопросторових даних, які можуть мати або не мати різних просторових охоплень, стають сумісними один з одним. Метою інтеграції просторових даних є покращення аналізу, міркування, запитів або візуалізації інтегрованих просторових даних. Рисунок 1.1 ілюструє інтеграцію трьох рівнів: головних вулиць, лікарень і поліцейських округів міста, в результаті було отримано вже інтегровану модель території, яка представлена на нижньому рівні схеми. [3]



Рисунок 1.1 Інтеграція просторових даних

Інтеграція просторових даних визначається як процес поєднання кількох типів просторових даних і забезпечення їх зберігання, пошуку, аналізу та відображення.

Інтеграція даних допомагає забезпечити більш широку інформативну базу для будь якого виду діяльності. Збір всієї наявної інформації по певному об'єкту та інтегрування її в єдину геоінформаційну систему дозволяє бачити цей об'єкт під іншим кутом зору. Це дає змогу візуалізувати та зрозуміло пояснити всі необхідні нюанси роботи з вибраним об'єктом навіть для людини, яка не є спеціалістом в даній сфері і навпаки - для спеціаліста цього профілю роботи, така інтегрована геосистема дає змогу більш широко оцінити досліджуваний об'єкт, знайти всі проблемні місця і ефективніше вирішити поставлену задачу. Але наявні, також, проблеми інтеграції просторових даних, пов'язані з характеристиками даних та їх форматом подання.

Для представлення просторових даних у ГІС застосовують різні структури даних. Геопросторові дані надходять у різних форматах, і це залежить від завдання, який формат найкраще підходить для подальшої обробки. Растрові дані чудово підходять для площинних даних, які не відрізняються в різних геометріях. Векторні дані ідеально підходять для даних, які можуть містити подібні геометрії, наприклад лінії, але форми яких відрізняються (Рисунок 1).

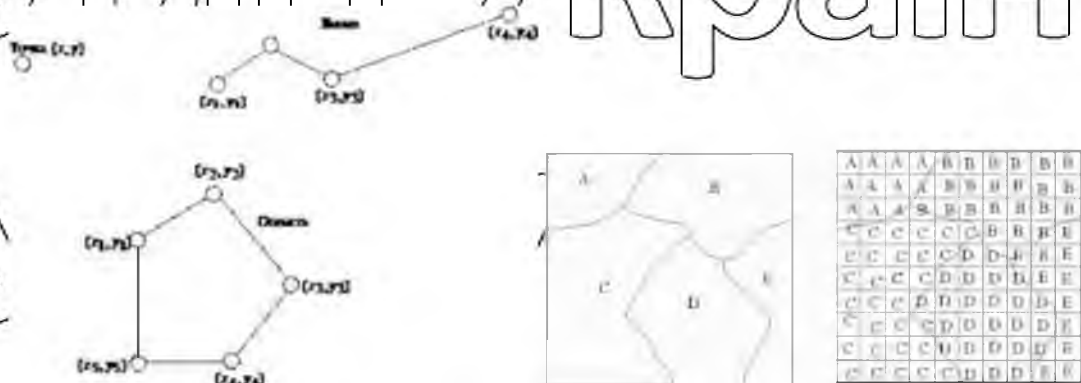


Рисунок 1.2 Представлення структури геопросторових даних: а) векторне представлення, б) растрове представлення.

Також інформація в цифровому вигляді може зберігатися в різних форматах, що також ускладнює процедуру об'єднання, редагування та представлення всіх даних в єдиній системі геопросторових даних. Існує велика кількість форматів даних, у більшості ГІС підтримуються основні формати зберігання растрових даних такі як - TIFF, JPEG, PCX, WMF, GIF, BMP, а також GeoSpot, GeoTIFF. Такі формати дозволяють передавати інформацію про привязку растрового зображення до реальних систем координат. Найбільш поширеними векторними форматами являються DXF, SHP, MapInfo TAB, Geojson.

Вирішити проблему з інтеграцією даних та представлення їх в одному наборі даних допомагають різноманітні геоінформаційні системи.

Географічна інформаційна система (ГІС) - це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, маніпулювання, аналіз і відображення (представлення) просторово-координованих даних. Будь-яка географічна інформаційна система складається з апаратного комплексу, програмного комплексу і інформаційного блоку. [2]

Основними галузями застосування ГІС у наш час є:

- управління земельними ресурсами, земельні кадастри, інвентаризація і облік об'єктів розподіленої виробничої інфраструктури, і управління ними;
- тематичне картографування практично в будь-яких сферах його використання; - морська картографія і навігація;
- аеронавігаційне картографування і управління повітряним рухом;
- навігація і управління рухом наземного транспорту;
- дистанційне зондування;
- управління природними ресурсами (водними, лісовими і т. ін.);
- моделювання процесів у природному середовищі, управління природоохоронними заходами;
- моніторинг стану навколишнього середовища,

- реагування на надзвичайні і кризові ситуації;  
 - геологія, мінерально-сировинні ресурси і гірничодобувна промисловість;

- планування і оперативне управління перевезеннями;

- проектування, інженерні дослідження і планування в містобудуванні, архітектурі, промисловому і транспортному будівництві;

- планування розвитку транспортних і телекомунікаційних мереж, комплексне управління і планування розвитку території, міста; - сільське господарство;

- маркетинг, аналіз ринку;

- археологія;

- безпека, військова справа і розвідка;

- загальна і спеціальна освіта. [2]

Так, до прикладу, для управління сільськогосподарським підприємством, що проводить продукцію рослинництва, необхідна об'єктивна інформація про розміри і стан сільгоспугідь. Великий об'єм просторової і атрибутивної інформації якісно можна обробляти і аналізувати тільки за допомогою спеціального програмного забезпечення, що враховує як

просторову прив'язку, так і спеціальні відомості про поля. Спеціалізовані ГІС для сільського господарства в Європі і США вже давно не екзотика, а необхідний компонент системи комплексного управління господарством. [2]

Наявні в господарствах України картографічні матеріали, які є основою ГІС зазвичай неповні, в значній мірі застаріли і не відповідають сучасним вимогам, що висувуються інтенсивними агротехнологіями до картографічної основи. Всі картографічні матеріали можна умовно розділити на три групи: землевпоряджувальні, ґрунтові, агрохімічні. Землевпоряджувальні матеріали

представлені або планами внутрішньогосподарського землеустрою радянського періоду або сучасними кадастровими планами. Ґрунтові матеріали представлені ґрунтовими картами, екладеними частіше всього 20-30 років тому і картами агропромислових груп ґрунтів. І ті та інші, як показує

практика, відсутні в більшості господарств. Агрохімічні матеріали представлені агрохімічними картографіями (вмісту гумусу, рухомого фосфору, рухомого калію, Рh) різної давності. [2]

Сучасна агрономічна ГІС передбачає упорядкування процесу наповнення системи картографічними матеріалами, заповнення бази даних відомостями про показники ґрунтів, фітосанітарний стан посівів, введення відомостей про пропоновані агротехнології, вироблення пропозицій по використанню ГІС в господарствах, навчання фахівців господарств, учбових і проектних організацій, розробки і використанню ГІС в рослинництві. [2]

Використання геоінформаційних систем дозволяє оперативно отримувати інформацію за запитом і відображати її на електронній карті, оцінювати стан екосистеми і прогнозувати її розвиток.

ГІС-технології відіграють важливу роль у дослідженні раціонального використання та охорони агроландшафтів. Будь-яка ГІС-система має включати п'ять основних складових [29]:

- апаратні засоби. Це комп'ютер, на якому запущено ГІС. В даний час ГІС працюють на різних типах комп'ютерних платформ - від централізованих серверів до окремих або пов'язаних мережею настільних комп'ютерів;

- програмне забезпечення. Містить функції та інструменти, необхідні для зберігання, аналізу та візуалізації географічної інформації. До таких програмних продуктів належать: інструменти для введення та оперування географічною інформацією; система управління базою даних (DBMS або СУБД); інструменти підтримки просторових запитів, аналізу та візуалізації;

- дані;
- виконавці;

- методи.

Можливості ГІС:

1. введення, накопичення, зберігання і обробка цифрової картографічної і екологічної інформації;
  2. побудова на підставі отриманих даних тематичних карт, що відображають поточний стан екосистеми, дослідження динаміки зміни екологічної обстановки у просторі та часі, побудова графіків, таблиць, діаграм;
  3. моделювання розвитку екологічної ситуації в різних середовищах і дослідження залежності стану екосистеми від метеоумов, характеристик джерел забруднень, значень фонових концентрацій;
  4. отримання комплексних оцінок стану об'єктів навколишнього природного середовища на основі різномірних даних.
- До останнього десятиліття прості моделі даних використовувалися в різних проектах ГІС для надання конкретних рішень для задоволення потреб користувачів у різних організаціях. Швидке розширення діапазонів просторових даних і зростаючі потреби додатків спричинили деякі прогалини та проблеми в процесах інтеграції даних щодо їх спільного використання, пов'язаного з обробкою даних і процедурами застосування. Інформація означає владу для тих, хто приймає рішення, але питання легкого інтегрування даних залишається актуальним. Тут виникає важлива потреба в сильній інтеграції складних наборів даних, які використовуються в широкому діапазоні програм ГІС. По суті, Геоінформаційна система має справу з просторовими даними, що змінюються з різних джерел. Останні розробки в області картографування збільшили кількість потенційних користувачів ГІС у багатьох секторах, включаючи транспорт, лісове господарство, реєстрацію землі, сільське господарство, навколишнє середовище та планування об'єктів. Усі ці дисципліни намагаються отримати кращі дані для кращих рішень. Структура даних, побудована на основі моделі даних, стала більш складною через природу географічних даних, які зберігають записи про розташування, атрибути, зв'язки та часові характеристики просторових явищ. [4]

Інтеграція ГІС з іншими інформаційними системами породжує їхню багатоаспектність. У ГІС здійснюється комплексне оброблення інформації від збору даних до її зберігання, оновлення та подання.

ГІС активно використовуються в системах екологічного моніторингу. У таких

ГІС активно застосовуються дистанційні системи моніторингу - супутникові та аерофотозйомки у поєднанні з локальними системами моніторингу.

ГІС використовується також там, де необхідне оперативне керування ресурсами та швидке прийняття рішень. По деяким оцінкам 80-90% всієї

інформації можна представити у вигляді ГІС. Геоінформаційна система дає

можливість накопичувати інформацію, видавати вам її у зручному для вас вигляді, та маніпулювати цими даними, що мають просторову прив'язку. [2]

Існує три основні способи інтеграції геопросторових даних –

інтегрування, трансформація та консолідація. Вони в свою чергу включають

набір процесів, які забезпечують підготовки та обробки даних для реалізації цього процесу.

До основних способів, використаних у магістерській роботі, можна віднести такі: оцифровка, консолідація, накладання, трансформація та конвертація даних.

*В загальному оцифровка* – це процес, за допомогою якого аналогові процеси та фізичні об'єкти перетворюються в цифровий формат. Для ГІС спеціалістів оцифрування є процесом переведення об'єктів, зображених на

фізичних або сканованих паперових картах у належним чином розміщені

точки, лінії та полігони у середовищі геоінформаційних систем. Наразі

оцифровка паперових карт являється важливим етапом збору даних, так як іноді іншого формату необхідних даних просто не існує. Результатом

оцифровки карт є векторне картографічне зображення, яке слугує

фундаментом для створення повноцінної геоінформаційної системи.

*Консолідація даних* – це процес об'єднання даних із кількох джерел, їх очищення та перевірки шляхом видалення помилок і збереження в одному місці, наприклад у сховищі даних або базі даних. ГІС накопичує дані з різних

джерел і в різних форматах. Процес консолідації даних полегшує уніфікацію цих даних.

Оскільки дані надходять із різних джерел, консолідація дозволяє легше представляти дані, виконуючи ефективний аналіз даних. Методи консолідації даних зменшують неефективність, наприклад дублювання даних і витрати, пов'язані із залежністю від кількох баз даних і кількох точок керування даними.

Техніка консолідація даних складається з двох технологій: вилучення, перетворення та завантаження (ETL) і вилучення, завантаження та перетворення (ELT).

ETL є одним із найбільш широко використовуваних методів керування даними для консолідації даних. Це процес вилучення даних із вихідної системи та завантаження їх у цільову систему після перетворення (включаючи очищення даних, агрегацію, сортування тощо).

*Накладання даних (overlay).*

Операція накладання - це набагато більше, ніж просте об'єднання рядків, усі атрибути об'єктів, які беруть участь у накладенні, переносяться, для створення нового набору даних.

Загалом існує два методи аналізу накладання - накладання об'єктів (накладання точок, ліній або багатокутників) і растрове накладання. Деякі типи аналізу накладання піддаються тому чи іншому з цих методів. Аналіз накладання для пошуку місць, які відповідають певним критеріям, часто найкраще виконувати за допомогою растрового накладання (хоча ви можете зробити це з даними об'єктів). Звичайно, це також залежить від того, чи зберігаються ваші дані як об'єкти чи растри.

Деякі ГІС продукти дозволяють переглядати і накладати один на одного векторні і растрові файли в різних форматах і проекціях без перетворення у внутрішній або загальний формат. Такий процес інтеграції даних дозволяє створювати унікальні комбінації даних для подальшої роботи з ними та аналізу.



*Трансформація даних* - це процес перетворення даних або інформації з одного формату в інший, як правило, з формату вихідної системи в необхідний формат нової системи призначення.

При роботі з різнорідними геоданими в ГІС можна часто стикнутися з проблемою розміщення даних в різних системах координат, що унеможливує роботу з такими ними. В такому разі, фахівцям, спочатку потрібно провести географічну трансформацію, а вже потім приступати до роботи з даними.

Географічна трансформація - тематичне перетворення значень широти та довготи для набору точок з однієї географічної системи координат на еквівалентні значення в іншій географічній системі координат. Залежно від залучених географічних систем координат перетворення може бути здійснене різними способами.

*Конвертація даних* - це перетворення формату даних. При пошуку даних, часом, зустрічаються набори даних у форматах, які не поширені або застарілі. В таких випадках, для додавання в потрібний ГІС продукт і подальшої роботи з ним, необхідно здійснити конвертування даних в інший формат. Таку можливість надають онлайн сервіси по перетворенню файлу у потрібний вам формат. Ще варіантом конвертації являється можливість додати такий файл у програму, яка підтримує даний формат і вже через експорт даних змінити на потрібний користувачу.

Успіх інтеграції просторових даних зазвичай залежить від аспектів доступу та передачі даних і в основному від наявності або відсутності відповідної структури організації процесу.

Дослідивши статтю Li G. і Choi Y. «HPC cluster-based user-defined data integration platform for deep learning in geoscience applications» в якій було представлено метод попередньої обробки та аналізу великих геонаукових даних на основі онлайн платформи GeoDIP. В цій науковій роботі було застосовано набори різних геоданих для прогнозування опадів з часом на досліджувану територію. Результати показали, що інтегровані дані з трьох

наборів даних забезпечили покращену продуктивність прогнозування опадів з часом. Це продемонструвало, що ця платформа інтеграції даних полегшує використання кількох наборів даних для аналізу природних явищ. Також було перевірено ефективність прогнозування опадів за допомогою трьох різних джерел геонаукових даних. Результати показали, що різноманітна інформація може допомогти покращити ефективність прогнозування. [6]

## 1.2 Загальні положення одержання геоданих. Характеристика їхніх властивостей

Геодані, також відомі як географічні дані або геопросторові дані, стосуються даних та інформації, які мають явний або неявний зв'язок із місцем розташування відносно Землі.

Загальні типи географічних даних включають векторні файли, які складаються з вершин і шляхів; растрові файли, які складаються з пікселів і комірок сітки; географічні бази даних, які виконують функцію житлових векторів і растрів; багаточасові дані, які додають часову складову інформації; і веб-файли.

Геопросторові дані містять інформацію про геометрії (точки, лінії, багатокутники, сітки), пов'язані з розташуванням на карті. Цей зв'язок зазвичай встановлюється через координатні дані - так звані геокоординати, які несуть інформацію про довготу та широту. Ці геокоординати проєктуються на земну поверхню, де ми можемо використовувати їх для представлення будь-якої геометрії.

Наприклад, конкретне розташування може бути представлено точкою з використанням пари координат для довготи та широти розташування. Дороги або річки можна зобразити лінією, тобто зв'язаною послідовністю таких точок.

Області, наприклад планування будівель або межі районів, муніципалітетів, округів або країн, можуть бути представлені багатокутними формами. Нарешті, комірки сітки можуть бути використані для надання просторових

підсумків змінних, таких як щільність населення або частка мешканців етнічних меншин у невеликих штучних квадратних зонах (наприклад, клітини сітки квадратних кілометрів). Геопросторові дані мають геоприв'язку.

Географічні дані можна отримати з телематичних пристроїв, даних глобальної системи позиціонування (GPS), геопросторових супутникових зображень, Інтернету речей і геотегів. Географічні дані, включають:

- Адміністративні дані (межі - міста та планування)
- Соціально-економічні дані (демографічні показники - економіка та злочинність)
- Транспорт (дороги -- залізниці та аеропорти)
- Дані про висоту (рельєф і рельєф)
- Екологічні дані (сільське господарство -- ґрунти та клімат)
- Гідрографічні дані (океани, озера та річки)

Геопросторові дані використовуються для візуального зображення та кращого розуміння впливу людської діяльності на конкретне географічне розташування. ГІС використовують програмне забезпечення цифрових геоданих для збору, зберігання та аналізу геопросторових даних, які потім використовуються для створення багат шарових карт для кращого аналізу складних екологічних подій і соціально-економічних тенденцій.

Візуальне представлення даних у географічному контексті допомагає прояснити, як дані пов'язані з певним місцем, і висвітлює закономірності, які інакше можуть залишитися непоміченими. Візуалізація геоданих досягається за допомогою геопросторового моделювання, яке використовує передові картографічні технології для інтеграції інтерактивної візуалізації в традиційні карти, надаючи аналітикам можливість взаємодіяти, змінювати параметри та визначати зв'язки на карті геоданих.

Застосування географічних даних у геопросторових технологіях особливо корисно в таких випадках, як міське планування та розвиток, маршрутизація для авіакомпаній, оцінка майнових ризиків для страхування, сповіщення про евакуацію, пов'язані з погодою, оптимізація військової

логістики, швидка ідентифікація та усунення аномалій, мережі та телекомунікації.

Геопросторові дані поділяються на базові геопросторові дані та тематичні геопросторові дані.

Базові геопросторові дані - ядро геоінформаційних ресурсів інфраструктури, завдяки якому просторово і тематично об'єднуються всі інші геопросторові та негеопросторові (атрибутивні, профільні, тематичні) дані.

В даній роботі до базових геопросторових даних, які необхідні для дослідження агроландшафтів відносяться: системи відліку координат і висот; адміністративно-територіальні одиниці, в тому числі їх межі, земний покрив та ґрунти; цифрову модель рельєфу.

Тематичні геопросторові дані - усі види географічних даних, що створюються з використанням базових наборів даних і відповідають вимогам стандартів на географічну інформацію та метадані.

В даній роботі тематичними геопросторовими даними будуть виступати визначені та створені набори геоданих для забезпечення ідентифікації агрогруп ґрунтів.

Ефективна інтеграція та широкий обмін геопросторовими даними є важливою та основною передумовою для полегшення досліджень та застосування науки про геоінформацію. Однак семантична неоднорідність геопросторових даних є основною проблемою, яка суттєво перешкоджає інтеграції та спільному використанню геопросторових даних.

Типовий життєвий цикл геопросторових даних можна розділити на шість етапів:

1. Збір даних. Геопросторові дані отримують шляхом спостереження за географічними явищами або вимірювання географічних об'єктів за допомогою спеціальних інструментів або приладів виробниками даних.

2. Обробка даних. Деякі етапи обробки будуть прийняті, щоб зробити дані більш стандартизованими або легшими для використання.

3. Зберігання даних. Дані будуть представлені у відповідній структурі даних і форматі.

4. Управління даними. Метадані оброблених даних будуть записані відповідно до вмісту даних. Даними керуватиметься за допомогою професійної бази даних або каталогу даних.

5. Обмін даними. Дані будуть надані через веб-платформу для обміну даними або друковану копію.

6. Застосування даних. Користувачі отримають і завантажать потрібні дані з платформи обміну. Далі користувачі застосуватимуть операції ГІС до геопросторових даних для виконання прикладного завдання.

Кілька характеристик геопросторових даних формуються поступово на перших трьох етапах, як показано на Рисунку 1.3. Ієрархія характеристик геопросторових даних включає три рівні: загальний рівень, складений рівень і елементарний (початковий) рівень. Загальні характеристики можна розділити

на три типи на складеному рівні: характеристики походження, основні та морфологічні характеристики. Перед початком збору геопросторових даних, слід з'ясувати три основні питання «що, де і коли» щодо даних, а саме

тематичне, просторове та часове покриття. Ці три елементарні характеристики становлять основні характеристики. Ці характеристики називаються

основними, тому що вони є ідентичністю геопросторових даних і можуть використовуватися для відмінності геопросторових даних один від одного.



Рис. 1.3. Ієрархія характеристик геопросторових даних.

Морфологічні характеристики описують внутрішню структуру та зовнішню форму геопросторових даних. Елементарні морфологічні характеристики включають просторову точність, просторову гранулярність, часову гранулярність, систему відліку координат (CRS), систему відліку часу, формат часу, одиниці вимірювання, мову, символ карти, тип даних і формат даних тощо. Однак не всі типи морфологічної інформації наявні в усіх геопросторових даних (деякі з них можуть бути відсутніми).

Характеристики походження описують, як геопросторові дані були отримані, і включають елементарні характеристики інструментів або інструментів, що використовуються для збору даних, алгоритмів або програмного забезпечення, що використовується для обробки даних, і людей, які виконують ці дії тощо. [7]

Геопросторові дані можна отримати з різних платформ та геосервісів, які наразі є досить поширеними та інтенсивно розвиваються. Загалом, є дуже багато локальних ресурсів з відкритими даними, які надаються національними агентствами конкретних країн. По Україні надається достатньо відкритих джерел геопросторових даних, адже в Україні триває процес створення, функціонування та розвитку національної інфраструктури геопросторових

даних, тому можливо через декілька років ми зможемо активно використовувати різномірні набори геоданих у відкритому доступі.

Наразі до державних джерел різномірних геопросторових даних ми можемо віднести такі:

- Національний геопортал - <https://nsdi.gov.ua>
- Портал відкритих даних - <https://data.gov.ua>
- Публічна кадастрова карта України - <https://map.land.gov.ua/>
- Дорожній геокалькулятор - <https://kmaplus.ukravtodor.gov.ua/>
- Портал державної електронної системи у сфері будівництва -

- <https://e-construction.gov.ua/>
- та багато інших урядових, державних порталів національного, регіонального та місцевого рівнів.

Приватні:

- Всеукраїнський портал даних - <https://geoportalua.com/>
- Аналітика для управління земельним банком - <https://vkursi.pro/>
- Visicom Карта - <https://api.visicom.ua/>
- та інші.

Опрацювавши статтю Songnian Li, Suzana Dragicevic, Monika Sester та François Anton «Geospatial Big Data Handling Theory and Methods: A Review and Research Challenges» було розглянуто проблеми збирання та обробки великих масивів геопросторових даних, переглянуто існуючі методи та теорії обробки

геопросторових даних, щоб визначити, чи вони все ще здатні обробляти нові

геопросторові великі дані. З дослідження можна визначити, що геодані являються важливою інформативною складовою, але в той же час великі обсяги геоданих потребують великої роботи по обробці, так як зібрані

автоматично, вони мають різну точність та якість. Позитивним є те, що велика

кількість геоданих дозволяє отримати «повну картину» просторової ситуації, включаючи її динаміку. [8]

### 1.3 Використання геопросторових даних для дослідження

#### агрландшафтів

Зростаюча напруга між потребою суспільства в ресурсах і просторі, з одного боку, і здатністю землі задовольняти ці потреби, з іншого боку, призводить до безпрецедентних змін у конфігурації ландшафту, а отже, й у навколишньому середовищі.

Еволюція вчення про ландшафт здійснювалася на основі поступового розвитку географії. Тому перехід від аналізу до синтезу, тобто до уявлення про природний географічний комплекс, був неможливим без опори на фундаментальні закони природничих наук.

Термін «ландшафт» походить від німецького «die Landschaft» і дослівно означає: 1) «красвид», «пейзаж» або 2) «край», «країна», «провінція». Але в географічній науці поняття про ландшафт не зводиться до пейзажу, тобто картини природи, і використовується для відзначення цілісності та неповторності (своєрідності) окремих ділянок території. Саме в такому розумінні слово ландшафт як науковий термін вперше використав Г. Гоммейер в 1805 році [14].

Найбільш повне визначення ландшафту належить колективу співробітників лабораторії ландшафтознавства під керівництвом М. А. Солнцева: «Ландшафт - це генетично однорідний ландшафтний комплекс, який має єдиний геологічний фундамент, один тип рельєфу, однаковий клімат і складений із властивого тільки даному ландшафту набору динамічно сполучених основних і другорядних урочищ, що закономірно повторюються у просторі».

В цьому визначенні враховані всі основні особливості і ознаки, які дозволяють розпізнавати ландшафти у природі, відрізнити їх один від одного і від ландшафтних комплексів інших рангів. Генетична однорідність території передбачає однаковість умов виникнення та розвитку ландшафтного



комплексу на всьому його протязі і зумовлює формування характерних тільки для нього властивостей і ознак [15].

Аграрні ландшафти (сільські ландшафти, агроландшафти) - території, сформовані сільськогосподарським виробництвом. Вони сприяли розвитку людських цивілізацій і є культурним досягненням.

В основі агроландшафту лежить земельний масив, який складається з множини пов'язаних між собою компонентів. В якості останніх можуть виступати і природні об'єкти з факторами впливу, і технічні засоби систем землеробства. У загальному вигляді утворюється єдина екологічна

середовище з елементами технологічного контролю окремих її режимів і параметрів - ґрунтових, гідрологічних, теплових і т. д. Іншими словами, агроландшафт це поєднання агробіогеоценозів, й других складових, які пов'язані одна з одною в одне ціле, утворюючи тим самим одну велику систему. В той же час агроландшафт - це територіальна одиниця,

використовувана для вирішення цілком конкретних завдань землеустрою. Як правило, вона організовується на сприятливою з точки зору ведення сільського господарства місцевості з достатніми можливостями саморегуляції. Дана

система також характеризується антропогенними властивостями, які дозволяють здійснювати управління ресурсами.

Формування стійких агроландшафтів має убезпечити майбутні покоління від суттєвого погіршення стану земельних ресурсів, а отже, ґрунтуватися на концепції сталого розвитку в землекористуванні. Також

зазначу, що одним із головних принципів формування агроландшафту, що зустрічається в досліджених нами методичних підходах, є оптимізація його структури та співвідношення земельних угідь. Уявлення про сутність агроландшафту повинно відігравати роль інтегруючого центру, системи географічних (а не тільки фізико-географічних) і сільськогосподарських (а не

лише агрономічних) наук, а також бути важливим для соціальної екології та охорони навколишнього середовища. Вчені по-різному підходять до

визначення поняття агроландшафт, тому нами було узагальнено методичні підходи.

А.Мартин, М.Ступень, А.Трегяк підходять до визначення агроландшафту як еколого-ландшафтної організації внутрішньогосподарського землеустрою сільськогосподарських підприємств.

Екологоландшафтний внутрішньогосподарський землеустрій сільськогосподарських підприємств виступає організаційно-територіальною основою для раціонального використання земельних угідь [20].

В.Кривов, О.Лозовий дають визначення агроландшафту як ландшафту, використання якого забезпечує сталий розвиток землекористування в сільському господарстві. Організація території (структури) агроландшафту повинна встановлюватися з урахуванням закону відповідності фітоценозу свого розміщення [21].

Агроландшафти формуються в результаті взаємодії природно-потенціальних комплексів з усіма ланцюгами системи землеробства, зокрема з інфраструктурою, протиерозійними заходами постійної дії (лієосмути, протиерозійні гідротехнічні споруди різних типів, межі полів і сівозмін, польові дороги, гідрографічна мережа).

В наш час можна говорити про два типи агроландшафтів, що сформувалися в Україні. Перший тип характеризується розлогими ланами, помережаними полезахисними лісосмугами, 80-90%-ною розораністю земельного фонду. Тут поширені монокультури у помірних нормах застосовуються мінеральні добрива і хімічні засоби. Це - наші степи. Другий тип характеризується мозаїчним поширенням полів серед деревної рослинності, диференційованим вирощуванням сільськогосподарських культур інтенсивним застосуванням мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Це - зони Лісостепу і Полісся. Таким ландшафтам притаманна значно вища продуктивність при збереженні природного продукційного потенціалу.

В основі агроландшафту лежить земельний масив, який складається з безлічі пов'язаних між собою компонентів. В якості останніх можуть

виступати і природні об'єкти з факторами впливу, і технічні засоби систем землеробства. У загальному вигляді утворюється єдина екологічне середовище з елементами технологічного контролю окремих її режимів і параметрів - ґрунтових, гідрологічних, теплових і т. д. У той же час агроландшафт - це територіальна одиниця, використовувана для вирішення цілком конкретних завдань землеустрою. Як правило, вона організовується насприятливій з точки зору ведення сільського господарства місцевості з достатніми можливостями саморегуляції. Дана система також характеризується антропогенними властивостями, які дозволяють здійснювати управління ресурсами. Варто виділити і основні проблеми агроландшафтів, які наведені на Рисунку 1.4.

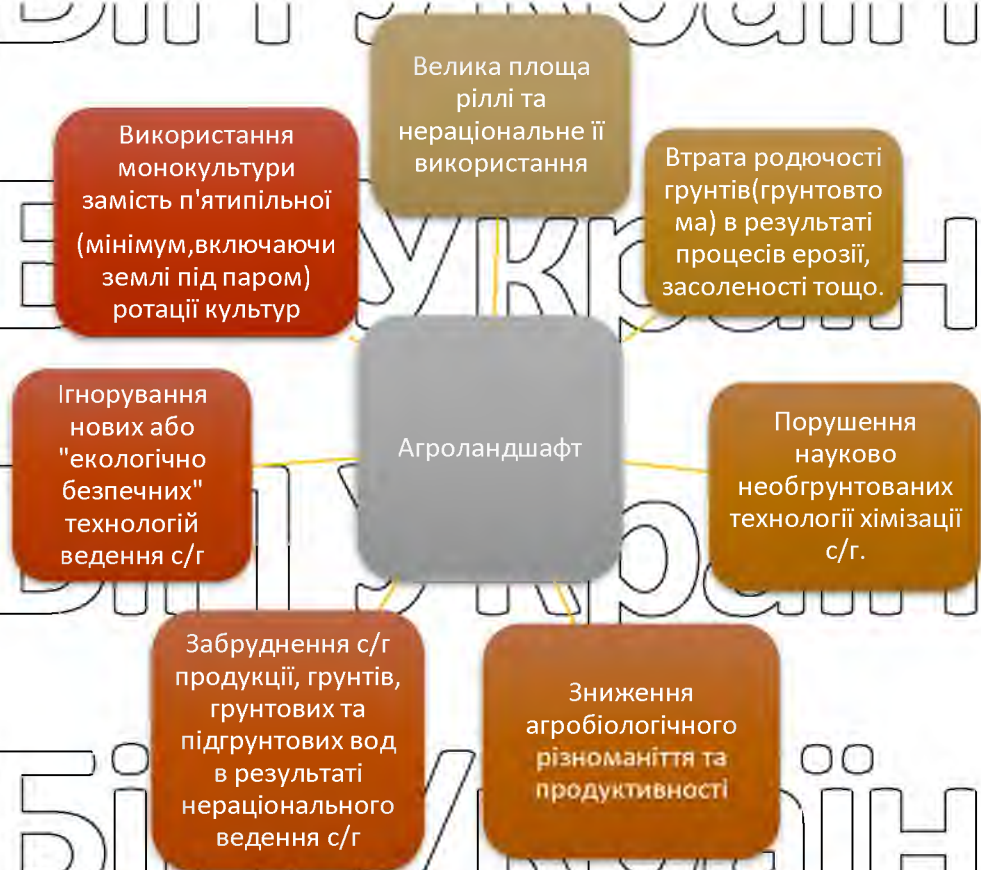


Рисунок 1.4 Основні проблеми агроландшафтів

Можна виділити дві групи складових частин, які утворюють агроландшафт - як уже говорилося, це природні і землеробські елементи. До перших відносяться такі:

Грунти агроландшафтів, які самі по собі можуть представлятися в якості складної багатошарової системи.

- Гідрологічна мережа та рельєф.
- Повітряне середовище.
- Водні ресурси.
- Мікроклімат з його параметрами.
- Флора і фауна.

Поверхня Землі змінюється внаслідок діяльності людини та природних процесів. Точне представлення характеристик ландшафту та точне визначення

просторово-часових змін є цінними вхідними даними для моделей навколишнього середовища, ландшафтного та міського планування та аналізу історичних змін земельного покриву.

Оптимізація використання агроландшафтів регіону, їхня охорона та раціональне використання поряд із широким застосуванням різномірних геопросторових даних, виступає запорукою економічного розвитку держави.

Геодані виступають важливою складовою сучасного агроландшафтного аналізу. З використанням геоданих ГІС-спеціаліст може моделювати,

моніторити та аналізувати зміни в часі на досліджувану територію. На основі оброблення геоданих та на основі геопросторового аналізу проводиться моніторинг агроландшафту та створюються рекомендації щодо раціонального використання.

Агрландшафти постійно змінюються, що має масштабні наслідки як для людей, так і для природи. Щоб отримати загальне уявлення про ці зміни та уникнути негативних наслідків, дедалі більше визнається необхідність їх моніторингу [23].

Агроекологічний моніторинг довкілля є сучасною формою реалізації процесів екологічної діяльності за допомогою засобів інформатизації і

забезпечує регулярну оцінку і прогнозування стану середовища життєдіяльності суспільства та умов функціонування екосистем для прийняття

управлінських рішень щодо екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування [22].

Основу сучасних систем моніторингу агроландшафтів наразі складають геоінформаційні системи та геопросторова інформація у вигляді просторових баз даних, технології та методи обробки даних ДЗЗ, картографічні веб-додатки та сервіси [13].

Фундаментальним аспектом моніторингу є те, що результати мають бути порівнюваними з часом. Розуміння просторово-часового розподілу, закономірностей і впливу зміни ландшафту має важливе значення для сталого управління ресурсами Землі.

Дослідники Dan-Adrian Chelari, Florin Constantin Mihai, Adrian Ursu у своїй статті «The analysis of agricultural landscape change using GIS techniques.

Case study: Podoleni, Romania» проаналізували часові зміни у агроландшафтах через політичну та соціально-економічну складову. Вихідними матеріалами для дослідження було взято топографічні карти за різні періоди та ортофотоплан 2006 року. Дослідження було проведено за допомогою ГІС систем. Результати показали зміну в агроландшафтах Румунії через політичні та соціальні фактори та підкреслили оптимальне управління сільськогосподарськими землями. [10]

У дослідженні Ettehad Osgouei P., Sertel E., Kabadayi M. E. «Integrated

usage of historical geospatial data and modern satellite images reveal long-term land

use/cover changes in Bursa/Turkey, 1858-2020» показано, як за допомогою інтегрування геопросторових даних та сучасних супутникових зображень

можна проаналізувати довгострокові зміни у землекористуванні. В дослідженні було взято територію Туреччини місто Бурса за період 1858-2020

рр. Дослідники запропонували методи полегшення підготовки історичних наборів даних для виявлення змін і представлено об'єктно-орієнтовану схему

спільної класифікації для наборів даних із багатьох джерел для точного відображення просторово-часових змін.

Для дослідження було взято кадастрові карти 1858 року M1:10000, аерофотознімки 1955 року M1:30000 та супутникові зображення WorldView-3 за 6 вересня 2020 року. Робочий процес включав три етапи: попередню обробку, відображення і статистичний аналіз змін землекористування та земельного покриття (Рисунок 1.5).

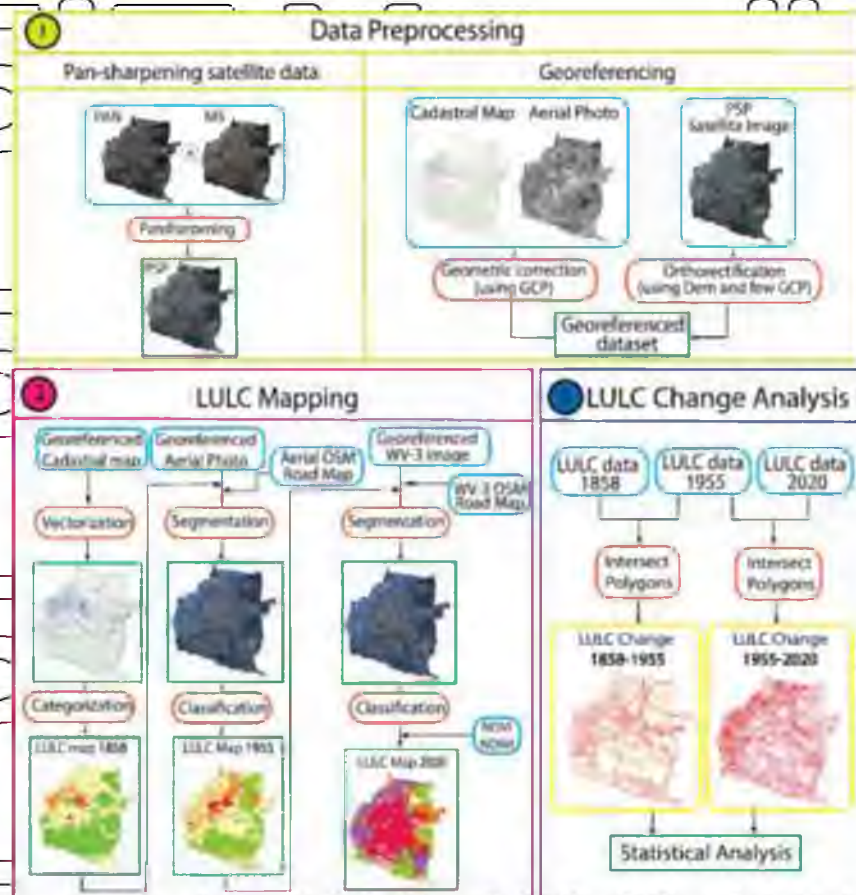


Рисунок 1.5 Блок-схема обробки даних для аналізу змін у землекористуванні території Турецьчини міста Бурса

В результаті дослідження була встановлена загальна точність вихідних картографічних даних, яка склала більше 85%. Результати показали, що гібридний підхід ручних і об'єктних методів дуже корисний для класифікації односмугових аерофотознімків. Ітераційне використання класифікованих геопросторових даних більш ранньої дати для сегментації та класифікації даних у наступну дату полегшує як створення карт землекористування та земельного покриття.

Незважаючи на деякі обмеження аерофотознімків та історичних кадастрових карт, включаючи властиві геометричні спотворення, відсутність

топографічних властивостей та погіршення якості зображення, спричинене скануванням оригінальної паперової копії; ці історичні геопросторові дані надають цінну інформацію про історичний просторовий розподіл класів землекористування та земельного покриву, щоб зрозуміти минулі ландшафтні умови та те, як ці території змінилися через різні фактори. Класи, які будуть оцінюватися, потрібно витягти з усіх наборів даних. Тому вони обмежені характеристиками традиційних карт і аерофотознімків.

Мультичасові карти землекористування можна використовувати для прогнозування майбутніх ландшафтних умов і аналізу часових змін. [9]

Дослідники Астрід Ванноппен, Джерун Дегеріккс, Енн Гобін у своїй публікації описали особливості оцінки привабливості ландшафту за допомогою геопросторових даних, це було практичне дослідження у Фландрії, Бельгія. В результаті було проаналізовано поточний стан ландшафтної привабливості у Фландрії та оцінено за допомогою об'єктивної системи моніторингу ландшафтної привабливості на основі набору показників, отриманих із геопросторових баз даних і даних дистанційного зондування. вдалося виявити тенденції, пов'язані з сільським господарством у Фландрії, такі як незначне зменшення загальної сільськогосподарської площі, зменшення домінування пасовищ, кукурудзи та зернових, зменшення різноманітності культур, величезне збільшення впровадження АБА та зниження стану оголеного ґрунту взимку. [11]

Юрай та Дана Лієковські у своєму дослідженні «Залишення орних земель у Словаччині: аналіз і порівняння різних джерел даних» використовували чотири різночасові джерела даних про земельний покрив землекористування. Оцінка історичної динаміки земель (HILDA), Набір даних про історичне землекористування Карпат (CHLUD), дані CORINE Land Cover (CLC) і класифікація зображень Landsat.

Модель Historic Land Dynamics Assessment (HILDA) прогнозує зміни земельного покриву за 1900-2010 роки з 10-річними інтервалами на основі сукупного набору даних CORINE 2000. Набір даних HILDA містить п'ять

класів ґрунтового покриву: поселення (включаючи зелені міські зони), ріллі (включаючи фруктові сади та агролісокультури), пасовища (включаючи природні луки), водно-болотні угіддя, пасовища та середземноморську чагарникову рослинність), ліси (включаючи перехідні чагарники та ліси, розплідники дерев і лісовідновлені території для цілей лісового господарства) та інша земля (включаючи льодовики, рідкорослі території, пляжі та водойми).

Було припущено, що через різну просторову, часову та тематичну роздільну здатність наборів даних будуть відмінності в кінцевих показниках залишення орних земель. Дослідники перевірили набори даних, порівняли відмінності, інтерпретували результати та об'єднали інформацію з різних наборів даних, щоб сформувати загальну картину тривалого залишення орних земель у Словаччині. Вони створили карти ґрунтів з роздільною здатністю 30 м за 1985, 2000 та 2010 роки, шляхом класифікації мультисезонних зображень Landsat для Карпатського екорегіону, включаючи всю Словаччину.

Було визначено, що набір даних Historical Carpathian є більш надійним довгостроковим набором даних, він зафіксував, що  $19,65 \text{ км}^2/\text{рік}$  — середня залишеність орних угідь за 1836-1937 рр.,  $154,44 \text{ км}^2/\text{рік}$  - за 1938-1955 рр. і  $140,21 \text{ км}^2/\text{рік}$  за 1956-2012 рр. Для порівняння, Landsat, фіксує -  $142,02 \text{ км}^2/\text{рік}$  залишеності за 1985-2000 роки та  $89,42 \text{ км}^2/\text{рік}$  за 2000-2010 роки. Однак ці показники були б вищими, якби набір даних містив дані про урбанізацію та більш точну інформацію про лісонасадження. Земельний покрив CORINE відображає зміни площею понад 5 га, тому рівень залишення ріллі нижчий.

У цьому дослідженні показуються різні загальнонаціональні багаточасові просторові джерела даних та аналіз їх залучення до моніторингу та прогнозування площі орних угідь, рівень залишення орних угідь і перетворення орних земель на інші категорії земельного покриву/землекористування в Словаччині [12].

Серед українських вчених дослідженням агроландшафтів з використанням геоінформаційних технологій займалися Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф.,



Лівак О. І., О. Г. Тараріко, О. В. Сиротенко, Т. В. Ільєнко, Т. Д. Кучма, Н. В. Максименко, К. Ю. Михайлова [16-19]

Отже, на основі огляду літератури встановлено, що обрана тема магістерської роботи є досить актуальною в Україні та світі, а також визначено, що недостатньо вивчені способи інтегрування геоданих для дослідження агроландшафтів Полтавської області.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 2 Загальна характеристика модельної території

### 2.1 Кліматичні і ґрунтові умови

Полтавська область розташована в центральній частині лісостепової зони України. На заході Полтавщина межує з Київською, Черкаською та Кіровоградською областями, на сході - з Харківською, на - з Чернігівською та Сумською областями, на півдні - з Дніпропетровською. Загальна довжина меж близько 1100км.

Площа області складає 28 750 км<sup>2</sup>, це 4,6% від загальної площі України.

На південному заході Полтавської області протікає річка Дніпро, більша частина течії якого зарегульована водосховищами.

Географічне положення Полтавської області характеризує її належність до помірного кліматичного поясу, крайньої частини південної атлантико-континентальної помірно-теплої помірно-вологої кліматичної області.

Загалом для території Полтавщини притаманні спільні риси помірного континентального типу клімату.

Територія Полтавщини належить до недостатньо теплої та вологої агрокліматичної зони, а крайній південний схід - до посушливої, дуже теплої.

Середньорічна кількість опадів змінюється на території області, збільшуючись з півдня на північ. [26]

У цілому, кліматичні умови Полтавської області сприятливі для людей і розвитку сільськогосподарського виробництва.

У межах області виділено три агрокліматичні райони: північний, центральний, південний.

Середня температура січня: -3,7°C, липня: +21,4°C, кількість опадів становить 580- 480 мм/рік. Переважна частина опадів випадають влітку у вигляді дощів. Найнижчі температури спостерігаються в січні, найвищі - в липні.

В окремі дні липня-серпня температура повітря може досягти 36-38°C, а в січні-лютому знижується до 34-35°C. Таким чином, річне коливання

температури відносно невелике і не перевищує 70-73°C, що характерно для помірно континентальної зони [24].

Внаслідок глобальних змін клімату за останні роки зросла кількість випадків відхилення багатьох метеорологічних показників від кліматичних норм.

Агрокліматичні зони України значно змістилися на північ через зміну середньорічної температури і кількості накопиченого тепла (Рисунок 2.1).

За даними синоптиків, зони поступово мігрують (Рисунок 2.2).

Відбувається підвищення температури на 1°C, що в свою чергу тягне за собою

зсув межі агрокліматичних зон в середньому на 100 км на північ. А так як температура зросла на цілих 2°C - межа кліматичних зон змістилася на 200 км [25].



Рисунок 2.1 Карта кліматичних зон України (станом на 2019 рік)

(Жовтим виділено Степ, помаранчевим - Лісостепова зона, фіолетовим - Полісся)

Для порівняння карта звичних кліматичних зон:



Рисунок 2.2. Карта звичайних кліматичних зон України

Територія області належить до рівнинних східноєвропейських ландшафтів. Більшість ландшафтів відносяться до лісостепового типу, і лише на південному сході - до степового та північно-степового типу. У зв'язку з високим рівнем сільськогосподарської діяльності, природні ландшафти не збереглися і тому переважають антропогени. В їх структурі переважають сільськогосподарський тип ландшафтів. Місцевість області являє собою рівнину, розділену річковими долинами і ярами.

Ресурси для сільськогосподарського природокористування в області можна оцінити, як високі. Сільськогосподарські землі займають 76,1% площі області. Найбільш поширені в області ґрунти - чорноземи. Вони займають майже дві третини території області.

Якщо аналізувати агроекологічні показники земель Подільського регіону, то варто наголосити, що близько 65% території області займають чорноземи - найродючіший тип ґрунтів. При визначенні родючості ґрунту ключовими показниками є поживні речовини та біогенні речовини а саме: азот, фосфор, калій та вміст гумусу ґрунту. Саме гумус є джерелом азоту та інших пріоритетних елементів необхідних для рослин та мікроорганізмів, що

є важливим фактором продуктивності земель та родючості ґрунту. За результатами агрохімічної паспортизації (станом на 01.01.2018 р.) Полтавська філія ДУ "Держґрунтохорона" інформує: площа ґрунтів області з низьким вмістом гумусу становить 0,27%, із середнім -24,44%, підвищеним -56,39%, за високим рівнем 20,59% і дуже високим -1,31%. Інформація про вміст гумусу та деградаційні процеси ґрунтів на території Полтавської області представлена в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 Характеристика ґрунтів Полтавської області за вмістом гумусу

Рік	Площа ґрунтів, %						Середньозважений показник, %
	Дуже низький <1,1	Низький 1,1-2,0	Середній 2,1-3,0	Підвищений 3,1-4,0	Високий 4,1-5,0	Дуже високий >5,0	
2017	0,0	0,27	21,44	56,39	20,59	1,31	3,55
2018	0,1	2,2	33,3	60,4	3,9	0,1	3,19
2019	-	0,7	55,3	42,0	2,0	-	3,01
2020	-	2,9	48,6	45,1	3,4	-	3,08

Таблиця 2.2 Поширення деградаційних процесів

Види деградованих земель	Площа земель, підданих впливу, тис. га	% від загальної площі регіону
Дефляційно небезпечні землі (с/г угіддя)	749,2	26,1
Землі (с/г угіддя), піддані водній ерозії	369,3	9,4
Землі (с/г угіддя), піддані сумісній дії водної та вітрової ерозії	749,2	26,1
Землі (с/г угіддя) з кислими ґрунтами	787,867	27,4
Землі (с/г угіддя) із засоленими ґрунтами	207,935	7,2
Землі (с/г угіддя) із солонцюватими ґрунтами		
Землі (с/г угіддя) із солонцевими комплексами		
Землі (с/г угіддя) оєолодні		
Землі (с/г угіддя) перезволожені		
Землі (с/г угіддя) заболочені		
Землі (с/г угіддя) кам'янисті		
Землі, що піддані зсувам		
Забруднені землі (с/г угіддя), які не використовуються у с/г виробництві		

Якщо порівнювати з іншими регіонами України, Полтавський регіон має один із найвищих показників вмісту гумусу в ґрунтах. За вмістом основних поживних елементів як-от: азот, площа з низьким вмістом, що легко гідролізується становить 19,67%, з низьким 74,30%, середнім - 4,93%, а з підвищеним - 1,10%; за дуже низьким вмістом рухомих сполук фосфору - 0,9% площі, за низьким 11,83%, середнім 25,45%, підвищеним 33,41%, високим - 14,97% і дуже високим 13,44% площі. По калію показники такі: дуже низький вміст - 0,02%, з низьким 5,76%, середнім 36,59%, підвищеним 29,59%, за високим 16,12% і дуже високим 12,25%. Саме забезпеченість ґрунту цими основними поживними елементами впливає на ріст та розвиток вирощування сільськогосподарських культур. [30]

Ґрунти Полтавської області формувалися у помірному кліматі з майже оптимальним зволоженням; переважно на лісових карбонатних пухких породах, які вирізняються багатим мінеральним складом і мають гарні фізикохімічні властивості; лучно-степовою і степовою рослинністю на слабо дренуваних вододілах і терасах, та широколистяно-лісовою рослинністю на подрібнених правобережжях річок; на півдні області характерне неглибоке залягання ґрунтових мінералізованих вод, на півночі – промивний водний режим; під впливом давнього господарського освоєння.

На території Полтавщини виділяють 53 різновидності ґрунту, які в залежності від походження та властивостей діляться на 9 груп: чорноземи, дерново-підзолисті, опідзолені, реградовані, лучно-чорноземні, лучні, болотні і торфовища, солонці і солончаки, дернові. Найбільш поширені в області ґрунти – чорноземи. Карта ґрунтів Полтавської області показана на Рисунку 2.3.

Ґрунти в області є високо родючими - чорнозем займає 9/10 (90%) площі орних земель та придатні для вирощування практично усіх видів сільськогосподарської продукції, притаманної даній кліматичній зоні і навіть деяких південних видів (винограду, персиків та ін.).



Особливості клімату, рослинності, ґрунтоутворюючих та підстилаючих порід, характеру зволоження, господарської діяльності людини обумовили утворення на території об'єкту дослідження наступних ґрунтових відмін (Таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 Номенклатурний список переважаючих ґрунтів Полтавської області та їх площа

Агрогрупа	Площа, га	Назва агровиробничої групи ґрунтів
53д	633791,5	Чорноземи типові малогумусні та чорноземи сильнореградовані середньосуглинкові
55д	142582,8	Чорноземи типові і чорноземи сильнореградовані слабозмиті середньосуглинкові
53е	119884,3	Чорноземи типові малогумусні та чорноземи сильнореградовані важкосуглинкові
54е	76016,4	Чорноземи типові середньогумусні важкосуглинкові
53г	72340,8	Чорноземи типові малогумусні та чорноземи сильнореградовані легкосуглинкові
143	63475,2	Лучно-болотні, мулувато-болотні і торфувато-болотні солончакові неосушені ґрунти
52г	62257,3	Чорноземи типові слабогумусовані легкосуглинкові та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 відсотків
55е	48728,4	Чорноземи типові і чорноземи сильнореградовані слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті
52д	42803,3	Чорноземи типові слабогумусовані середньосуглинкові та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 відсотків
41д	41069,4	Чорноземи опідзолені і слабореградовані та темно-сірі сильнореградовані середньосуглинкові ґрунти
Інші категорії	1569863,7	

### Найбільш поширені агрогрупи ґрунтів в Полтавській області



Рисунок 2.4 Діаграма переважаючих агрогруп ґрунтів Полтавської області



З Рисунку 2.4 видно, що доміантними в структурі ґрунтового покриву території обстеження є чорноземи типові неглибокі різного ступеня змитості, реградації та різного механічного складу.

Незважаючи на значні площі, зайняті чорноземами та високий вміст гумусу в ґрунтах, в Полтавській області мають місце процеси, що негативно позначаються на стані ґрунту та зменшують його родючість. Основним процесом є втрата гумусу ґрунту. Також дії водної ерозії піддаються 369 тис. га сільськогосподарських угідь області, вітрової ерозії - 380 тис. га, що складає відповідно 17,1% та 17,6% від загальної площі сільськогосподарських угідь області

Разом з тим, ґрунти Полтавської області легко піддаються механічному руйнуванню внаслідок ерозії та дефляції. Відсоток еродованих та ерозійно небезпечних сільськогосподарських земель по області коливається в межах 5 - 62% від загальної площі. Висока активність ерозії пов'язана з високою розораністю земель. Розораність території земель Полтавської області складає 63,6%, що більше ніж в середньому по Україні (до 60%). Серед деградаційних процесів на території Полтавщини також має місце засолення ґрунту.

Наявність засолених ґрунтів по області сягає 109,9 тис. га.

За середніми багаторічними даними промерзання ґрунту починається в листопаді, відтавання - в березні.

Глибина промерзання ґрунту за станом зимового періоду коливається в таких межах: середня - 61-70 см, найбільша - 87-114 см, найменша - 25-46 см.

Безморозний період триває 155-175 днів.

Середні річні суми опадів становлять 459-555 см, зменшуючись у напрямку з півночі на південь, із заходу на схід, при цьому 68-72% їх припадає на теплий період року, тобто на квітень-жовтень. У посушливі роки особливо мало опадів у травні.

На Полтавщині сніг випадає в середньому з 15 грудня, рідко в першій половині жовтня. Середня висота снігового покриву поступово збільшується

до кінця лютого, досягаючи 9-14 см і лише на півдні області не перевищує 6 см. Сходить еніг пересібно в третій декаді березня.

Відносна вологість повітря в період вегетації не падає звичайно нижче 48-69%, що зумовлює порівняно незначне випаровування вологи з ґрунту.

За агрокліматичними показниками область розділена на дві агрокліматичні зони 1 - недостатньо волога, тепла займає майже всю територію області; 2 - посушлива, дуже тепла, це крайній південний схід області (Рисунок 2.5).

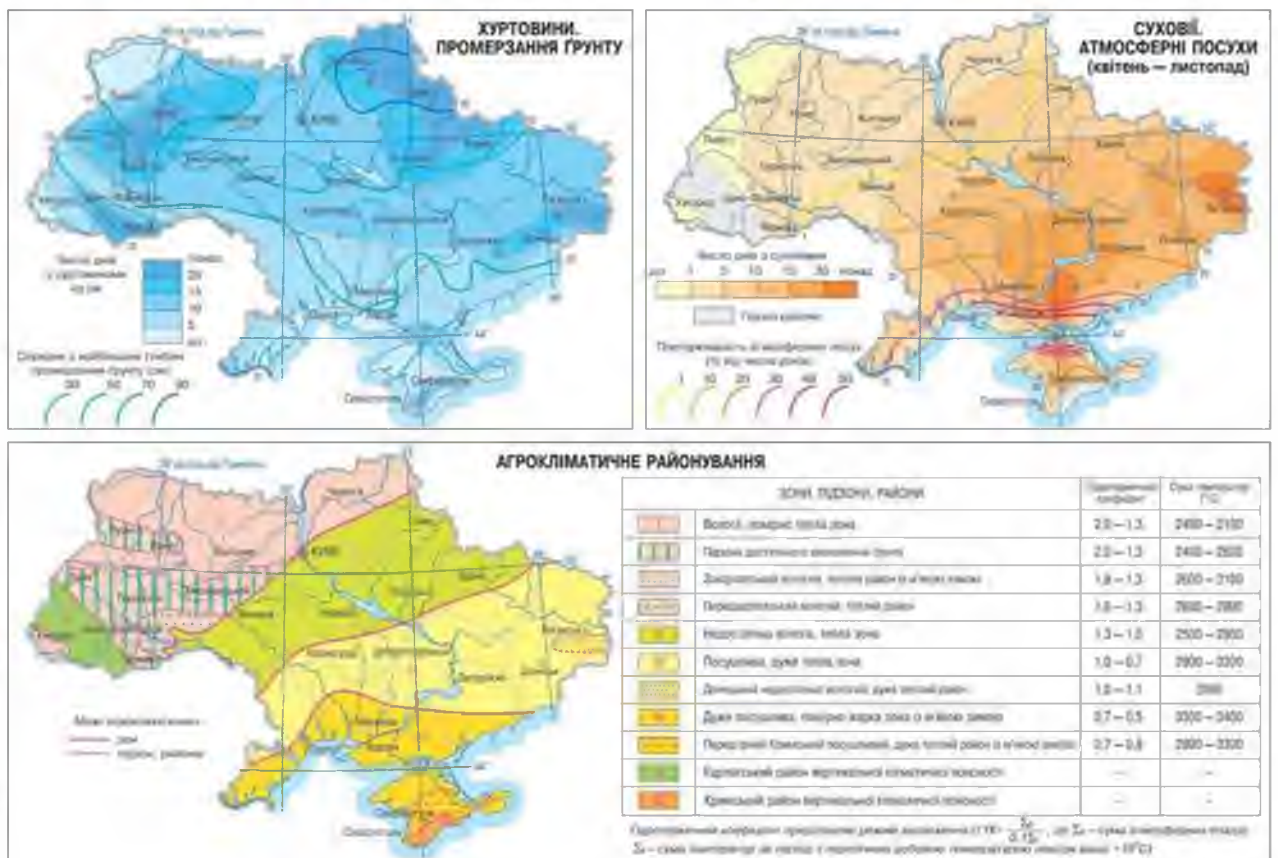


Рисунок 2.5 Агрокліматичне районування території України

2.2 Фелівеф

Територія області знаходиться в межах Придніпровської низини, поверхня її похилена на південний схід. У цьому ж напрямку течуть і річки.

Долини їх розміщені паралельно, в них круті праві і положисті, ускладнені терасами ліві береги. Виняток спостерігається лише в долині річки Псла, до

вище є. Яреськи підмиває свій лівий крутий берег. Це явище пов'язане з соляною тектонікою.

На території Полтавщини виділяють такі геоморфологічні елементи як: плато, високі пліоценові тераси, високі лесові тераси, низькі лесові тераси, піщані борові тераси, сучасні заплавні тераси.

Кожний з цих геоморфологічних елементів виразно індивідуалізований не лише морфологічно (за рельєфом), але й геологічною будовою, умовами зволоження, ґрунтоутворюючими породами, рослинністю і ґрунтовим покривом.

Плато займає найбільш підвищені вододільні міжр'ччя, розділені широкими річними долинами з стародавньою, добре вираженою водноерозійною мережею ярів, балок і прохідних долин. В межах області плато діляться на чотири райони: Удай-Сульський, Сула-Хорольський, Хороло-Псольський, Псьол-Ворсклянський

На території області добре розвинені тераси в долинах усіх місцевих річок. У долинах Дніпра і його головних приток виділяється 9 терасових рівнів: заплава, борова, або піщана, Трубізька, Переяславсько-Черкаська, Білопільсько-Чупахівська, Градизька, або Яготинська, Бурлуцька, Новохарківська, Іванівська тераси [28].

Характер рельєфу певною мірою визначає напрямок ґрунтоутворення в минулому і впливає на сучасні його процеси.

Достатній природний дренаж більшої частини області, викликаний розчленованістю поверхні, зумовив відсутність на плато гігроморфних ґрунтів, а загальна розчленованість поверхні - поширення різної міри еродованих відмін [29].

З рельєфом пов'язано розповсюдження в минулому на територію області лісів, а звідси і опідзоленість ґрунтів.

Під час виконання завдання на магістерську роботу створено цифрову модель рельєфу території Полтавської області. Варіювання висот на досліджуваній території становить від -213 до 211 метрів.

# НУБІП України

## 2.3 Земельні ресурси

Ресурси для сільськогосподарського природокористування в області можна оцінити, як високі. За 100-бальною шкалою середня якість області за ступенем їх придатності для вирощування зернових і технічних культур становить 65 балів.

Сільськогосподарські угіддя займають 76% площі області, що на 6,6% вище загальноукраїнського показника, ліси займають 9% площі (по Україні - 17,7%), землі під забудовами - 4% (Рисунок 2.6). Сюди входять такі райони:

Пирятинський, Гребінківський, Оржицький, Лубенський, Миргородський, Гадяцький, Зінківський, Шипанський, Решетилівський, Глобинський, Кобеляцький, Полтавський, Котелевський, Чутівський, Карлівський.



Рисунок 2.6 Структура земельного фонду Полтавської області

Кількість рокультивованих земель є меншою у порівнянні з обсягами щорічно порушуваних. За останніми даними Головного управління Держгеокадастру у Полтавській області, станом на 01.01.2019 року площа

порушених земель становила - 0,045 тис. га, площа рекультивованих - 0,023 тис. га.

Співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, лісових насаджень, що склалося, негативно впливає на стійкість агроландшафту. Так, у 2018 році площа порушених земель склала 0,045 тис. га (у 2017 році - 0,007 тис. га), відпрацьованих - 0,230 тис. га (у 2017 році - 0,015 тис. га), рекультивованих - 0,023 тис. га (у 2017 році - 0,015 тис. га).

За даними Державного агентства земельних ресурсів за 2020 рік, площа Полтавської області складає 2875,1 тис. га, з яких земель сільськогосподарського призначення - 2244,4 тис. га або 78,1%, з них сільськогосподарських угідь - 2166,4 тис. га, у тому числі ріллі - 1774,2 тис. га, сіножатей та пасовищ - 359,5 тис. га, багаторічних насаджень - 28,7 тис. га (Таблиця 2.4). Протягом 2000-2017 років, площа сільськогосподарських угідь в Полтавській області скоротилась на 20 тис. га. Таке скорочення відбулось за рахунок збільшення площ лісів та забудованих земель.

Таблиця 2.4 Динаміка структури земельного фонду Полтавської області

Основні види земель та угідь	2016 рік		2018 рік		2020 рік	
	Усього, тис.га	%, до загальної площі території	Усього, тис.га	%, до загальної площі території	Усього, тис.га	%, до загальної площі території
Загальна територія	2875,1	100	2875,1	100	2875,1	100
У тому числі:						
1. Сільськогосподарські угіддя	2166,9	75,4	2165,8	75,3	2163,4	75,3
З них:						
Рілля	1772,2	61,64	1773,4	61,7	1774,7	61,7
Перелоги	2,9	0,1	2,5	0,1	2,5	0,1
Багаторічні насадження	29,0	1,0	28,9	1,0	28,7	1,0
Сіножаті і пасовище	362,9	12,6	361,01	12,6	359,5	12,5
2. Ліси і інші лісовкриті площі	284,5	9,9	285,7	9,9	286,03	9,95
З них вкриті лісовою рослинністю	256,2	8,9	256,6	8,6	255,4	8,9
3. Збудовані землі	119,1	4,2	119,1	4,2	119,1	4,2
4. Відкриті заболочені землі	85,4	3,0	85,3	3,0	85,1	3,0

5. Відкриті землі без рослинного покриття або з незначним рослинним покритвом (піски, яри, землі зайняті зсувами, щебнем, галькою, голими скелями)	12,7	0,4	12,7	0,4	12,9	0,45
6. Інші землі	57,9	2,0	57,87	2,0	57,82	2,01
Усього земель (суша)	2726,6	94,8	2726,6	94,8	2726,6	94,8
Території, що покриті поверхневими водами	148,5	5,2	148,5	5,2	148,5	5,2

За даними Головного управління Держгеокадастру, в Полтавському регіоні переважають землі сільськогосподарського призначення, що складають близько 62% в цілому по області. Це свідчить про значний агроресурсний потенціал області. Незначний відсоток земель припадає на багаторічні насадження - це близько 1%, сіножаті та пасовища займають близько 12 % усіх земель області. [30]

## 2.2 Структура агроландшафту та використання геопросторових даних

Різноманіття ландшафтів Полтавської області обумовлені, насамперед, природними факторами - історичними, кліматичними, геоморфологічними.

Оцінка агроекологічного стану ландшафтів і систем землекористування традиційними методами виконується шляхом інтегрованого аналізу клімату, розораності, геоморфологічних факторів, розчленованості території гідрографічною мережею, ярами та балками, стану ґрунтового покриття, в т. ч. еколого-агрохімічних показників, а також матеріалами землевпорядкування, структури посівних площ.

В процесі аналізу цієї інформації з'ясовується структура агроландшафту та визначаються кризові території, які можуть негативно впливати не тільки на його загальну продуктивність, але й біорізноманіття, збереження малих річок, ерозію ґрунтів, тобто показники, які забезпечують в цілому стабільний розвиток сільськогосподарських територій.

В даній роботі розроблена діаграма класів, щоб наочно представляє компоненти, які пов'язуються в єдине поняття ландшафт (Рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 Діаграма класів «Структура ландшафтів»

В умовах трансформації земельних відносин в агроландшафтах з складним рельєфом фактором, який негативно впливає на агроекологічний стан ландшафтів є:

- подрібнення полів та встановлення нових їх меж без врахування рельєфу, природних водотоків та властивостей ґрунтів;
- висока розораність сільськогосподарських угідь;
- розміщення орних земель на схилах  $>30^\circ$ , а також заплавах малих річок;
- прямокутна організація території
- розораність природних водотоків;
- знищення або погіршення стану лісосмуг, протиерозійних лісових насаджень та ґрунтоохоронних заходів, постійної дії (земляні гідротехнічні споруди на орних землях);
- інтенсивний розвиток ерозійних процесів;

- зменшення біорізноманіття дикої флори і фауни;
- недотримання ґрунто- водоохоронних заходів в агроландшафтах.

Визначення всіх цих негативних явищ традиційними методами потребує значних витрат часу і коштів. Разом з тим розвиток космічних технологій, різноманітність їх роздільної здатності, можливість визначати значну кількість окремих елементів ландшафту, в т. ч. деградаційних процесів, розвиток автоматизованих технологій дешифрування матеріалів космознімань надають можливість оперативно визначати та оцінювати ризики, які існують в агроландшафтах, виконувати їх екологічний моніторинг, в т. ч. і систем землекористування. Вся ця інформація має стати науковою основою сталого розвитку сільських територій, екологічного управління та консолідації земель на різних рівнях управління.

Картографічне відображення структури ландшафтного покриву земної поверхні надає можливість обрахувати зональні статистики й таким чином визначити співвідношення головних типів покриву в межах адміністративних районів Полтавської області. [31]

Отже основним завданням магістерської роботи є доповнення традиційних наземних методів моніторингу агроландшафтів і систем землекористування матеріалами космознімань та інтегрування всіх даних в єдину геінформаційну систему для вивчення якості просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів Полтавської області. А також надання раціональних рішень по управлінню агроландшафтами Полтавської області.

[32]

Під час виконання магістерської роботи розроблено модель прецедентів (Рисунок 2.8), на якій зображено основні завдання, передбачені магістерською роботою, та наведено перелік зацікавлених осіб у проведенні видів робіт, пов'язаних із дослідженням просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів. Установи та організації різного рівня державної чи регіональної влади зацікавлені у залученні інтеграції різнорідних



геопросторових даних, для якісного та повного виконання всіх поставлених задач.

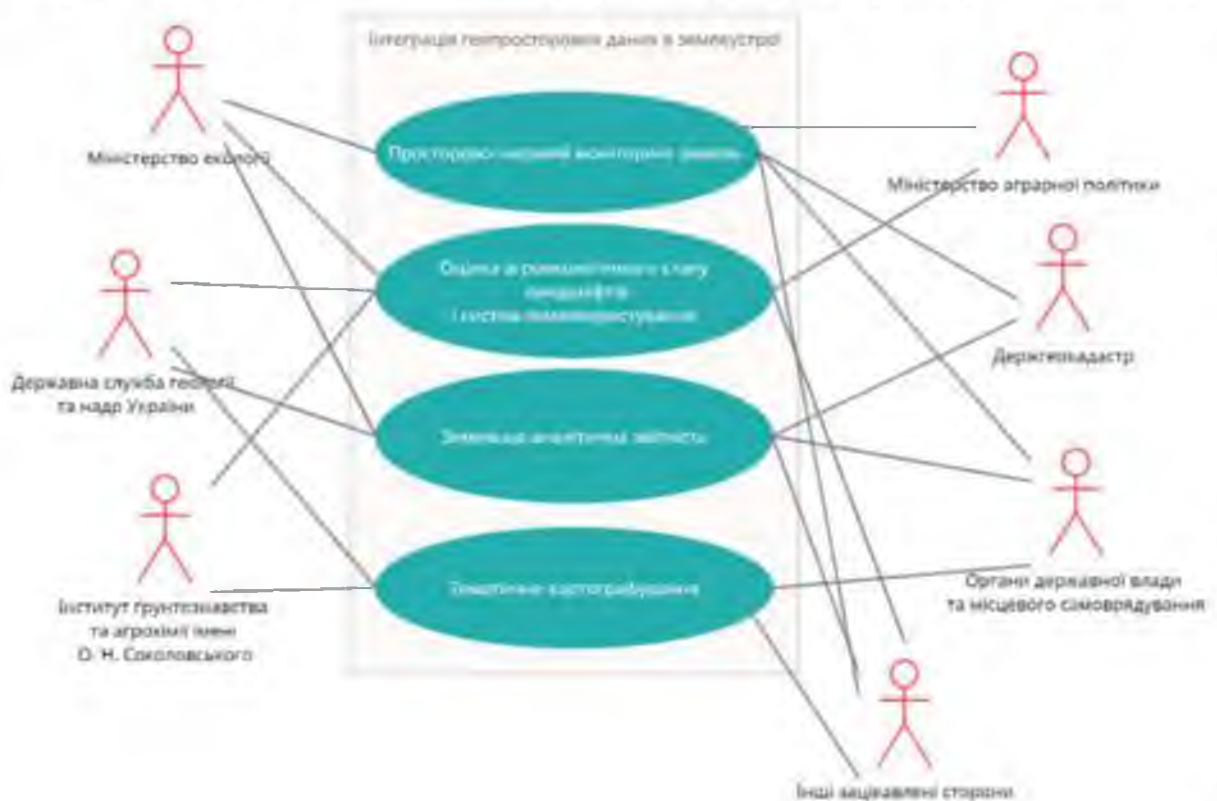


Рисунок 2.8 Діаграма прецедентів

Також в роботі розроблена діаграма діяльності, яка описує послідовність виконання дій інтеграції та обробки різномірних геопросторових даних для створення тематичної карти переважуючих агропромислових груп ґрунтів на території Полтавської області за даними ДЗЗ з визначенням яскравісно-просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів та представлення рішень для раціонального використання земель Полтавської області (Рисунок 2.9)

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ



НИ

НИ

НИ

НИ

НИ

НИ

Рисунок 2.9 Діаграма діяльності по визначенню послідовності дій для інтеграції та обробки геопросторових даних для дослідження елементів агроландшафтів Полтавської області

НУБ

України

В цьому розділі були вивчені особливості агроландшафтів Полтавського регіону. Ми дослідили ґрунти досліджуваної території та визначили 10 основних агровиробничих груп, які переважають в даній області. На основі дослідження було складено карту основних агровиробничих груп ґрунтів Полтавської області, яка наведена в Додатку 2 та карту рельєфу Полтавської області (Додаток 1), що виступають елементами бази геопросторових даних та можуть бути використані для моделювання об'єкту дослідження. Також в роботі представлені концептуальні моделі, які пояснюють для кого це дослідження є актуальним та послідовність дій для досягнення мети нашого дослідження.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

З Інтегрування геопросторових даних для дослідження агроландшафтів  
Полтавського регіону

## 3.1 Використання даних космічної зйомки

Дані дистанційного зондування Землі є важливою інформаційною складовою для дослідження елементів агроландшафтів.

Залежно від природи електромагнітного випромінювання і довжини хвилі, яке фіксує сенсор супутникової системи, дистанційне зондування (ДЗЗ) формує збір даних про процеси в атмосфері, океані, на поверхні землі, а також про гірські породи, ґрунт, рослинність, водні об'єкти, льодовики, сніговий покрив тощо. Інтерпретація даних ДЗЗ у поєднанні з математичними рівняннями, алгоритмами та моделями забезпечує перетворення даних у моніторингову інформацію, яка потрібна для прийняття своєчасних та оптимальних рішень на різних рівнях управління. [33]

Наразі існує декілька десятків супутникових систем, які фіксують поверхню Землі з середнім та високим просторовим розрізненням (від 30 см до 15 м). До таких супутникових систем можемо віднести наступні, що представлено в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Супутникові системи середнього та високого просторового розрізнення

№	Назва супутника	Просторове розрізнення	Застосування
1	Sentinel-1	10 м	Дані С-діапазону (радіолокаційний) для структури поверхні, в т.ч. цифрові моделі рельєфу, динаміка снігового, льодового покриву, хімія атмосфери
2	Envisat	12,5 м	Радіолокаційні дані, природні ресурси, фізична океанографія, геодезія, наземні та атмосферні дослідження
3	ERS-1, 2	20 м	Радіолокаційні дані, природні ресурси, фізична океанографія, геодезія, наземні та атмосферні дослідження
4	Sentinel-2	10 м	Наземний покрив, маска посівних площ, ґрунтові неоднорідності, ландшафтна структура

5	SPOT-4, 5, 6	від 2,5 м	Наземний покрив, сільське і лісове господарство, цифрові моделі рельєфу, моніторинг довкілля
6	Landsat-7, 8	15–120	
7	Terra	15 м	Природні ресурси, наземний покрив, сільське і лісове господарство, моніторинг довкілля
8	RapidEye	5,6 м	
9	EROS A, B	70 см	Підтримка моніторингу земель та відповідних послуг, оновлення топокарт до масштабу 1:25 000
10	IKONOS-2	82 см	
11	QuickBird	65 см	Наземний покрив, сільське і лісове господарство, цифрові моделі рельєфу, моніторинг довкілля, оновлення ортофотопланів до масштабу 1:2 000
12	GeoEYE-1	50 см	
13	WorldView 1, 2, 3, 4	31 см	
14	Pleiades-1	50 см	

Найцінніше у зйомці з космосу - розуміння змін, що відбуваються на одному клаптику землі за певний час. Щоб бачити динаміку супутник має знімати одну ділянку в один час доби через рівні проміжки часу [34]

Для супутників ДЗЗ темпоральна розрізненість визначається параметрами супутникової орбіти, кількістю шарних супутників, а також шириною смуги зйомки сенсору. Також слід зазначити, що оператори здатні коригувати орбіту супутників для підвищення частоти повторюваності знімання (Таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 Приклади періодичності знімання різних супутників

Супутник	Час	Ширина смуги зйомки, км
NOAA	30 хв	2900
Aqua/MODIS	0,5 доби	2300
Landsat 8	16 діб	185
Sentinel 2A, 2B	5 діб	290
RapidEye	5 діб	11
PlanetScope	1 доба	24
WorldView-3	1 доба	13,1

З метою здешевлення даних отриманих із супутникових станцій слід використовувати безкоштовні знімки, які знаходяться у вільному доступі

Існує декілька вебплатформ для надання користувачам повного, відкритого та безкоштовного доступу до знімків деяких супутникових систем спостереження за Землею. Можемо назвати наступні вебплатформи:

- Copernicus Open Access Hub
- EO browser
- USGS Earth Explorer
- Earthdata Search
- NASA – Giovanni

Крім безкоштовних ресурсів, є низка компаній, які надають доступ до зображень на платній основі. Вони мають розширений набір даних вищої просторової розрізненості, вже опрацьовані космічні знімки для конкретних цілей тощо. Знімки високої (1-10 м) і дуже високої (1 м і менше) просторової розрізненості доступні тільки платно. Серед таких компаній можна виділити DigitalGlobe та Компанія Tvis.

Для більшості досліджень пов'язаних з просторово-часовою зміною елементів агроландшафтів доцільно використовувати космічні знімки супутників Sentinel чи Landsat. Ці супутники мають достатній рівень просторового розрізнення та найчастіше зустрічаються у вільному доступі.

Зображення Landsat є одним із найбільш широко використовуваних джерел даних для глобального моніторингу завдяки тривалому повторюваному охопленню і має відносно високу просторову роздільну здатність. Характеристики супутника Landsat 8 наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Канали Landsat 8

Landsat 8 канали	Довжина хвилі [мікрометри]	Просторове розрізнення [метри]
Канал 1 - Узбережний аерозоль	0.43 - 0.45	30
Канал 2 - Синій	0.45 - 0.51	30
Канал 3 - Зелений	0.53 - 0.59	30
Канал 4 - Червоний	0.64 - 0.67	30
Канал 5 - Близький інфрачервоний (NIR)	0.85 - 0.88	30

Канал 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Канал 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Канал 8 - Панхроматичний	0.50 - 0.68	15
Канал 9 - Пір'їсті хмари	1.36 - 1.38	30
Канал 10 - Тепловий інфрачервоний (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Канал 11 - Тепловий інфрачервоний (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Sentinel-2 містить інноваційний багатоспектральний пристрій із високою роздільною здатністю та 13 спектральними смугами для нового погляду на нашу землю та рослинність.

Sentinel-2 оснащено Multispectral Imager (MSI). Цей датчик забезпечує 13 спектральних смуг розміром від 10 до 60 метрів у пікселях. Характеристики спектральних каналів Sentinel-2 наведені у Таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Характеристики спектральних каналів Sentinel-2

Спектральні канали	Центральна довжина хвилі (нм)	Просторове розрізнення (м)	Ширина смуги (нм)
Спектральний канал 1 - Прибережні аерозолі	0.443	60	20
Спектральний канал 2 - Синій	0.490	10	65
Спектральний канал 3 - Зелений	0.560	10	35
Спектральний канал 4 - Червоний	0.665	10	30
Спектральний канал 5 - Вегетаційний червоний край	0.705	20	15
Спектральний канал 6 - Вегетаційний червоний край	0.740	20	15
Спектральний канал 7 - Вегетаційний червоний край	0.783	20	20
Спектральний канал 8 - NIR	0.842	10	115
Спектральний канал 8A - Вузький NIR	0.865	20	20
Спектральний канал 9 - Водяна пара	0.945	60	20
Спектральний канал 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60	20
Спектральний канал 11 - SWIR	1.610	20	90
Спектральний канал 12 - SWIR	2.190	20	180

Для свого дослідження я використовувала вебплатформу EO browser як платформу для отримання космічних знімків території Полтавської області.

EO browser – це переглядач доступних онлайн знімків середньої і низької роздільної здатності від Європейського космічного агентства, який містить знімки із супутників: Sentinel 1, Sentinel 2, Sentinel 3, Sentinel 5P, Landsat, Envisat, Meris, MODIS, Proba V, GIBS. Офіційна сторінка: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>.

На цій вебплатформі досить легко можна отримати якісний космічний продукт, вказавши налаштування, які цікавлять користувача. Можливості вікна EO browser зображені на Рисунок 3.1.

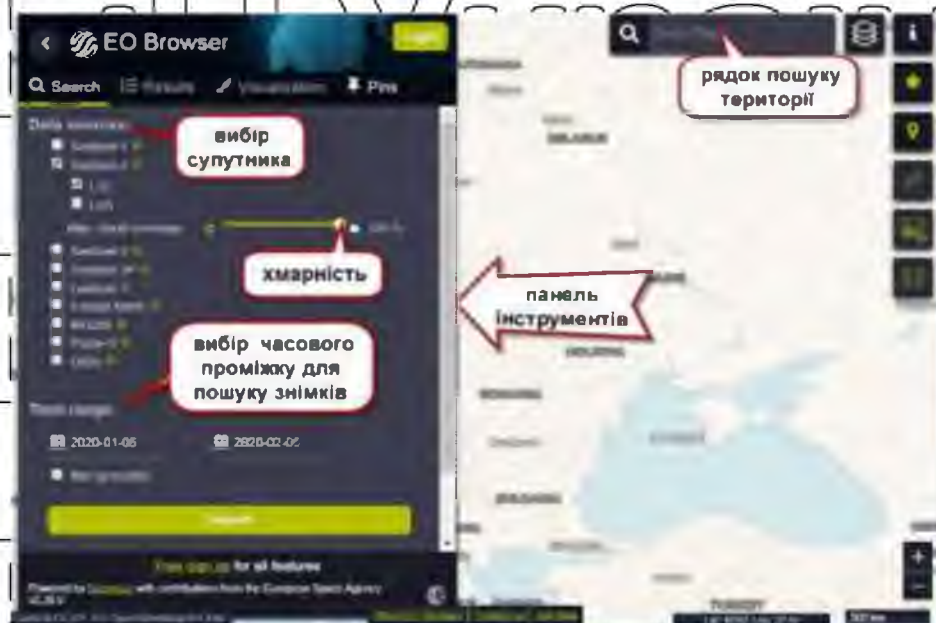


Рисунок 3.1 Вікно EO browser

Також вебплатформа EO browser дозволяє скачувати чи переглядати не лише сирі знімки. Тут також доступні такі готові продукти: True color, False color, Highlight Optimized Natural Color (Покращена візуалізація природного кольору), NDVI, False color (urban), Moisture index, SWIR, NDWI, NDSI. Ці дані полегшують процес обробки продукту для тематичної роботи з ним. Приклад перерахунку космічного знімку в спектральний індекс NDVI (показником для кількісної оцінки зеленої біомаси) представлено на Рисунок 3.2.





Рисунок 3.2 Можливість EO browser візуалізувати космічні зображення

Отже, для дослідження яскравісно просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів Полтавської області на платформі EO browser було скачено наступні геодані: канали супутника Sentinel - 2 (2 (Blue), 4 (Red), 8(NIR)) за два періоди – 10.11.2021 року та 25.03.2022 року.

### 3.2 Ідентифікація чорноземних ґрунтів за даними ДЗЗ

На основі аналізу космічних знімків ми можемо досліджувати зміну елементів агроландшафтів в часі. Елементами агроландшафтів можуть виступати різні складові. В даній роботі було досліджено властивості агропромислових груп ґрунтів Полтавської області, як одного з елементів агроландшафту, за даними ДЗЗ в різні періоди часу.

Для розпізнавання детальних агрогруп на космічних знімках порогову просторову роздільну здатність потрібно прийняти не менше 5-10м. В дослідженні використані канали супутника Sentinel - 2, які мають просторову розрізненість 10 м, що задовольє умови даного дослідження. Ефективність вивчення агрогруп ґрунтів засобами багатозонального знімання обумовлюється також правильним вибором оптимальної сукупності спектральних інтервалів знімання та періоду знімання.

Для визначення оптимальних спектральних інтервалів електромагнітного спектру при ідентифікації агрогруп ґрунтів в Полтавській

області ми провели наступні яскравісні виміри, які представлені в Таблиці 3.5. В дослідження було взято 10 переважаючих агропромислових груп ґрунтів в Полтавській області, які ми описали в Розділі 2.

За вимірними яскравісними характеристиками кожної агрогрупи було створено діаграму (Рисунок 3.3), в якій показано середні значення яскравості по кожній агропромисловій групі та пораховано середнє квадратичне відхилення.

З даної діаграми видно, що найкраще розрізнення агрогруп спостерігається в двох каналах супутника Sentinel – 2: червоному та ближньому інфрачервоному. Зазначимо, що період зйомки не впливає суттєво на ідентифікацію ґрунту.

Таблиця 3.5 Діапазони значень спектральних характеристик

Шифр агрогрупи	10 11 2021					25 03 2022				
	2(blue)	4(red)	8(nir)	NDVI	RVI	2(blue)	4(red)	8(nir)	NDVI	RVI
53д	380-990	1684-2752	3237-5105	0,2891-0,3793	1,8134-2,2221	1756-2772	3500-4371	5518-6881	0,2010-0,2265	1,5031-1,5857
55д	976-2136	2667-4660	4778-7484	0,2139-0,2933	1,5441-1,8302	1868-2693	2877-3604	4404-5643	0,1812-0,2209	1,4427-1,5670
53е	256-1376	1068-4004	2130-6442	0,2334-0,3392	1,6089-2,0268	976-1534	2123-2766	3172-4319	0,1981-0,2350	1,4941-1,6144
54е	151-957	767-2110	1737-3985	0,2512-0,3874	1,6711-2,2647	741-1311	1887-2602	3021-4142	0,2152-0,2371	1,5484-1,6216
53г	203-819	1219-2372	2884-4391	0,2396-0,4058	1,6302-2,3659	2517-3231	3434-4411	5072-6783	0,1925-0,2131	1,4769-1,5425
143	1468-3067	4057-6593	8166-12996	0,2751-0,3582	1,7588-2,1161	3506-4784	6488-9293	10171-13782	0,1945-0,2211	1,4830-1,5677
41д	183-2110	1468-4129	2805-7333	0,2596-0,3128	1,7013-1,9107	1750-2785	3375-3775	5394-5911	0,2044-0,2446	1,5114-1,6478
52г	983-1809	2641-4312	4614-7143	0,2471-0,3059	1,6565-1,8817	2058-3093	5040-5721	7910-8860	0,2153-0,2333	1,5487-1,6087
55е	406-786	1455-2628	2897-4666	0,2794-0,3482	1,7755-2,0687	1632-2143	2831-3251	4155-4869	0,1832-0,2000	1,4485-1,500
52д	223-1003	1481-3008	3047-5164	0,2638-0,3588	1,7167-2,1195	2150-2543	3899-4463	6042-6960	0,1987-0,2285	1,4959-1,5923

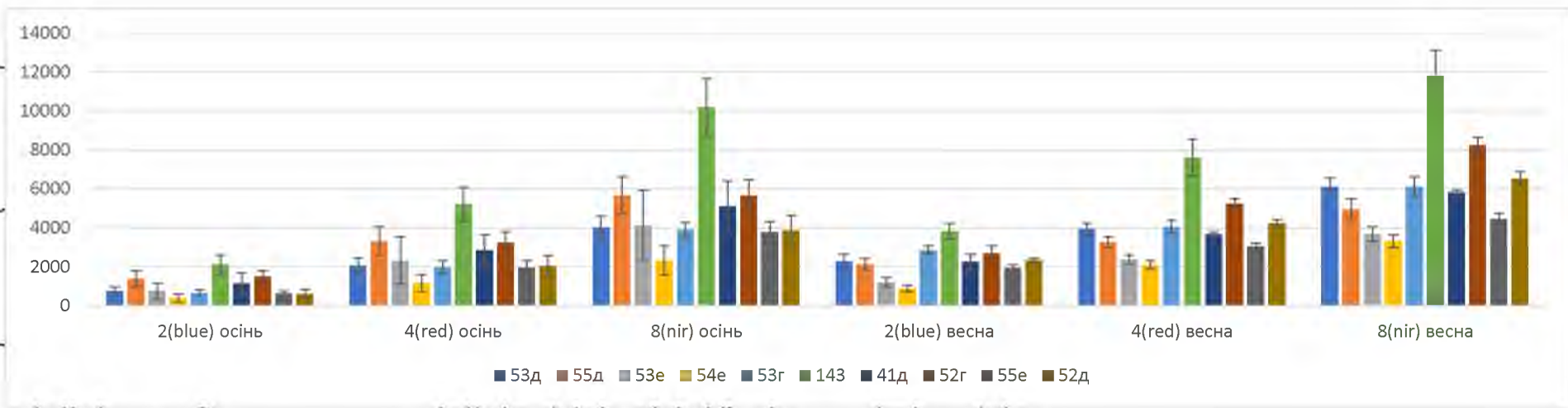


Рисунок 3.3 Характеристика кольорості агрогруп ґрунтів в різних спектральних каналах супутника Sentinel – 2

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Також, для дослідження яскравісних характеристик агрогруп були розраховані спектральні індекси RVI та NDVI. Це прості арифметичні співвідношення, засновані на контрасті між спектральним відгуком рослинності у червоному та інфрачервоному спектральних діапазонах.

Нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI) є простим, але ефективним показником для кількісної оцінки зеленої біомаси. Це показник стану здоров'я рослин, який базується на тому, як рослини відбивають хвилі світла певної довжини. Діапазон значень NDVI становить від

-1 до 1. Від'ємні значення NDVI (значення, що наближаються до -1) позначають наближення до води. Значення, близькі до нуля (від -0,1 до 0,1), звичайно позначають розташування на оголених ділянках скель, піску або снігу. Низькі додативні значення характерні для чагарників і пук (приблизно від 0,2 до 0,4), тоді як високі значення характерні для рослинності помірних і тропічних лісів (значення наближені до 1).

RVI - відношений вегетаційний індекс, який використовується для оцінювання відбивання рослинних покривів та ґрунту. Особливістю цього індексу є те, що ґрунтова лінія може мати різний нахил, проте має проходити через початок координат. RVI досить чутливий до впливу атмосфери.

Співвідношення вегетаційних індексів та їх стандартне відхилення представлені на Рисунку 3.4.

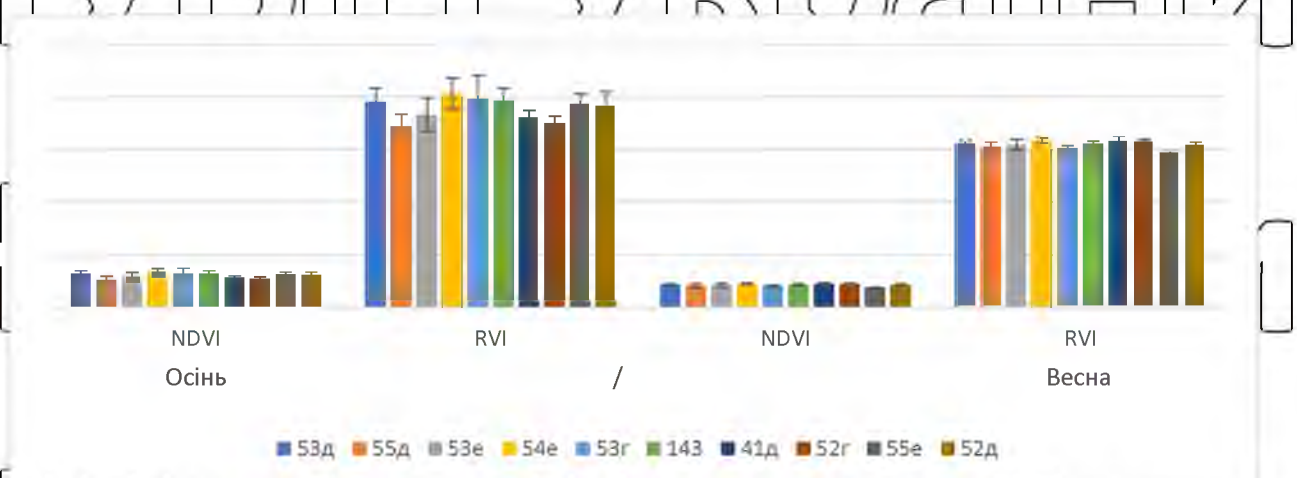


Рисунок 3.4 Сересні значення індексів

На Рисунку 1 добре видно, що спектральні індекси, як NDVI так і RVI, не дають чіткої ідентифікації агрогруп ґрунтів. За даними індекса RVI ми можемо розділити деякі агровиробничі групи восени, але це не дозволить нам повністю вирішити поставлену задачу. Тому ми можемо зробити висновок, що якісно класифікувати ґрунти за даними спектральних індексів не вийде. Але, завдяки вегетаційним індексам ми можемо чітко розпізнати ділянки землі на яких знаходиться або відсутня рослинність. З Рисунку 3.4 ми бачимо, що перепади значень спектральних індексів найбільше спостерігається в осінній період (NDVI змінюється в межах 0,26-0,32), тоді як весною ці показники більш стабільні (NDVI змінюється в межах 0,19-0,22). Також можемо порівняти значення спектральної яскравості одної з агрогруп - 52, яка коливається в межах весняного та осіннього періоду (Рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 Характеристика мінливості спектральної яскравості агровиробничої групи 52 за осінній та весняний періоди.

Тому можемо припустити, що такі показники впливають саме через неоднорідність рослинності на земельних ділянках. Адже саме восени, після збирання урожаю та оранки поля, пар починає заростати різномірною рослинністю, що може впливати на спектральні характеристики ґрунту. З даного дослідження визначено, що краща ідентифікація ґрунту буде відбуватися саме по весні, коли ґрунт тільки готується до посіву сільськогосподарських культур, а за допомогою вегетаційних індексів можна легко відкинути земельні ділянки на яких вже росте озима культура.

Наступним кроком нашого дослідження було встановлення агрогруп ґрунтів Полтавської області, які найкраще ідентифікувалися за супутниковими знімками.

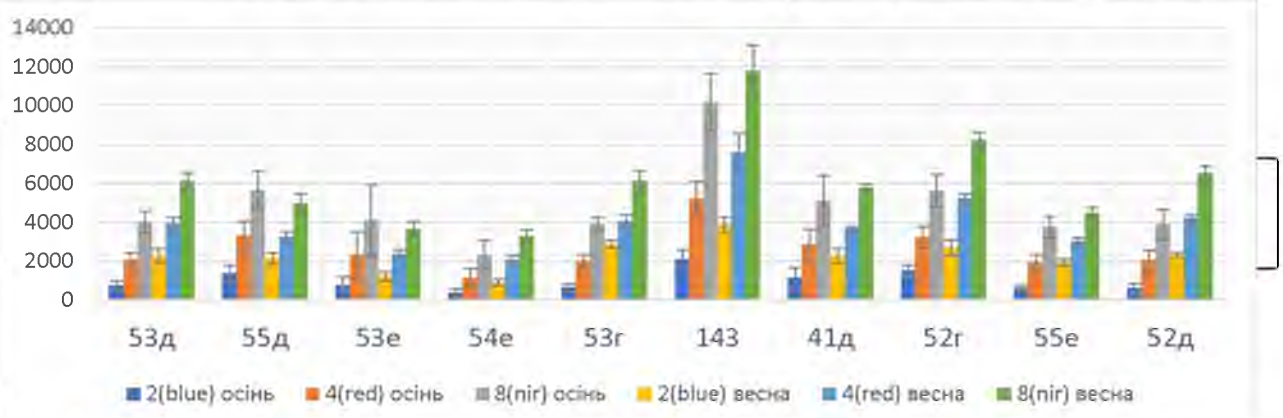


Рисунок 3.6 Спектральні характеристики агровиробничих груп ґрунтів та їх стандартне відхилення

З Рисунку 3.6 можемо виділити основні агровиробничі групи – 55д, 54е, 143, 52г - спектральні яскравості яких добре розділяються, а їх стандартні відхилення не перекриваються, що також свідчить про гарну ідентифікацію цих агровиробничих груп. Інші агровиробничі групи ми не зможемо ідентифікувати так як вони мають близькі спектральні яскравості.

Такі результати зумовлені тим, що кожна із вищезазначених агровиробничих груп має різний механічний склад, різний відсоток зволоження та різний вміст гумусу, що суттєво впливає на їх спектральні характеристики і дає можливість якісно їх ідентифікувати. Агрогрупи 55д, 54е та 52 г відносяться до чорноземів типових, але всі вони різняться за гранулометричним складом – середньосуглинкові, важкосуглинкові та легкосуглинкові відповідно. Також агрогрупа 52г відносно двох інших включає в себе осолоділі ґрунти, що дає більшу яскравість ґрунту. Агрогрупа з шифром 143 має взагалі відмінне походження ґрунту, адже вона сформована на лучно-, мулувато- та торфувато-болотних солончакових ґрунтах, цей ґрунт якісно відрізняється вологістю та вмістом гумусу від чорноземів типових, що ми можемо прослідкувати на Рисунку 3.6.

Отже, в результаті проведення статистичної оцінки яскравісних показників агрогруп можемо надати наступні рекомендації стосовно вибору та оброблення даних ДЗЗ для дослідження агровиробничих груп ґрунтів:

1. вибрати космічні знімки з просторовою розрізненістю 10 м і менше;
2. використовувати видимий та ближній інфрачервоний діапазон;
3. краще вибрати весняний період зйомки, щоб виключити вплив рослинності на яскравісні характеристики ґрунту, або ж осінній в разі коли ви впевнені, що значна територія дослідження не покрита рослинністю;
4. для класифікації зображення використовувати агрогрупи ґрунтів спектральні яскравості яких добре розділяються (при дослідженні Полтавської області - 55д, 54е, 143, 52г).

### 3.3 Класифікація ґрунтів за даними ДЗЗ

Класифікація - це дешифрування знімків або процес автоматизованого розподілу пікселів знімка на групи, що відповідають різнотипним об'єктам. В межах одної групи об'єкти повинні бути максимально «схожі» один на одного, однорідні, а об'єкти різних груп - максимально «відрізнитися». Існує два основні підходи для проведення класифікації - некерована і керована. [35]

Суть некерованої класифікації зводиться до автоматичного розподілу пікселів зображення на задане число класів на основі статистичних показників розподілу яркостей. Такий спосіб класифікації застосовують якщо:

- заздалегідь невідомі об'єкти які є на знімку,
- на знімку велика кількість об'єктів (більш 30) зі складними межами.

Складність такого способу полягає в подальшій інтерпретації виділених класів.

Найбільш поширені методи класифікації без навчання – є ISODATA і K-середніх. ISODATA це класифікація, яка заснована на кластерному аналізі. До одного класу відносяться пікселі, значення яскравості яких найбільш



близькі в просторі спектральних ознак. Метод класифікації K-середніх відрізняється від ISODATA тим, що вимагає завдання деякої кількості середніх значень для формування початкових класів, отже, цей спосіб використовують тоді, коли об'єкти на знімку досить добре розрізняються [36].

Керована класифікація зводиться до поділу пікселів зображення на основі заздалегідь визначених еталонних об'єктів або по спектральним бібліотекам.

Класифікація за стандартами проводиться в такому порядку:

- 1) визначення елементів класифікації (визначення об'єктів для дешифрування);
- 2) виділення еталонів (виділення на класифікованому знімку областей відповідним тим чи іншим елементам класифікації);
- 3) оцінка якості еталонів (оцінка характеру розподілу значень яскравості цих еталонних об'єктів);
- 4) вибір способу класифікації;
- 5) класифікація з подальшою оцінкою якості отриманого результату.

У наведеній технологічному ланцюжку найбільш складним моментом є вибір способу класифікації. Найбільш поширеними способами поділу пікселів на групи за стандартами є: спосіб паралелепедів, спосіб мінімальної відстані, спосіб максимальної правдоподібності, спосіб спектрального кута, спосіб відстані Махаланобіса. Кожен з наведених вище способів класифікації мають свої особливості, переваги, недоліки і області застосування [37].

Досить перспективним є використання керованої класифікації по спектральним еталонам. Спектральні еталони являють собою набори графіків-кривих спектральної відбивної здатності об'єктів, отримані багатоканальними спектрометрами в лабораторних або польових умовах [38].

Для класифікації агропромислових груп ґрунтів Полтавської області ми використали метод керованої класифікації, а саме метод максимальної подібності, та рекомендації наведені в попередньому розділі. Результат

тематичного картографування за даними ДЗЗ з метою ідентифікації основних агропромислових груп ґрунтів наведеній на Рисунок 3.7

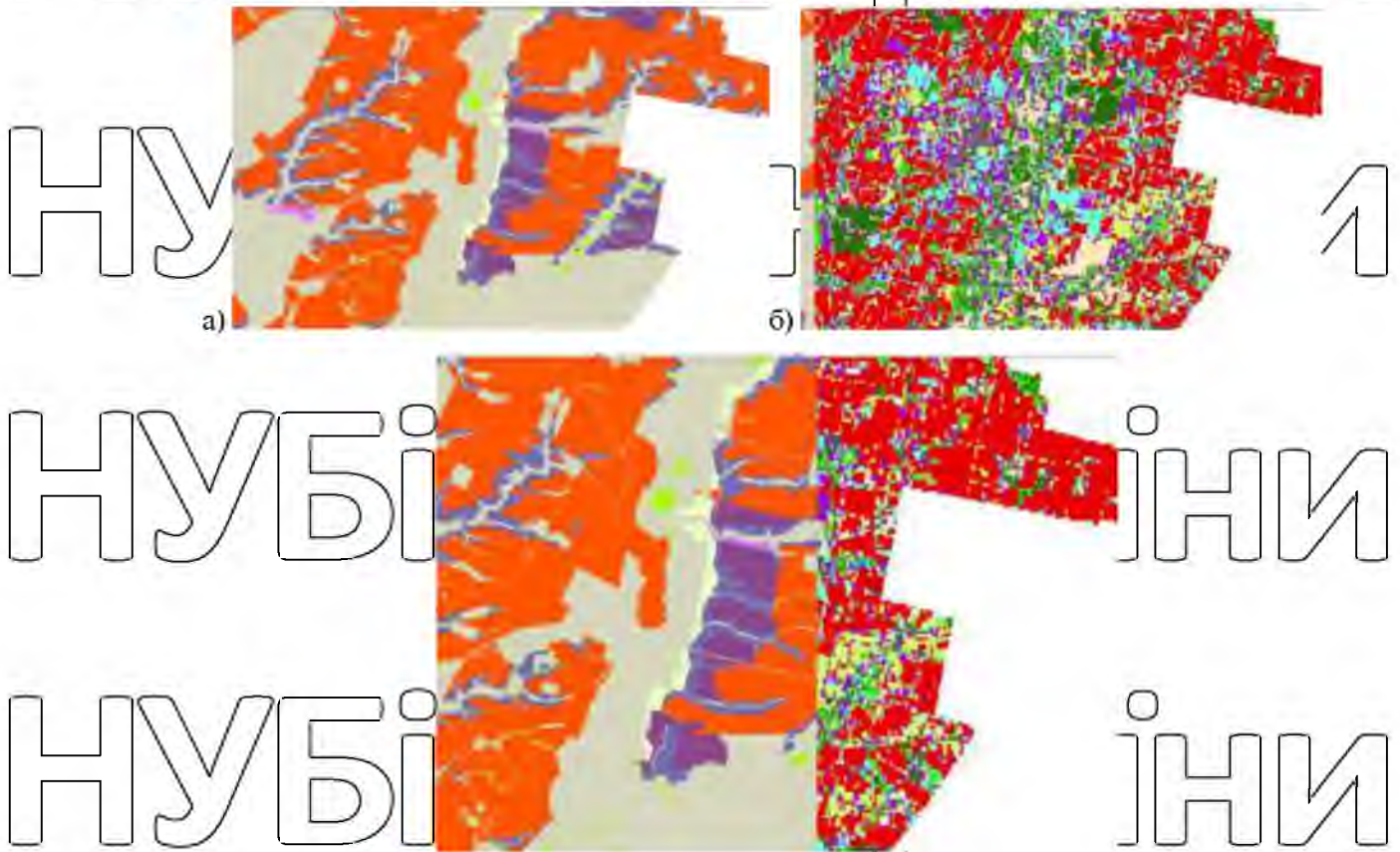


Рисунок 3.7 Порівняння агрогрупи 54е на прикладі співставлення а) карти основних агропромислових груп ґрунтів Полтавської області (за даними наземних досліджень) та б) класифікованого зображення (за даними ДЗЗ).

На Рисунок 3.7 добре видно, що контури агропромислової групи 54е співпадають. Площа агрогрупи 54е за даними карти основних агропромислових груп ґрунтів становить 279,84 га, та за даними класифікованого зображення - 254,74 га. Розбіжність становить 25,1 га - 9%, - що є допустимою похибкою для нашого дослідження і підтверджує, що ґрунти ідентифікуються з високим ступенем достовірності за даними ДЗЗ. Площа агрогрупи 54е була порівняна на основі кількості пікселів, які входять до даної агропромислової групи та роздільної здатності зображення, що становить 10 м. На Рисунок 3.8 зображені гістограми - а) гістограма кількості пікселів кожної агрогрупи за даними карти основних агропромислових груп Полтавської області; б) гістограма кількості

пкселів по кожному класифікованому об'єкту за даними ДЗЗ - на яких червоним кольором представлений ґрунт 54е.

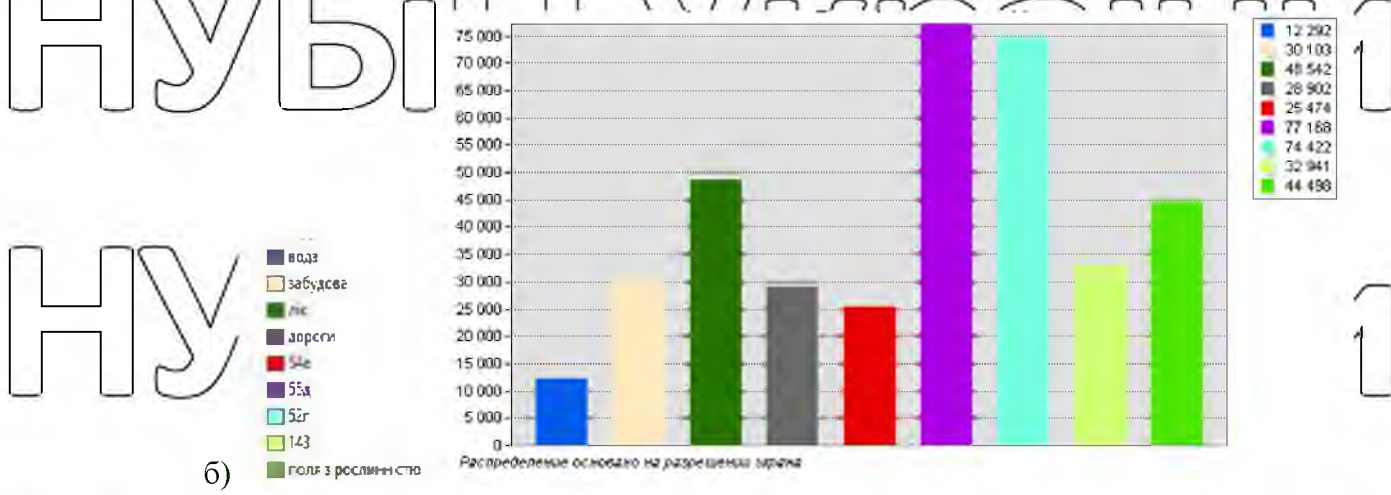
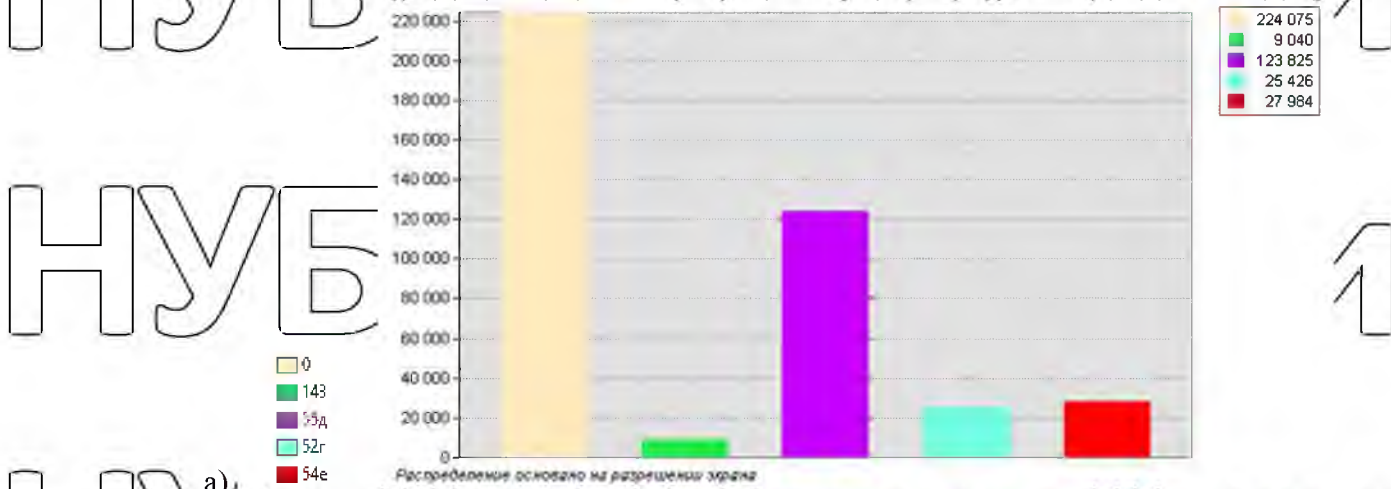


Рисунок 3.8 Історичами кількості пкселів по кожному класифікованому об'єкту:

а) за різними карти основних агропромислових груп ґрунтів Полтавської області; б) за даними ДЗЗ

Також з Рисунку 3.8 ми бачимо, що інші агрогрупи мають більше розходження в площях. З отриманих результатів дослідження можемо зробити висновок, що для якісної ідентифікації агропромислових груп ґрунтів необхідно оптимізувати підходи класифікації космічних знімків для ідентифікації агропромислових груп ґрунтів, чи підбирати інші методи класифікації, які будуть точніше ідентифікувати зображення.

# НУБІП України

# Висновки

## НУБІП України

У результаті дослідження щодо інтегрування геопросторових даних для досліджень елементів агроландшафтів Полтавського регіону зроблено такі

висновки:

1. Розкрито сутність інтеграції геопросторових даних і тенденцій розвитку способів інтеграції. Визначено, що різномірні геопросторові дані несуть важливу інформаційну складову, так як містять різну інформацію про досліджуваний об'єкт, тим самим дають можливість комплексно його аналізувати та приймати актуальні рішення. Водночас способи та методи інтеграції геоданих стрімко розвиваються у всіх сферах людської діяльності. Цей процес відбувається безпосередньо завдяки розвитку геоінформаційних систем, які мають інструменти для якісної інтеграції геоданих;

2. Обґрунтовано способи інтегрування геопросторових даних для дослідження агроландшафтів. Визначено, що інтеграція геоданих включає різні процеси підготовки та обробки даних, для дослідження агроландшафтів можна віднести наступні способи інтеграції: оцифровка, консолідація, накладання, трансформація, конвертація даних. В моєму дослідженні яскравісно статистичних просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів Полтавської області були застосовані всі способи інтеграції геопросторових даних, наведені вище.

3. Створено набори геоінформаційних моделей просторово-часових змін агроландшафтів. На основі інтеграції геопросторових даних були створені модель рельєфу Полтавської області та тематичні карти агрогруп ґрунтів, одержані різними способами оброблення даних.

4. Проведено визначення яскравісно просторово-часових властивостей елементів агроландшафтів Полтавської області. У результаті дослідження яскравісно статистичних залежностей між спектральними яскравостями каналів та відповідними агрогрупами ґрунтів Полтавської області визначено, що найкраще розрізнення агрогруп відбувається у червоному (Red) та

інфрачервоному (NIR) спектральних каналах. Встановлено, що найкраще ідентифікуються 4 агровиробничі групи ґрунтів, а саме – 55д, 54е, 143, 52г – спектральні яскравості яких добре розділяються. Спектральні індекси RVI та NDVI, на основі відношення ближнього інфрачервоного каналу до червоного, не дають чіткого розмежування яскравісних характеристик агрогруп, тому не можуть використовуватися для ідентифікації ґрунтів. Однак спектральні індекси допомагають усунути вплив рослинності при дослідженні спектральних характеристик ґрунту;

5. Встановлено, що ґрунти ідентифікуються з високим ступенем достовірності за даними ДЗЗ при використанні видимого діапазону та ближнього інфрачервоного діапазону. Кожна із вищезазначених агровиробничих груп має різний механічний склад, різний відсоток зволоження та різний вміст гумусу, що суттєво впливає на їх спектральні характеристики і дає можливість якісно їх ідентифікувати;

6. Виконано тематичне картографування за даними ДЗЗ з метою ідентифікації основних типів ґрунтів. Для класифікації агровиробничих груп ґрунтів Полтавської області ми використали метод керованої класифікації, а саме метод максимальної подібності, та рекомендації стосовно вибору та оброблення даних ДЗЗ для дослідження агровиробничих груп ґрунтів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. М.О. ПОПОВ\*, Л.М. АРТЮШИН\*\*, М.В. ТОПОЛЬНИЦЬКИЙ\*\*\*,  
 О.В. ТИТАРЕНКО\* , Ю.В. ШМОРГУН\*\*\*\*. ІНТЕГРУВАННЯ  
 ГЕТЕРОГЕННИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ  
 СВІДЧЕНЬ ДЕМПСТЕРА-ШЕЙФЕРА [Електронний ресурс] / М.О. ПОПОВ\*  
 , Л.М. АРТЮШИН\*\* , М.В. ТОПОЛЬНИЦЬКИЙ\*\*\* , О.В. ТИТАРЕНКО\* ,  
 Ю.В. ШМОРГУН\*\*\*\*. – 2019. URL:  
[http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2019/2019\\_3/03\\_Popov\\_19.pdf](http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2019/2019_3/03_Popov_19.pdf).

(дата звернення: 11.07.2022)

2. Соцько Є. П. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ОХОРОНІ  
 ДОВКІЛЛЯ, СІЛЬСЬКОМУ ТА ЛІСОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ / Є. П. Соцько,  
 Ю. Ю. Косенко. – УМАНЬ: Редакційно-видавничий відділ (Свідоцтво ДК №  
 2499 від 18.05.2006 р.) Уманського національного університету садівництва

вул. Інтернаціональна 2, м. Умань, Черкаська обл., 20305, 2023. – 138 с. (дата  
 звернення: 11.07.2022)

3. Booma Sowkarthiga Balasubraman. Spatial Data Integration  
 [Електронний ресурс] / Booma Sowkarthiga Balasubraman, Isabel F. Cruz //  
 Encyclopedia of Big Data Technologies. – 2018. – URL:

[https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-63962-8\\_218-](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-63962-8_218-1#Fig1)

1#Fig1. (дата звернення: 11.07.2022)

4. A. Ulubay. A DIFFERENT APPROACH TO THE SPATIAL DATA  
 INTEGRATION [Електронний ресурс] / A. Ulubay, M.O. Altan. – 2002. – URL:

[https://www.researchgate.net/publication/228618887\\_A\\_different\\_approach\\_to\\_the\\_spatial\\_data\\_integration](https://www.researchgate.net/publication/228618887_A_different_approach_to_the_spatial_data_integration). (дата звернення: 12.07.2022)

5. Hans-Georg Schwarz-v.Raumer. Concepts of Land Use Data Integration:  
 SILUP Experience [Електронний ресурс]

[/https://www.researchgate.net/publication/288840042\\_Concepts\\_of\\_Land\\_Use\\_Data\\_Integration\\_SILUP\\_Experience](https://www.researchgate.net/publication/288840042_Concepts_of_Land_Use_Data_Integration_SILUP_Experience) (дата звернення: 12.07.2022)

6. Li G., Choi Y. HPC cluster-based user-defined data integration platform for deep learning in geoscience applications. Computers and geosciences. 2021. URL: [https://www.researchgate.net/publication/352614046\\_HPC\\_cluster-based\\_user-defined\\_data\\_integration\\_platform\\_for\\_deep\\_learning\\_in\\_geoscience\\_applications](https://www.researchgate.net/publication/352614046_HPC_cluster-based_user-defined_data_integration_platform_for_deep_learning_in_geoscience_applications)

(date of access: 10.08.2022)

7. Geospatial data ontology: the semantic foundation of geospatial data integration and sharing / K. Sun et al. Big earth data. 2019. URL: [https://www.researchgate.net/publication/335850965\\_Geospatial\\_data\\_ontology\\_the\\_semantic\\_foundation\\_of\\_geospatial\\_data\\_integration\\_and\\_sharing#pf6](https://www.researchgate.net/publication/335850965_Geospatial_data_ontology_the_semantic_foundation_of_geospatial_data_integration_and_sharing#pf6).

(date of access: 10.08.2022)

8. Songnian L., Suzana Dragicovic, Monika Sester, François Anton. Geospatial Big Data Handling Theory and Methods: a review and research challenges. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing. 2015. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/283341250\\_Geospatial\\_Big\\_Data\\_Handling\\_Theory\\_and\\_Methods\\_A\\_Review\\_and\\_Research\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/283341250_Geospatial_Big_Data_Handling_Theory_and_Methods_A_Review_and_Research_Challenges)(date of access: 10.08.2022).

9. Ettehadi Osgouei P., Sertel E., Kabaday M. E. Integrated usage of historical geospatial data and modern satellite images reveal long-term land use/cover changes in Bursa/Turkey, 1858–2020. Scientific reports. 2022. Vol. 12, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11396-1> (date of access: 28.08.2022)

10. Dan-Adrian Chelaru, Florin Constantin Mihai, Adrian Ursu. The analysis of agricultural landscape change using GIS techniques. case study: podoleni, romania. 2011. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/261296656\\_The\\_analysis\\_of\\_agricultural\\_landscape\\_change\\_using\\_GIS\\_techniques\\_Case\\_study\\_Podoleni\\_Romania](https://www.researchgate.net/publication/261296656_The_analysis_of_agricultural_landscape_change_using_GIS_techniques_Case_study_Podoleni_Romania). date of access: 28.08.2022)

11. Vannoppen A., Degerickx J., Gobin A. Evaluating landscape attractiveness with geospatial data, A case study in flanders, belgium Land. 2021

Vol. 10, no. 7, P. 703. URL: <https://doi.org/10.3390/land10070703> (date of access: 30.08.2022).

12. Lieskovský J., Lieskovská D. Cropland abandonment in Slovakia: analysis and comparison of different data sources. Land. 2021. Vol. 10, no. 4. P. 334. URL: <https://doi.org/10.3390/land10040334> (date of access: 30.08.2022).

13. Geospatial database for digitalization of agriculture of the Krasnoyarsk territory / M. G. Erumova et al. IOP conference series: earth and environmental science. 2019. Vol. 315. P. 032022. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/3/032022> (date of access: 06.09.2022).

14. Ландшафтне планування в Україні / Л.Г. Руденко, Є.О. Маруняк, О.Г. Голубцов та ін.; під ред. Л.Г. Руденка. - К.: Реферат, 2014. - 144 с. (дата звернення: 11.09.2022)

15. Воловик В. М. Ландшафтознавство: курс лекцій. – Вінниця: Твори, 2018. – 254 с. (дата звернення: 11.09.2022)

16. Геоінформаційні технології в екології: навчальний посібник / Літвак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г. та ін. - Суми: СумДУ, 2012. - 273 с.

17. Літвак О. А. Екологічна рівновага агроландшафтів регіону / О. А. Літвак // Фінансовий простір. - 2015. - № 2. - С. 381-387. - URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fin\\_pr\\_2015\\_2\\_48](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fin_pr_2015_2_48). (дата звернення: 10.09.2022)

18. Агроекологічний супутниковий моніторинг: монографія / Тарарко С. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л.; ред.: Т. В. Пономарьова, І. М. Баланчук - Київ : Аграрна наука, 2019. - 201, [26] с. - URL: <http://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/17095> (дата звернення: 11.09.2022)

19. ГІС-моделювання агроландшафтів для потреб ландшафтного планування / Н. В. Максименко, К. Ю. Михайлова / Людина та довкілля. Проблеми неоекології. - 2013. - № 3-4. - С. 94-104. - URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd\\_2013\\_3-4\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2013_3-4_16) (дата звернення: 11.09.2022)

20. Третяк А. М. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування /



А. М. Третяк, Р. А. Третяк, М. І. Шквар. – К. : Інститут землеустрою УААН, 2001. – 15 с. (дата звернення: 11.09.2022)

21. Кривов В. М. Оптимізація структури агроландшафтів – основа використання земельних ресурсів / В. М. Кривов // Землепорядний вісник. – 1998. – № 3. – С. 36–38 (дата звернення: 11.09.2022).

22. Мудрак О.Б. Екологічна безпека Вінниччини. Монографія / За заг. ред. Олександра Мудрака. – Вінниця: ВАТ «Міська друкарня» - 2008 - 456 с. (дата звернення: 11.09.2022).

23. Stokstad G., Fjellstad W. Experiences from a national landscape monitoring programme maintaining continuity whilst meeting changing demands and opportunities. Land 2019, Vol. 8, no. 5, P. 77. URL: <https://doi.org/10.3390/land8050077> (дата звернення: 11.09.2022).

24. Агрокліматичний довідник по території України: за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіди, А.Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза, 2011. 108 с (дата звернення: 11.09.2022).

25. [Електронний ресурс]. – URL: <https://18000.com.ua/strihka-novin/cherez-poteplinnya-cherkashhina-postupovo-vykhodit-do-novo%D1%97-klimatichno%D1%97-zoni/> (дата звернення: 11.09.2022).

26. [Електронний ресурс]. – URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/EkoMonitoring2021/regional/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%8C%D0%BD%D0%B0%20%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C%20%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%202020.pdf> (дата звернення: 11.09.2022).

27. [Електронний ресурс]. – URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2021/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2021/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB.pdf) (дата звернення: 11.09.2022).

28. Великодний Ю. Й., Біда С. В., Ягольник А. М., Панченко О. Ю., Житник В. С. Особливості геоморфологічної та геологічної будови Полтавської області. Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. 2012. Вип. 4(2). С. 49–54. (дата звернення: 11.09.2022).

29. Полянський С.Е. Грунтознавство з основами географії ґрунтів: понятійно-термінологічний словник Луцьк : Вежа-Друк, 2015. 156 с. (дата звернення: 11.09.2022).

30. Loshakova Y. Scientific foundation of indicators of sustainable land use assessment at the regional level. *Agrosvit*. 2021. No. 11. P. 82. URL: [https://doi.org/10.32702/2306-6792\(2021.11.82](https://doi.org/10.32702/2306-6792(2021.11.82) (date of access: 11.09.2022).

31. Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю. Ландшафтно-екологічне різноманіття території Полтавської області. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 127–133. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.17> (дата звернення: 11.09.2022).

32. О.Г. Тараріко, О.В. Сиротенко, М.Т. Микитенко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма, Н.А. Мінкевич, С.Г. Мудрик, О.М. Фролова, В.І. Кустовська, Є.І. Капустяк, О.І. Паршина, В.І. Сабліна - Методичні рекомендації з агроекологічної оцінки структури агроландшафтів і систем землекористування за даними дистанційного зондування Землі високого просторового розрізнення – К., 2012. – 34 с. URL: [https://www.researchgate.net/publication/327079539\\_Metodicni\\_rekomendacii\\_z\\_agroekologichnoi\\_ocinki\\_strukturi\\_agrolandsaftiv\\_i\\_sistem\\_zemlekoristuvannya\\_za\\_danymi\\_distancijного\\_zonduvannya\\_Zemli\\_visokogo\\_prostorovogo\\_rozriznenna](https://www.researchgate.net/publication/327079539_Metodicni_rekomendacii_z_agroekologichnoi_ocinki_strukturi_agrolandsaftiv_i_sistem_zemlekoristuvannya_za_danymi_distancijного_zonduvannya_Zemli_visokogo_prostorovogo_rozriznenna) (дата звернення: 11.10.2022).

33. Тараріко О.Г. Методичні рекомендації з агроекологічної оцінки структури агроландшафтів і систем землекористування за даними дистанційного зондування Землі високого просторового розрізнення. О.В. Сиротенко, М.Т. Микитенко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма, Н.А. Мінкевич, С.Г.

Мудрик, О.М., Фрєлова, В.І., Кустовська, Є.І., Капустін, О.І., Наршина, В.І.  
Сабліна – К.: Інститут агроєкології та природокористування НААНУ,  
Державне підприємство «Дніпрокосмос» НКАУ, 2012. – 34 с. (дата звернення:  
11.10.2022).

34. Удосконалення процесу інтеграції різнорідних розвідувальних даних  
з використанням геопросторового аналізу / С. Карпович та ін. Збірник  
наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана  
Черняховського. 2022. С. 86–92. URL: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2022-1-74/86-92> (дата звернення: 11.10.2022).

35. Шумейко В. О. ДЕШИФРУВАННЯ І КАРТОГРАФУВАННЯ ПО  
КОСМІЧНИМ ЗНІМКАХ ЗЕМЕЛЬ СТ ПРИЗНАЧЕННЯ / Шумейко В. О. /  
Ученые записки Таврического национального университета имени  
В.И.Вернадского Серия «География». Том 26 (65). - 2013 г. - № 1, С. 187-195.  
(дата звернення: 11.10.2022).

36. Чапюк О.Ю. ПОБУДОВА КАРТ МЕТОДОМ НЕКЕРОВАНОЇ  
КЛАСИФІКАЦІЇ / Чапюк О.Ю., Пояркова І.О. // ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.  
2016 – С. 29. (дата звернення: 12.10.2022).

37. Кохан С.С. Моделі передачі випромінювання в системі «Ґрунт-  
рослина» / Монографія / С.С. Кохан, А.В. Востоков. – Корсунь-Шевченківський:  
ФОН Гаврищенко В.М., 2013. - 169 с. (дата звернення: 11.09.2022).

38. Кохан С. С. Дистанційний моніторинг земельних ресурсів. Методичні  
вказівки до виконання лабораторних робіт. – К: ЦП «Компринт». – 2016. – С.  
44 (дата звернення: 12.10.2022).

39. Кохан С.С. Геоінформаційний аналіз і моделювання / С.С. Кохан.  
Київ, 2018. – 93 с. (дата звернення: 20.10.2022).

40. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О.  
Світличного. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. - 295 с. ISBN 966-  
680-234-1/ (дата звернення: 20.10.2022).

41. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник / В. Д. Шипулін; Харк. нац. акад. м'єськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010 (дата звернення: 20.10.2022).

42. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О. Світличного. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. - 295 с (дата звернення: 20.10.2022).

43. Janis Osis. Topological UML Modeling An Improved Approach for Domain Modeling and Software Development / Janis Osis, Uldis Donins., 2017. – 276 с. (дата звернення: 20.10.2022).

44. Москаленко А.А. Геоінформаційне забезпечення оцінювання стану земельних ресурсів / А.А. Москаленко // Вісник геодезії та картографії – 2012. №4. – с. 26-32 (дата звернення: 20.10.2022).

1. 45. Бондаренко Е.Л. Геоінформаційне еколого-географічне картографування / Бондаренко Е.Л. – К. : Фітосоціоцентр, 2007. – 272 с. (дата звернення: 20.10.2022).

46. Грунтовий покрив Полтавської області, Булава Л. М Режим доступу <http://geo.pnpu.edu.ua/soil.php> (дата звернення: 20.10.2022).

47. Кохан С.С. Геоінформаційне картографування якісного стану земель сільськогосподарського призначення / С.С. Кохан, А. А. Москаленко // Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки: Матеріали доповідей Четвертої Міжнародної конференції «GEO.UA 2014». Київ: 2014. С. 197-199. (дата звернення: 20.10.2022).

48. Грунтознавство: підручник / І.І.Назаренко, С.М.Польчина, В.А.Нікорич; за ред. професора І. Назаренка. – К.: Вища освіта, 2004. – 400 с. (дата звернення: 20.10.2022).

49. Лященко А.А. Архітектура та інструментарій відкритих ГІС / Лященко А.А., Карпінський Ю.О. // Тези доп. Третьої Всеукраїнської конференції з геоінформаційних технологій "Теорія, технологія, впровадження ГІС" ГІС-ФОРУМ, К.: ГІС-Асоціація України, 1997. – С. 15-17.

50. Дудзяний І. М. Об'єктно-орієнтоване моделювання програмних систем // І. М. Дудзяний.- Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2007.- С.34 (дата звернення: 20.10.2022).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

**Додатки**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України