

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

13.01 - КМР. №1697 "С" 2022.11.14 034 ПЗ

НУБІП України

Гребельника Ярослава Вячеславовича

НУБІП України

2023

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування

НУБІП України

УДК 528.8:631.4

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ

НУБІП України

Декан факультету
землевпорядкування

д.е.н. ЄВСІУКОВ Т.О.
«_____» _____ 2023 р.

Т. в. о. завідувача кафедри
геоінформатики і аерокосмічних
досліджень Землі
к.т.н. ДРОЗДІВСЬКИЙ О.П.
«_____» _____ 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Інтеграція та асиміляція різнорідних геопросторових даних у
дослідженнях агроландшафтів»

Спеціальність - 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма - Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

НУБІП України

Гарант освітньої програми

доктор економічних наук, професор _____ А.Г. МАРТИН
(підпис)

НУБІП України

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

доктор економічних наук, доцент _____ А.О. КОШЕЛЬ
(підпис)

Виконав _____ Я.В. ГРЕБЕЛЬНИК
(підпис)

НУБІП України

2023

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

геоінформатики та аерокосмічних
досліджень Землі

к.с.н. МОСКАЛЕНКО А.А.

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Гребельнику Ярославу Вячеславовичу

Спеціальність - 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма - Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Інтеграція та асиміляція різнорідних геопросторових даних у дослідженнях агроландшафтів», що затверджена наказом ректора НУБіП України від «___» _____ 2021 р. № 1697 «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 (Сумська область);

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

Перелік питань, які підлягають дослідженню:

обґрунтувати сучасний стан функціонування та використання способів інтеграції та асиміляції геоданих;

озробити загальну концептуальну модульну ГІС для асиміляції та інтеграції геоданих;

озробити узагальнену структуру ГІС;

створити набори даних геопросторових даних на основі використання інтеграції та асиміляції геоданих для досліджень агроландшафтів модельної території.

Дата видачі завдання «___» _____ 2022 року

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

А.О. Кошель

Завдання прийняла до виконання

Я.В. Гребельник

НУБІП України

РЕФЕРАТ

до магістерської роботи на тему:

«Інтеграція та асиміляція різнорідних геопросторових даних у дослідженнях агроландшафтів»

Магістерська робота на тему: «Інтеграція та асиміляція різнорідних геопросторових даних у дослідженнях агроландшафтів на прикладі Сумського регіону» передбачає обґрунтування способів інтеграції та асиміляції різнорідних геопросторових даних для дослідження агроландшафтів Сумщини. Дослідження проведено на території Шосткинського району Сумської області.

Об'єктом дослідження є агроландшафти Сумського регіону.

Робота складається з 3 розділів. Перший розділ - «Актуальний стан вивчення питання і основні проблеми геоінформаційного моніторингу агроландшафтів».

складається з 3 підрозділів, які включають способи інтеграції та асиміляції геоданих, характеристику і класифікацію антропогенних ландшафтів та агроландшафтів, та геоінформаційний моніторинг агроландшафтів.

Другий розділ - «Загальна характеристика об'єкту дослідження та розроблення узагальненої структури ГІС геоінформаційного моніторингу агроландшафтів». Даний розділ містить опис сучасного стану агроландшафтів Сумського регіону. Створена загальна концептуальна модель ГІС для асиміляції та інтеграції геоданих, створено діаграму діяльності.

Третій розділ - «Створення наборів геопросторових даних для на основі використання асиміляції та інтеграції геоданих для досліджень агроландшафтів».

У розділі описані різні геоінформаційні продукти, створено набір геопросторових даних на основі використання асиміляції та інтеграції геоданих для досліджень агроландшафтів, проаналізовано використання геопросторових даних для оптимізації використання агроландшафтів модельної території. На основі класифікованого зображення створена тематична карта землекористування та

НУБІП України

земельного покриття Шосткинського району.

Загальний обсяг магістерської роботи складає 77 сторінок. Робота виконана з використанням 36 літературних джерел.

НУБІП України

Магістерська робота містить 6 таблиць. Загальна кількість ілюстрацій становить 31.

Робота включає чотири додатки.

Магістерська робота має такий перелік ключових слів:

НУБІП України

агрolandшафт, інтеграція даних, асиміляція даних, геопросторові дані, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи, супутникові знімки, класифікація земного покриття, векторні дані, NDVI.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП..... 7

РОЗДІЛ I АКТУАЛЬНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ І ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ

ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОЛАНДШАФТІВ..... 10

1.2 Способи інтеграції та асиміляції геоданих..... 10

1.2 Характеристика і класифікація антропогенних ландшафтів та агроландшафтів

..... 18

РОЗДІЛ II ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ СТРУКТУРИ ГІС ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОЛАНДШАФТІВ..... 31

2.1 Сучасний стан агроландшафтів Сумського регіону..... 31

2.2 Загальна концептуальна модель ГІС для асиміляції та інтеграції геоданих..... 34

2.3 Діаграми діяльності..... 40

РОЗДІЛ III ІНТЕГРАЦІЯ ТА АСИМІЛЯЦІЯ РІЗНОРІДНИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ У ДОСЛІДЖЕННЯХ АГРОЛАНДШАФТІВ СУМЩИНИ..... 43

3.1 Геоінформаційні продукти..... 43

3.2 Створення наборів геопросторових даних на основі використання асиміляції та інтеграції геоданих для досліджень агроландшафтів..... 48

3.3 Використання геопросторових даних для оптимізації використання агроландшафтів модельної території..... 66

ВИСНОВКИ..... 70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 73

Додатки..... 79

НУБІП України

НУБІП України

Для вирішення актуальних завдань раціонального використання агроландшафтів Сумської області та їх геоінформаційного моніторингу необхідно використовувати сучасні методи отримання та оброблення інформації про стан цих геоінформаційних систем.

Досвід вирішення аграрних, наукових та інших комплексних завдань вказує на потребу інтеграції та асиміляції різнорідних геопросторових даних. Це може включати геологічну, геофізичну, оптичну, радіолокаційну та іншу інформацію.

Для отримання цієї інформації використовуються різноманітні інструменти та методи їх наукового вивчення. Особливо важливу роль відіграють геопросторові дані (ГПД), які формуються на основі матеріалів аерокосмічної та наземної зйомки, різноманітних карт, GPS-приладів тощо [1].

Інтеграція геопросторових даних є важливим елементом стратегії управління даними у дослідженні агроландшафтів. Геоінформаційні системи надають новітні підходи до збору, обробки та аналізу цих даних, розширюючи можливості для фахівців у плануванні та прийнятті рішень. Інтеграція геопросторових даних у ГІС дозволяє забезпечити доступ до великих наборів даних для аналізу, що включає інформацію про природні ресурси та соціально-економічні аспекти для планування сталого розвитку. На Рисунку 1 наведено схему, яка дає візуальне представлення інтеграції геопросторових даних.



Рисунок 1

Джерела даних / одержання даних / трансформація даних / інтеграція даних / база даних / аналітика

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 [2].

Актуальність дослідження полягає у необхідності удосконалення та адаптації існуючих способів асиміляції та інтеграції різномірних геопросторових даних у ГІС.

Новизна роботи полягає у дослідженні агроландшафтів Сумського регіону на основі застосування різномірних геоданих у тому числі з використанням часового ряду космічних знімків досліджуваного об'єкта, які зроблені супутником Sentinel-2.

Мета: Обґрунтувати теоретико-методичні положення інтеграції та асиміляції геопросторових даних і розробити ГІС для дослідження агроландшафтів.

Об'єкт дослідження - агроландшафти Сумського регіону.

Предмет дослідження - способи інтегрування та асиміляції різномірних геопросторових даних для досліджень агроландшафтів Сумського регіону.

Завдання досліджень:

- Обґрунтувати сучасний стан функціонування та використання способів інтеграції та асиміляції геоданих;
- Розробити загальну концептуальну модульну ГІС для асиміляції та інтеграції геоданих;
- Розробити узагальнену структуру ГІС;
- Створити набори даних геопросторових даних на основі використання інтеграції та асиміляції геоданих для досліджень агроландшафтів модельної території.

Методи дослідження: переднього й тематичного оброблення даних дистанційного зондування Землі; статистичного аналізу; геостатистики; геоінформаційного аналізу і моделювання.

Інформаційною базою та теоретико-методологічною основою дослідження є законодавчі й нормативні акти України, а також наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених з питань інтеграції та асиміляції різнорідних геопросторових даних для дослідження елементів агроландшафтів.

Базовим набором геоінформаційних даних для проведення досліджень є:

- графічні матеріали на електронних та паперових носіях на територію дослідження (Шосткинський район, Сумська область);

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

Практичне значення роботи полягає в інтеграції та асиміляції різнорідних геопросторових даних з метою досліджень елементів агроландшафтів Сумського регіону, зокрема в класифікації землекористування Шосткинського району Сумської області та складання карт використання земель та показника вегетаційного індексу NDVI за даними ДЗЗ

НУБІП України

РОЗДІЛ АКТУАЛЬНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ГОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОЛАНДШАФТІВ

1.2 Способи інтеграції та асиміляції геоданих

Геоінформаційні системи застосовуються в різних галузях, особливо тих, де потрібно отримувати інформацію щодо взаємного розташування та форми об'єктів у просторі, а також спостерігати за їх змінами у часі. Доцільно назвати такі галузі, як: управління природними ресурсами (земельні, водні, лісові), екологія, кадастри природних ресурсів та нерухомості, комунікації, сільське господарство, містобудування та ін. [3].

У сучасну епоху геоінформаційний моніторинг агроландшафтів набуває все більшого значення через швидкі зміни в сільськогосподарській практиці, кліматичних умовах та землекористуванні. Для цілісного розуміння складних агрокосистем потрібна інтеграція різноманітних джерел геопросторових даних.

Ці дані включають матеріали дистанційного зондування Землі, геоінформаційні системи, метеорологічні та ґрунтові дані, карти землекористування і соціально-економічні показники. Кожне джерело забезпечує унікальний вимір, а їх поєднання дає цілісне бачення агроландшафту.

Однак великі обсяги різноманітних даних вимагають розробки спеціальних методів та інструментів для їх інтеграції та сумісного аналізу. Це допоможе поглибити розуміння процесів в агрокосистемах та підтримати прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо сталого розвитку сільського господарства.

Питання інтеграції даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС) висвітлені у літературі [38–40], де розглянуто необхідність інтеграції технологій ДЗЗ та ГІС на прикладі раціонального

управління ресурсами територій. Через два роки у праці [39] було висунуто ідею про потребу застосування даних ДЗЗ користувачами ГІС. У роботі [40] розглянуто питання виникнення похибок під час передачі, аналізу, перетворення та візуального подання даних.

Інтеграція геопросторових даних - це процес об'єднання наборів просторових даних в єдину цілісну систему для комплексного аналізу та візуалізації. Інтеграція просторових даних має на меті спростити процеси аналізу, розмірковування, формулювання запитів і візуалізації інтегрованої геопросторової інформації.

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 [4].



Рисунок 1.1 Інтеграція геопросторових даних

Інтеграція даних розширює інформаційну базу для різних видів діяльності. Об'єднання існуючої інформації про певний об'єкт в єдину геоінформаційну систему дозволяє розглядати його з різних перспектив. Це сприяє легкому візуалізації та доступному поясненню всіх аспектів роботи з об'єктом, навіть для неспеціалістів. Одночасно для фахівців цієї галузі інтегрована геоінформаційна система допомагає глибше досліджувати об'єкт, виділяти проблемні моменти та

ефективніше вирішувати завдання. Але наявні, також, проблеми інтеграції просторових даних, пов'язані з характеристиками даних та їх форматом подання [5].

У геоінформаційних системах для представлення геопросторових даних застосовують різні структури даних, оскільки геопросторова інформація може бути надана в різних форматах. Вибір конкретного формату зазвичай залежить від конкретного завдання, яке потрібно вирішити в подальшій обробці. Растрові дані відмінно підходять для площинних даних, де об'єкти не відрізняються за геометричною формою. З іншого боку, векторні дані ідеально підходять для геопросторових даних, де об'єкти можуть мати подібну геометрію, наприклад лінії, незалежно від їх форми. Вибір формату ілюструється на Рисунку 1.2.

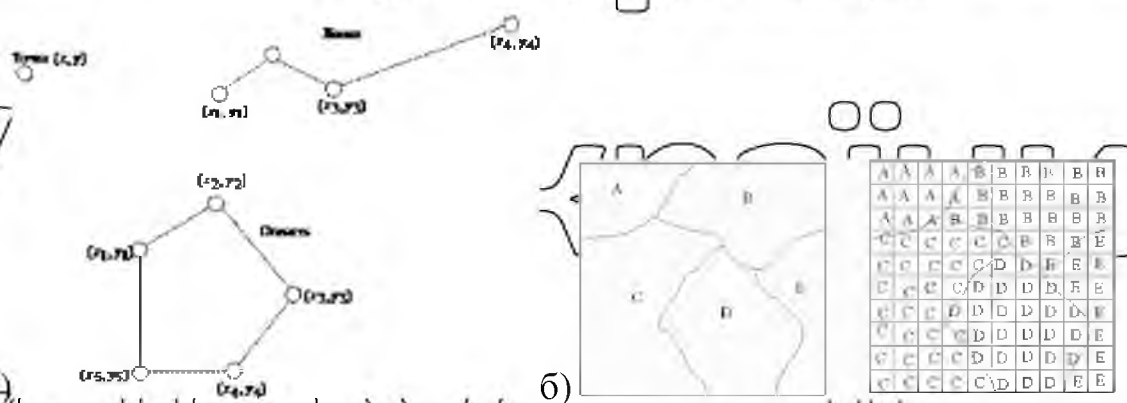


Рисунок 1.2 Представлення структури геопросторових даних: а) векторне представлення, б) растрове представлення

Цифрова інформація може бути збережена у різних форматах, що створює виклики у процесі її об'єднання, редагування та подання 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 DFX, SHP, MapInfo TAB, Geogisn [6].

Вирішення проблем інтеграції та узгодженого представлення даних сприяють різноманітні геоінформаційні системи.

Географічна інформаційна система представляє собою комплексний набір апаратних, програмних та інформаційних засобів, призначених для збору, збереження, обробки, маніпулювання, аналізу та відображення просторово-координованої інформації. Будь-яка географічна інформаційна система складається з апаратного комплексу, програмного комплексу і інформаційного блока [7].

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, промислового і транспортному будівництві;
- планування розвитку транспортних і телекомунікаційних мереж; комплексне управління і планування розвитку території, міста;

НУБІП України

- сільське господарство;
маркетинг, аналіз ринку;
- археологія;

НУБІП України

- безпека, військова справа і розвідка;
- загальна і спеціальна освіта [8].

Наприклад, для ефективного управління сільськогосподарським підприємством, яке займається вирощуванням рослин, необхідно мати точну інформацію про розміри та стан земельних ділянок. Обробка та аналіз великого обсягу просторової та атрибутивної інформації можлива тільки за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке 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 [9].

НУБІП України

Системи геоінформаційного забезпечення земельних ресурсів в Україні зазвичай базуються на паперових картографічних матеріалах. Найвні карти та плани, що складають основу геоінформаційних систем у більшості господарств

НУБІП України

України, часто є неповними, застарілими та не відповідають сучасним вимогам. Усі картографічні матеріали можна умовно поділити на три групи: землевпорядні, ґрунтові та агрохімічні. Землевпорядні матеріали представлені або планами внутрішньогосподарського землеустрою радянського періоду або сучасними кадастровими планами. Ґрунтові матеріали представлені ґрунтовими картами,

НУБІП України

складеними частіше всього 20-30 років тому і картами агровиробничих груп ґрунтів. Ті й інші, як показує практика, відсутні в більшості господарств. Агрохімічні матеріали представлені агрохімічними картографіями (вмісту гумусу, рухомого фосфору, рухомого калію, Ph) різної давності [10].

НУБІП України

Сучасна агрономічна ГІС передбачає упорядкування процесу наповнення системи картографічними матеріалами, заповнення бази даних відомостями про

показники ґрунтів, фітосанітарний стан посівів, введення відомостей про запропоновані агротехнології, вироблення пропозицій по використанню ГІС в господарствах, навчання фахівців господарств, учбових і проектних організацій, розробки і використанню ГІС в рослинництві [11].

Застосування геоінформаційних систем дозволяє швидко отримувати інформацію за запитом та відображати її на електронній карті, також дозволяє оцінювати стан екосистеми і робити прогнози щодо її подальшого розвитку.

Для поєднання геопросторових даних використовують три основні підходи: інтегрування, трансформацію та консолідацію. Кожен з цих методів містить низку процесів, які забезпечують підготовку та обробку даних для реалізації інтеграції. У магістерській роботі застосовано різноманітні способи і прийоми інтеграції геопросторових даних, серед яких: оцифрування, консолідація, накладення, трансформація та конвертація даних. Використання даних методів дозволяє об'єднати інформацію з різних джерел в єдину систему для подальшого аналізу та візуалізації.

Оцифрування - це процес переведення об'єктів з паперових чи сканованих карт у цифровий формат шляхом створення належно розміщених точок, ліній та полігонів у ГІС. З огляду на те, що деякі дані існують лише в паперовому вигляді, оцифрування карт є важливим етапом збору даних. Результатом є векторне зображення, яке лягає в основу побудови повноцінної ГІС.

Процес об'єднання даних з різних джерел, їх перевірка та впорядкування в єдиному оковищі називається консолідацією даних. Геоінформаційні системи накопичують інформацію з багатьох ресурсів у різних форматах. Консолідація полегшує уніфікацію цих даних.

Оскільки дані надходять з різних джерел, консолідація дозволяє легше їх аналізувати та використовувати. Вона допомагає уникнути дублювання та зайвої залежності від багатьох баз даних.

Існують два основні підходи до консолідації, ETL та ELT.

ETL передбачає вилучення даних з вихідної системи, їх перетворення (включаючи очищення, сортування тощо) та завантаження у цільову систему. Це один з найпоширеніших способів об'єднання даних.

ELT виконує ті ж кроки, але в іншому порядку: спочатку відбувається вилучення та завантаження, а потім – перетворення даних.

Накладання даних (overlay) – при накладанні шарів відбувається не просто об'єднання рядків, а всі атрибути об'єктів, задіяних у накладанні, переносяться у новий набір даних.

Оверлей дозволяє встановити зв'язок між просторовими і атрибутивними характеристиками зображення [41, 42].

Існують два основні методи накладання: накладання об'єктів (точок, ліній, полігонів) та растрове накладання. Деякі види аналізу підходять для одного з цих методів. Наприклад, пошук територій за певними критеріями часто краще робити растровим накладанням. Хоча можна використовувати і векторні дані.

Деякі ГІС дозволяють накладати векторні та растрові дані різних форматів і проекцій без попереднього перетворення. Це дає змогу створювати унікальні комбінації даних для подальшого аналізу.

Трансформація даних у геоінформаційних системах (ГІС) – це процес перетворення даних з одного формату в інший, щоб забезпечити їх сумісність з іншими даними у ГІС. Цей процес може включати зміну системи координат, формату файлу, масштабування, розміру та інші параметри. Трансформація даних є важливою складовою ГІС, оскільки дозволяє об'єднувати дані з різних джерел та використовувати їх для аналізу та візуалізації на електронній карті.

При роботі з різномірними геоданими в геоінформаційних системах (ГІС) можна стикнутися з проблемою розміщення даних в різних системах координат, що унеможливило роботу з ними. У такому випадку фахівцям потрібно провести

географічну трансформацію, щоб забезпечити сумісність даних з іншими даними у ГІС. Цей процес включає зміну системи координат, формату файлу, масштабування, розміру та інші параметри. Сучасні ГІС зберігають графічні дані у вигляді окремих тематичних шарів, а якісних і кількісних характеристик складових.

Джерелами даних у ГІС є тематичні карти, цифрові моделі рельєфу, дані дистанційних досліджень, польові вишукування та інші. Класифікація ГІС залежить від їх призначення, проблемно-тематичної орієнтації та територіального охоплення.

Конвертація даних у ГІС - це процес перетворення даних з одного формату в інший для використання в геоінформаційній системі (ГІС). Це дозволяє імпортувати дані з різних джерел та інтегрувати їх в єдину ГІС для подальшого аналізу та візуалізації.

Основні етапи конвертації:

Експорт даних з вихідного джерела (наприклад, з бази даних) у певний формат (Shapefile, GeoJSON, KML тощо);

Перетворення даних у формат, сумісний з ГІС;

Завантаження та імпорт даних у ГІС;

Налаштування параметрів даних (система координат, кодування тощо);

Перевірка та виправлення можливих помилок конвертації;

Створення картографічних шарів на основі імпортованих даних.

Успіх інтеграції просторових даних зазвичай залежить від аспектів доступу та передачі даних і в основному від наявності або відсутності відповідної структури організації процесу [12].

У статті Li G. і Choi Y. «HPC cluster-based user-defined data integration platform for deep learning in geoscience applications» описано методи попередньої обробки та аналізу великих геоінформаційних даних на основі онлайн платформи GeoDIP.

Дослідники використовували різні набори геоданих для прогнозування опадів на певній території. Результати дослідження показали, що інтеграція даних з трьох

різних наборів даних покращила точність прогнозування опадів з плинном часу. Це свідчить про те, що платформа GeoDIP дозволяє спрощувати використання різних джерел геонаукових даних для аналізу природних явищ. У роботі також проведено порівняльний аналіз ефективності прогнозування опадів на основі трьох різних джерел геонаукових даних. Результати показали, що різноманітна інформація може допомогти покращити ефективність прогнозування [13].

1.2 Характеристика і класифікація антропогенних ландшафтів та агроландшафтів

Зростаюча напруга між суспільною потребою в ресурсах та просторі з одного боку і здатністю землі відповідати цим потребам з іншого боку призводить до надзвичайних змін у ландшафтній конфігурації та, отже, навколишньому середовищі.

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].

Агрогеографічне вивчення природних комплексів, в рамках розроблених концепцій антропогенного ландшафтознавства, геотехнічних систем і геосистемної парадигми отримало подальший розвиток в роботах Ф. Н. Мількова [43], А. Г. Ісаченка [44] та ін.

Співробітники лабораторії ландшафтознавства під керівництвом М. А. Солнцева розробили найбільш повне визначення ландшафту: «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, вирізняти 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].

Агроландшафт - це штучно створений ландшафт, призначений для ведення сільського господарства. Агроландшафти характеризуються високим ступенем освоєності території і підпорядкованістю природних процесів виробничим потребам.

Агроландшафт ґрунтується на земельному масиві, що складається з численних взаємопов'язаних компонентів. Ці компоненти можуть включати природні об'єкти з впливовими факторами і технічні засоби землеробства. В загальному розумінні, агроландшафт формує єдине екологічне середовище з різними технологічними контролями щодо різних параметрів, таких як ґрунтові властивості, гідрологія, теплові умови тощо. Інакше кажучи, агроландшафт - це об'єднання агробіогеоценозів і інших компонентів, які взаємодіють і утворюють єдину систему.

Одночасно агроландшафт є територіальною одиницею, яка використовується для розв'язання конкретних завдань землеустрою. Зазвичай ця одиниця організовується на місцевості, яка має сприятливі умови для сільського господарства та можливості саморегуляції. Крім того, ця система володіє антропогенними властивостями, які дають змогу ефективно управляти ресурсами.

Створення стійких агроландшафтів повинно гарантувати збереження земельних ресурсів для майбутніх поколінь та ґрунтуватися на концепції сталого розвитку в землекористуванні. Важливо відзначити, що одним з ключових принципів формування агроландшафту, який виявляється в досліджених методичних підходах, є оптимізація структури та взаємозв'язків між різними категоріями земель.

Уявлення про сутність агроландшафту має відігравати роль інтегруючого центру, об'єднуючи географічні та сільськогосподарські науки, а не лише фізико-географічні та агрономічні. Воно також важливе для соціальної екології та охорони навколишнього середовища. З огляду на різні підходи вчених до визначення поняття агроландшафту, ми провели узагальнення методичних підходів.

А. Мартин, М. Ступень, А. Третяк 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 [16].

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 [17].

Агроландшафти формуються через взаємодію природно-потенційних комплексів з різними складовими системи землеробства, включаючи інфраструктуру та постійні протиерозійні заходи, такі як лісові смуги, гідротехнічні споруди для боротьби з ерозією, польові дороги, гідрографічну мережу тощо.

У сучасній Україні можна виділити два типи агроландшафтів, які сформувалися.

Перший тип характеризується великими полями, які поділені поперечними лісовими смугами, з високим ступенем розораності земель. Тут домінує вирощування монокультур при використанні мінеральних добрив і хімічних засобів. Такий агроландшафт характерний для степових регіонів України.

Другий тип агроландшафту відрізняється мозаїчною структурою полів, які розташовані серед лісової рослинності, з різнобарвними культурами та інтенсивним використанням мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Такі ландшафти характерні для зон Лісостепу і Полісся. Вони відзначаються високою продуктивністю при збереженні природного потенціалу для виробництва.

Агроландшафт базується на земельному масиві, який складається з різноманітних взаємопов'язаних компонентів. Ці компоненти можуть включати природні об'єкти з впливовими факторами, а також технічні засоби систем землеробства. В результаті формується єдине екологічне середовище, що включає в себе елементи технологічного контролю окремих його режимів і параметрів, таких як ґрунтові, гідрологічні, теплові і інші.

Одночасно агроландшафт є територіальною одиницею, яка використовується для вирішення конкретних завдань у сфері землекористування. Зазвичай ця система організовується на місцевостях, де існують сприятливі умови для сільського господарства та можливості для саморегуляції. Важливо відзначити, що агроландшафт також має антропогенні властивості, які дозволяють управляти ресурсами.

Варто звернути увагу на основні проблеми, пов'язані з агроландшафтами, які наведені на Рисунку 1.3.



Рисунок 1.3. Основні проблеми пов'язані з агроландшафтами

Поверхня Землі зазнає змін внаслідок діяльності людини та природних процесів. Точне відображення характеристик ландшафту і просторово-часових змін має велике значення для моделювання навколишнього середовища, ландшафтного та міського планування і аналізу історичних змін земного покриву.

Антропогенний ландшафт - це місцевість, яка зазнала змін під впливом діяльності людини, в процесі виконання нею соціально-економічних функцій та використання певних технологій. Це може включати в себе будь-які форми прояву людської діяльності в ландшафті, такі як землеробство, промисловість, транспорт, забудова та інші.

Питання класифікації антропогенних ландшафтів викликає значний інтерес серед науковців, і існує велика кількість наукових праць, присвячених цій темі. Зокрема, слід відзначити важливий внесок Ф.М. Мількова в дослідження антропогенних ландшафтів. У своїх роботах, опублікованих у 1964 та 1970 роках, Мільков докладав значних зусиль для визначення ролі антропогенного впливу на формування ландшафтів Землі і розробив власну класифікацію антропогенних

НУБІП України

ландшафтів, яка суттєво відрізняється від підходів інших авторів. Класифікація ландшафтів за Ф.М. Мільковим наведена на Рисунку 1.4.

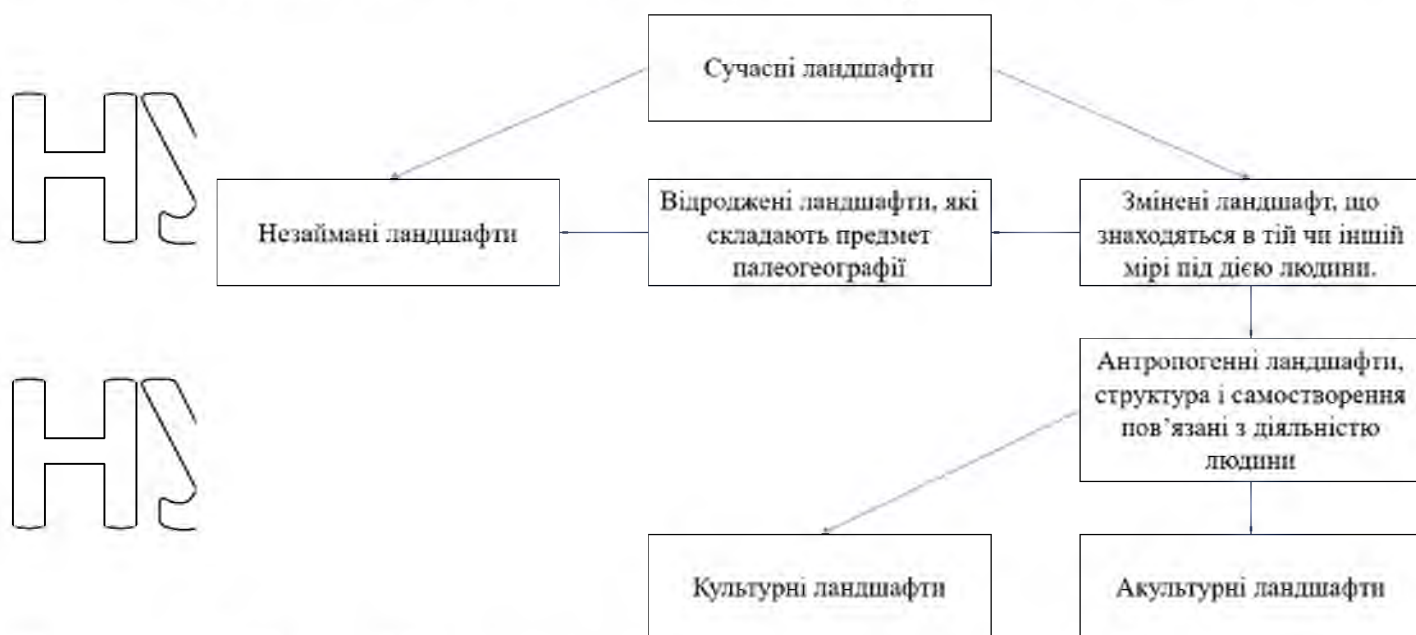


Рисунок 1.4 Класифікація ландшафтів за Ф.М. Мільковим

Одним з перших дослідників антропогенних ландшафтів в Україні був Федір Мільков, який на початку 20 століття проводив класифікацію степових ландшафтів, зокрема, за типом господарської діяльності, морфологічною структурою, природним формуванням тощо.

Пізніше були проведені дослідження Геннадієм Денисюком, який визначив три типи антропогенних ландшафтів: гірничі, промислові та сільськогосподарські.

Він також пропонував розділити антропогенні ландшафти на такі категорії, як рудні, промислові (включаючи в якості підгруп міські ландшафти, а також території, на яких проводять рекультивацию та санітацію), сільськогосподарські та всьдні.

Також важливо згадати праці Леся Воропая, зокрема, "Екологічний функціонал ландшафтів" (1999) та "Зміни ландшафтової структури та біорізноманіття антропогенних ландшафтів України" (2001). У своїх дослідженнях

він дотримувався функціонального підходу із зорі біологічної та географічної точок зору та пропонував уважніше вивчати динаміку ландшафтів та розвивати моделі збереження біологічного різноманіття у міських ландшафтах.

Антропогенні ландшафти формуються в результаті господарської діяльності людини і характеризуються змінами природних комплексів під впливом антропогенних чинників. Одним з різновидів антропогенних ландшафтів є агроландшафти, які створюються спеціально для ведення сільського господарства.

Вони поєднують в собі природні та техногенні елементи і характеризуються активним втручанням людини в природні процеси.

Існують різні підходи до класифікації антропогенних і аграрних ландшафтів. Зазвичай їх поділяють за типом господарської діяльності, яка сформувала ландшафт, ступенем антропогенної зміни природних комплексів, морфологічними ознаками тощо. Класифікація допомагає краще зрозуміти особливості різних антропогенних ландшафтів.

Агроландшафти зазнають постійних змін в часі під впливом як природних, так і соціально-економічних чинників. Дослідження цих змін дає змогу оптимізувати структуру землекористування та уникнути негативних наслідків для довкілля. Сучасні ГІС-технології дозволяють ефективно здійснювати моніторинг динаміки агроландшафтів на основі геопросторової інформації.

Отже, комплексне вивчення антропогенних і аграрних ландшафтів, розробка їх класифікації та систем моніторингу є важливим завданням для забезпечення раціонального природокористування та оптимального територіального планування.

Геоінформаційний моніторинг агроландшафтів

Сільськогосподарські підприємства у всьому світі використовують ГІС для просторового аналізу і моніторингу стану агроландшафтів, для підвищення

продуктивності сільськогосподарського виробництва і покращення екологічного стану земель [50].

Ефективне управління агроландшафтами регіону, їх збереження та раціональне використання із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій – запорука сталого розвитку сільського господарства та економіки держави загалом.

Геопросторові дані є фундаментом для аналізу і моделювання агроландшафтів. Використовуючи ГІС, можна відстежувати динаміку змін на території в часі та просторі. Це дає змогу оперативно реагувати на негативні тенденції в агросередовищі та розробляти обґрунтовані рекомендації для впровадження раціональних підходів землекористування, що сприятиме сталому розвитку сільських територій.

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 [18].

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 [19].

Основа сучасних систем моніторингу агроландшафтів варазі складають геоінформаційні системи та геопросторова інформація у вигляді просторових баз даних, технології та методи обробки даних ДЗЗ, картографічні веб-додатки та сервіси [20].

Одним із ключових аспектів моніторингу є можливість порівнювати результати з плином часу. Важливо розуміти, як змінюється розподіл об'єктів і явищ

у просторі та часі, а також які закономірності і впливи відзначаються при зміні природного середовища. Це має велике значення для раціонального використання ресурсів Землі.

В статті "The analysis of agricultural landscape change using GIS techniques. Case study: Podoleni, Romania" Dan-Adrian Chelaru, Florin Constantin Mihaei, Adrian Ursu проаналізували зміни в сільськогосподарських ландшафтах з огляду на політичні та соціально-економічні фактори. Для проведення дослідження використовувались топографічні карти з різних періодів, а також ортофотоплан за 2006 рік. Дослідження було проведено за допомогою ГІС систем. Результати показали зміну в агроландшафтах Румунії через політичні та соціальні фактори та підкреслили оптимальне управління сільськогосподарськими землями [21].

У дослідженні Ettehadi Osgouei P., Sertel E., Kabadayı M. E. «Integrated usage of historical geospatial data and modern satellite images reveal long-term land use/cover changes in Bursa/Turkey, 1858-2020» представили методику аналізу довгострокових змін у землекористуванні шляхом інтеграції історичної геопросторової інформації та новітніх супутникових фотознімків. Дослідники використали територію міста Бурса в Туреччині за період з 1858 по 2020 роки. Пропонується метод спрощення аналізу історичних масивів даних для визначення довгострокових змін та представлена об'єктно-орієнтована система спільної класифікації, яка допомагає в повній мірі відобразити просторово-часові зміни на основі даних з багатьох джерел.

У дослідженні використовувалися картографічні матеріали різних часових періодів: кадастрові карти 1858 року масштабу 1:10000, аерофотознімки 1955 року масштабу 1:30000 та супутникові знімки WorldView-3 від 6 вересня 2020 року. Робочий процес включав три етапи: попередню обробку даних, картографування та статистичний аналіз змін землекористування і земельного покриття (Рис. 1.5).

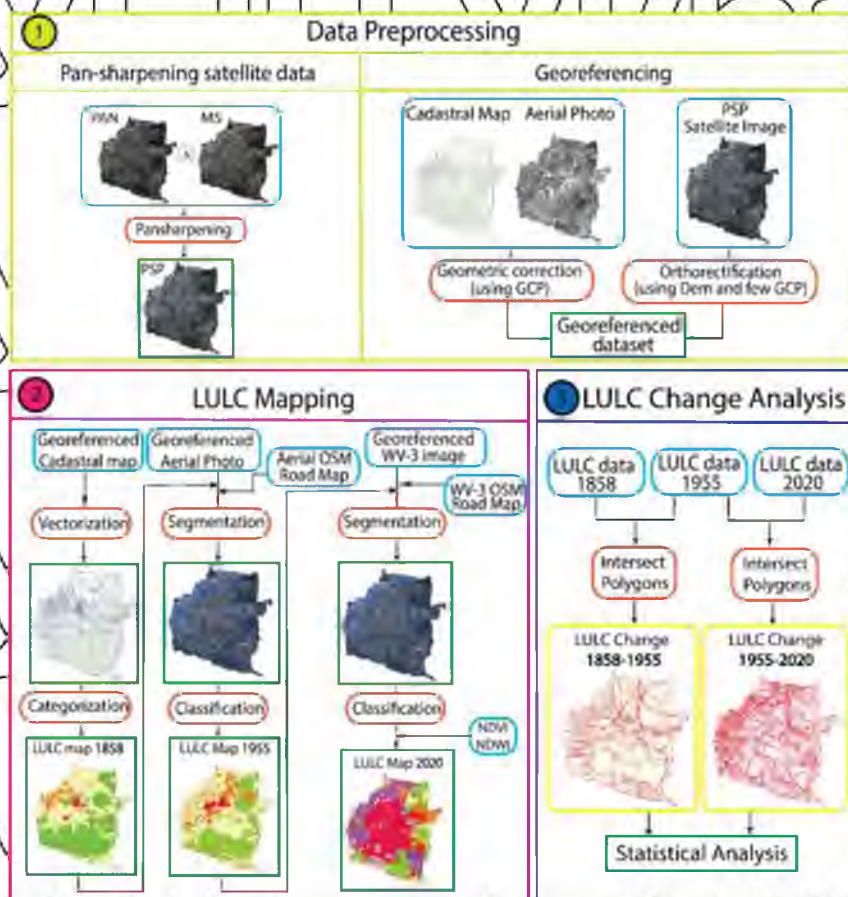


Рисунок 1.5 Блок-схема обробки даних для аналізу змін у землекористуванні - [Ettehad Osgouei P., Sertel E., Kabadayi M. E.]

За результатами дослідження встановлено, що загальна точність вихідних картографічних даних становила понад 85%. Результати продемонстрували, що гібридний підхід, який поєднує мануальні та автоматизовані методи класифікації, є дуже ефективним для дешифрування чорно-білих аерофотознімків. Ітеративне використання вже класифікованих геопросторових даних попередніх періодів для сегментації та класифікації нових даних спрощує процес створення карт землекористування та земельного покриття за різні роки.

Попри певні технічні обмеження старих аерофотознімків та кадастрових карт, зокрема викривлення зображення, відсутність рельєфу і зниження якості при скануванні паперових копій, ці історичні геодані є цінним джерелом інформації для вивчення минулого стану ландшафтів. Аналіз просторового розподілу класів

землекористування в різні роки дозволяє простежити еволюцію ландшафтів під впливом природних і антропогенних чинників. Проте можливості класифікації земель обмежені характеристиками традиційних картографічних матеріалів. Тому

класи повинні виділятися уніфіковано для всіх хронологічних зрізів даних задля коректного порівняльного аналізу.

Багаточасові карти землекористування можна використовувати для прогнозування майбутніх ландшафтних умов і аналізу часових змін [22].

Оцінка привабливості ландшафту є важливим завданням при плануванні території та управлінні земельними ресурсами. Цікаві дослідження з цієї тематики з використанням геопросторових даних провели науковці Астрід Ванноппен, Джерун Дегеріккс та Енн Гобін у практичній роботі щодо території 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 АЕА та зниження стану оголеного ґрунту взимку [23].

Юрай та Дана Лісковські досліджували проблему занепаду орних земель в Словаччині. Вони проаналізували дані з чотирьох джерел за різні періоди часу:

Історична оцінка динаміки земель (HILDA), Набір даних про історичне землекористування Карпат (CHLUD), дані CORINE про земельний покрив (CLC) та класифікація зображень Landsat.

Історична модель оцінки динаміки землекористування (HILDA) прогнозує зміни у земельному покриві в період з 1900 по 2010 рік з 10-річним інтервалом.

Вона базується на узагальнених даних програми CORINE за 2000 рік. HILDA

містить п'ять класів земельного покриття: поселення (включаючи зелені зони міст), рілля (включаючи сади та агрокультури), пасовища (включаючи природні луки, водно-болотні угіддя, чагарники), ліси (включаючи чагарники, лісорозсадники та лісовідновлені ділянки) та інші землі (включаючи льодовики, рідколісся, узбережжя та водойми). Модель NPPDA дозволяє оцінити довгострокові тенденції у використанні земельних ресурсів на основі узагальнених даних про земельний покрив.

Дослідники припустили, що через різну просторову, часову та тематичну деталізацію даних, результати щодо занепаду орних земель будуть відрізнятися. Вони порівняли набори даних, проінтерпретували результати та поєднали інформацію з різних джерел, щоб сформувавши узагальнену картину тривалого занепаду орних земель у Словаччині. За допомогою класифікації багатосезонних знімків Landsat дослідники створили карти ґрунтового покриття з просторовим розрізненням 30 м за 1985, 2000 та 2010 роки для Карпатського екорегіону, який охоплює всю територію Словаччини.

Історичний набір даних Карпат визначено як найбільш надійне довгострокове джерело. Він показує, що в період 1836-1937 рр. щорічно занепадало 19,65 км² орних земель, в 1938-1955 рр. - 154,44 км², а в 1956-2012 рр. - 140,21 км². Для порівняння, за даними Landsat у 1985-2000 рр. щорічно занепадало 142,02 км² орних земель, а в 2000-2010 рр. - 89,42 км². Однак ці показники були б вищими, якби дані враховували урбанізацію та точніше відображали лісонасадження. Дані CORINE реєструють зміни лише понад 5 га, тому рівень занепаду орних земель за ними 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 покриття/землекористування в Словаччині [24].

Серед українських вчених дослідженням агроландшафтів з використанням геоінформаційних технологій займалися Цітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич

Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапоров В.П., Моїсєєв В.Ф., Лівак О.І., Кохан С.С., Тараріко

О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л., Максименко Н.В., Михайлова К.Ю. та багато інших [25-28].

Проведений огляд літератури показав, що тема магістерської роботи є дуже актуальною в Україні та світі. Встановлено, що наразі недостатньо досліджені

методи інтеграції геопросторових даних для вивчення агроландшафтів Сумської області. Це визначає необхідність проведення дослідження з використанням

сучасних підходів обробки та аналізу геоданих для комплексного вивчення особливостей агроландшафтів регіону.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ II ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ СТРУКТУРИ ГІС

ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОЛАНДШАФТІВ

2.1 Сучасний стан агроландшафтів Сумського регіону

Сумська область, утворена 10 січня 1939 року, розташована на північному сході України. Протяжність області з півночі на південь становить майже 300 кілометрів, а із заходу на схід - 170 кілометрів. На півночі та сході Сумська область межує з Брянською, Курською та Белгородською областями російської федерації. На півдні та південному сході вона межує з Полтавською та Харківською областями України. На заході область межує з Чернігівською областю України.



Рисунок 2.1 - Сумська область на карті України

Сумська область розташована в зоні помірно-континентального клімату. 2022 рік виявився типовим за температурним режимом - середньорічна температура повітря становила 7,5-8,5°C, що цілком вкладається у багаторічні кліматичні норми регіону. Літо минулого року було спекотним - у липні та серпні спостерігалися максимальні температури повітря в межах 31-33°C. Зима виявилася прохолодною з температурним мінімумом -18-22°C морозу у січні. Кількість атмосферних опадів

теж була близькою до норми - їх річна сума на більшій частині території області складала 600-750 мм, або 100-135% від багаторічного середнього значення.

Завдяки розташуванню в межах двох географічних зон - Полісся та Лісостепу - в Сумській області поширені чорноземи типові, темно-сірі лісові ґрунти, чорноземи опідзолені, дерново-підзолисті, ясно-сірі та сірі лісові типи ґрунтів. Агрохімічна оцінка ґрунтів є однією з найвищих в Україні - в середньому 51 бал. Вміст гумусу переважно середній на 28,5% території, підвищений - на 24,4%, низький - на 24,2%. Вміст рухомих сполук фосфору в ґрунтах становить 88,6 мг/кг.

Вміст азоту здебільшого дуже низький (37,2%). Для області характерний підвищений вміст калію - на 52,6% території (86 мг/кг). Проте антропогенне навантаження призвело до порушення оптимального співвідношення угідь.

Розораність має становити 40-45%, а частка сільгоспугідь - 71,2%, з них рілля 51,5% (1,2 млн га), що свідчить про надмірну розораність. У природному стані перебуває 23,4% території.

Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу, азоту, фосфору та калію за результатами агрохімічної паспортизації для земель сільськогосподарського призначення

В таблиці 2.1 наведено характеристику ґрунтів за вмістом гумусу.

Таблиця 2.1

Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу

(За даними екологічного паспорту Сумської області 2023 року)

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	
1	2	3	4	5	6	7
-	24,2	28,5	20,4	10,6	1,1	2,85

Сучасне використання земель Сумщини не відповідає принципам раціонального природокористування. Площа сільгоспугідь становить 1751,8 тис. га,

з них 77% - рілля, 21,6% - пасовища і сіножаті, 1,4% - багаторічні насадження. Таке співвідношення не є екологічно оптимальним, адже науково доведено, що

збільшення частки розораних земель знижує екологічну стійкість ландшафтів. Для поліпшення екологічної ситуації в області необхідно оптимізувати структуру угідь, збільшити площі лісів, луків та пасовищ. Це дозволить підвищити родючість ґрунтів, запобігти ерозії та відновити екологічну рівновагу.

Однією з головних екологічних проблем сільського господарства є забруднення ґрунтів агроландшафтів шкідливими речовинами - хімікатами,

важкими металами, радіонуклідами, пестицидами. Особливо небезпечним є комбіноване забруднення важкими металами, пестицидами та радіонуклідами.

Надходження важких металів відбувається переважно повітряним шляхом з промислових джерел. У деяких районах їх концентрація у ґрунтах у кілька разів

перевищує гранично допустимі норми. Це негативно позначається на родючості ґрунтів та економічних показниках сільгоспвиробників. Необхідно запровадити

комплекс заходів щодо поліпшення екологічного стану агроландшафтів та запобігання подальшому забрудненню ґрунтів. Так, у зоні впливу промислових

підприємств (залежно від відстані до джерела викидів) урожайність зернових культур зменшується на 20-30%, соняшнику - 15-20%, овочів - 25-30%, кормових

культур - 22-28% і плодових - на 15-20% [29].

Внесення добрив, пестицидів та інших агрохімікатів також є джерелом надходження важких металів у ґрунти. Надмірне застосування пестицидів

призводить до їх накопичення в ґрунтах, сільгосппродукції та водоймах. Втім, за останнє десятиріччя в області спостерігається тенденція до зменшення обсягів

внесення агрохімікатів через складний фінансовий стан господарств. Загалом, Сумщина є однією з найменш забруднених областей України за вмістом токсичних

речовин. Це створює передумови для виробництва екологічно чистої сільгосппродукції, придатної для дитячого та дієтичного харчування. Разом з тим,

необхідно й надалі удосконалювати систему контролю за якістю та безпечністю продуктів харчування.

В умовах інтенсивного землеробства та збільшення навантаження на ґрунти від сільгосптехніки гостро постає проблема руйнування структури та ущільнення ґрунтів. Це відбувається внаслідок багаторазового обробітку за традиційними технологіями, а також під впливом руху колісної техніки. Проходження тракторів та іншої техніки призводить до пластичної деформації і ущільнення ґрунту. Це різко погіршує такі важливі для рослин властивості, як щільність, твердість, аерацію та водопроникність. Для запобігання деградації ґрунтів необхідно оптимізувати системи обробітку, зменшити кількість проходів техніки, застосовувати сучасні ґрунтозахисні технології. Наслідком цього є зниження урожайності зернових і просапних культур на 15-30 % [30].

Оцінка земельних ресурсів Сумщини засвідчила стійке погіршення якості сільськогосподарських угідь, що впливає на ефективність господарювання. Світовий досвід показує, що підвищення продуктивності аграрного сектору можливе за рахунок інтенсивного використання високородючих земель та зменшення витрат на малопродуктивні й деградовані ділянки. Для поліпшення ситуації в області необхідно запровадити низку заходів: оптимізувати структуру посівних площ і сівозмін, ширше застосовувати ґрунтозахисні технології, проводити рекультивацію деградованих земель, підвищувати родючість ґрунтів. Це дозволить раціонально використовувати наявні земельні ресурси та підвищити ефективність агропромислового комплексу Сумщини.

2.2 Загальна концептуальна модель ГІС для асиміляції та інтеграції геоданих

Концептуальна модель ГІС - це абстрактна модель, яка описує структуру даних та зв'язки між ними в геоінформаційній системі. Вона дає уявлення про те, як дані організовані та зберігаються в ГІС.

Концептуальна модель визначає основні компоненти ГІС, такі як об'єкти, атрибути та просторові взаємозв'язки між об'єктами. Вона описує різні типи даних, які можуть бути збережені в ГІС, наприклад, точкові, лінійні або полігони. Крім того, концептуальна модель також визначає структуру бази даних та способи збереження географічної інформації.

Концептуальна модель ГІС важлива, оскільки вона служить основою для розробки фізичної моделі ГІС. Фізична модель конкретизує, як саме дані зберігаються та обробляються на рівні конкретних комп'ютерних систем.

Концептуальна модель ГІС має наступні основні компоненти:

класи об'єктів, в ГІС об'єкти поділяються на кілька основних класів, таких як точкові, лінійні або полігональні. Наприклад, точковий клас може представляти сільські поселення, лінійний - дороги або річки, полігональний - ліси або озера;

атрибути, кожен об'єкт у ГІС має свої атрибути, які визначають його характеристики та властивості. Наприклад, для точкового об'єкта можуть бути атрибути, такі як назва села, населення, площа, розташування тощо. Атрибути дозволяють зберігати та аналізувати додаткову інформацію про об'єкти;

типи зв'язків між класами, у концептуальній моделі можна використовувати різні типи зв'язків між класами об'єктів;

асоціації, це зв'язки між об'єктами, які вказують, що один об'єкт пов'язаний з іншим. Наприклад, може бути асоціація між полігоном, що представляє регіон, та точковим об'єктом, що представляє його столицю;

агрегації: це тип зв'язку, який вказує на частину-ціле відношення між об'єктами. Наприклад, може бути агрегація між лінійними об'єктами, що

представляють дорогу, та точковими об'єктами, що представляють розташування перехрестя;

спадкування, цей тип зв'язку дозволяє одному класу об'єктів успадковувати

властивості і атрибути від іншого класу. Наприклад, може бути успадкування

між класами полігонів, які представляють ліс, і об'єктами класу полігони, що представляють дерева;

еластичності між класами, концептуальна модель ГІС може включати різні типи

реляцій між класами. Наприклад, може бути реляція "один до одного" між

класом точок, що представляють будинки, та класом полігонів, що представляють земельні ділянки;

заємозв'язки між атрибутами: концептуальна модель також визначає

взаємозв'язки між атрибутами об'єктів. Наприклад, між атрибутами "площа"

та "населення" може бути математичний зв'язок, що дозволяє розрахувати

щільність населення для даного регіону.

Топологія, концептуальна модель також включає у себе визначення топології,

яка описує просторові взаємозв'язки між об'єктами. Наприклад, топологія

може визначати, які точки або елементи лежать на межі полігонів.

Концептуальна модель допомагає визначити структуру даних і зв'язки між об'єктами в ГІС, що є ключовим для розробки та управління географічною інформацією. Вона надає базу для подальшої реалізації фізичної моделі ГІС, яка

враховує конкретні технічні аспекти збереження та обробки даних.

Універсальна концептуальна модель - це стандартний набір понять, який застосовується для спільного опису даних різних джерел та їх узгодження.

Використання універсальної концептуальної моделі має кілька переваг.

По-перше, можливість повторного використання - коли універсальна

концептуальна модель створена та застосована для об'єктів та процесів, її можна

повторно використовувати для інших проектів та даних. Це дозволяє уникнути

зайвих витрат на час та зусилля, що можуть бути пов'язані з розробкою спеціалізованої концептуальної моделі для кожного проєкту.

По-друге, масштабованість - універсальна концептуальна модель може бути збільшена або зменшена залежно від розміру та складності даних. Це дозволяє підтримувати єдиний стандарт опису даних, незалежно від їх кількості та різноманітності.

По-третє, гнучкість - універсальна концептуальна модель може бути змінена та доповнена для відповідності новим вимогам та потребам. Це дозволяє моделі опису даних розвиватись разом з поступом науки та технологій.

Також, використання універсальної концептуальної моделі дозволяє створювати єдиний стандарт для опису даних, що робить зручним та швидким доступ до інформації, незалежно від її джерела. Крім того, вона зменшує можливість помилок та недорозумінь між командами та джерелами даних, що полегшує спільну роботу.

Універсальна концептуальна модель дає можливість стандартизувати, систематизувати та категоризувати різноманітні дані. Це робить можливим легке збереження, пошук та обробку різноманітної інформації з використанням спеціальних програмних засобів, які працюють з даними відповідно до визначених в універсальній концептуальній моделі стандартів.

Можна зробити висновок, що використання універсальної концептуальної моделі для інтеграції даних має багато переваг, які включають можливість повторного використання, масштабованість та гнучкість. Вона робить можливим швидкий доступ до інформації та полегшує колективну роботу. Нарешті, вона дозволяє зберігати, пошук та обробку різноманітних даних з використанням стандартних засобів.

У геоінформаційних системах існує кілька популярних концептуальних моделей, які використовуються для опису структури та функцій ГІС.

Модель UML (Unified Modeling Language) - це стандартна мова моделювання програмного забезпечення, яка може бути використана для моделювання ГІС.

Сильні сторони цієї моделі включають:

стандартизація, UML є стандартом, що означає, що вона є загальноприйнятою та легко зрозумілою для багатьох розробників програмного забезпечення; гнучкість, UML може бути використана для моделювання різних типів ГІС та може бути адаптована до різних потреб користувачів.

Слабкі сторони моделі UML включають:

складність, UML може бути складною для розуміння для новачків, оскільки вона містить багато термінів та понять; не призначена для ГІС, UML не була спеціально розроблена для ГІС, тож її потрібно адаптувати для цих цілей.

Модель ISO (International Organization for Standardization) - це стандарт, який визначає вимоги до ГІС та їх функцій.

Сильні сторони цієї моделі включають:

стандартизація, ISO є міжнародним стандартом, що означає, що вона є загальноприйнятою та легко зрозумілою для багатьох користувачів; широкий охоплюючий спектр, ISO визначає вимоги до різних типів ГІС та їх функцій.

Слабкі сторони моделі ISO включають:

провадження стандартів ISO може вимагати значних зусиль та інвестицій з точки зору ресурсів і часу. Складність стандартів може ускладнити їх повне дотримання.

Модель OGC (Open Geospatial Consortium) - це стандарт, який визначає стандартизовані інтерфейси та протоколи для ГІС.

Сильні сторони цієї моделі включають:

стандарти OGC сприяють інтероперабельності та співпраці в ГІС-спільноті.

Вони дозволяють безперешкодно інтегрувати геопросторові дані та послуги з різних джерел, полегшуючи доступ до просторової інформації та її використання.

Слабкі сторони цих моделей включають:

стандарти OGC не завжди встигають за технологіями, що швидко розвиваються, та новими вимогами у сфері ГІС. Дотримання стандартів може викликати труднощі через відмінності у впровадженні серед розробників програмного забезпечення.

Концептуальну модель загального виду ГІС, як приклад обробної системи, покажемо на рис. 2.1. Вона відображає процес перетворення сукупності вхідної множини первинних даних у множину моделей у базі геопросторових даних та у множину комплексних геозображень, які надаються користувачам системи як результат моделювання для аналізу стану геосистеми та прийняття управлінських рішень [31].

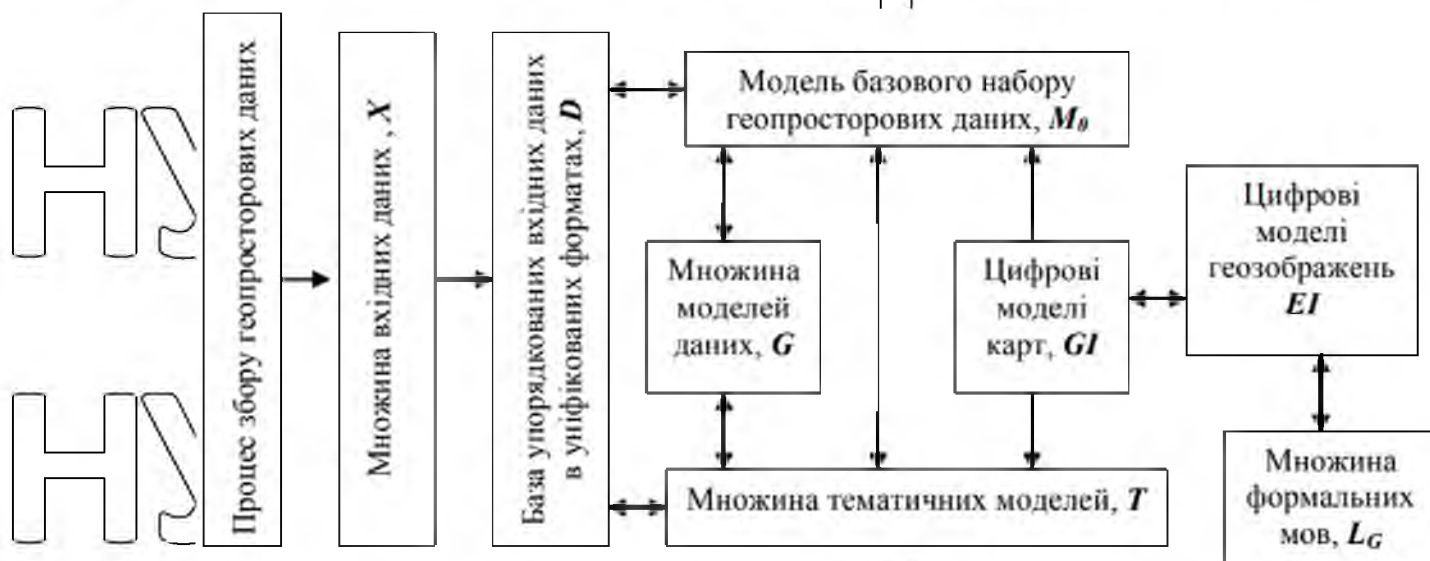


Рисунок 2.2 Загальний вигляд концептуальної схеми ГІС

Концептуальну систему можна показати таким чином:

$$S = \{ X, D, Mo, T, G, GI, EI, Fij, D \},$$

де, X – множина вхідних даних, одержаних у процесі топографо-геодезичних знімачь, GPS-вимірювань, ДЗЗ тощо; D – база упорядкованих вхідних даних в уніфікованих форматах; Mo – модель базового набору геопросторових даних; T – множина тематичних моделей геопросторових даних; G – множина моделей даних за спеціальними просторовими (геометричними) схемами, в тому числі тривимірні (3D) цифрові моделі рельєфу та місцевості; GI – цифрові моделі карт та інших геообразень; EI – цифрові моделі електронних геообразень; $Fij: M_i \rightarrow M_j$ – функції перетворення моделі M_i в модель M_j , в т.ч.; $F_{XD}: X_i \rightarrow D$ – перетворення первинних даних в уніфіковані формати, $F_{DM}: D \rightarrow Mo$ – створення (оновлення) моделі базового набору геопросторових даних на основі первинних, $F_{DM}: D \rightarrow T_i$ – створення тематичних моделей геопросторових даних на основі первинних, а також аналогічні прями й зворотні перетворення для усіх інших моделей (в напрямку стрілок між моделями на рис. 1); L – множина формальних мов та інтерфейсів взаємодії процесів, у тому числі мова LG для подання електронних геообразень користувачам системи та інтерактивного доступу користувачів до геопросторових даних і програм їх обробки.

2.3 Діаграми діяльності

Для створення інтегрованої геоінформаційної системи потрібно налагодити процес виконання завдань. Продумати послідовність своїх операцій. Мовою об'єктно-орієнтованого проектування таку поведінку системи найкраще змоделювати за допомогою Діаграм діяльності.

Діаграма діяльності (activity diagram) в UML - це тип діаграм, який описує логіку роботи системи за допомогою робочих процесів, потоків даних та подій.

НУБІП України

В контексті теми магістерської роботи, діаграма діяльності використовується для візуалізації послідовності операцій та процесів, які включаються у геоінформаційну систему для обробки та аналізу геопросторових даних.

НУБІП України

Діаграми діяльності складаються з обмеженої кількості фігур, з'єднаних стрілками. Основні фігури: прямокутники з заокругленнями - дії, ромби - рішення; широкі смуги - початок (розгалуження) і закінчення (сходження) розгалуження дій; чорний коло - початок процесу (початковий стан); Чорний круг з обвідкою - закінчення процесу (кінцевий стан). Стрілки йдуть від початку до кінця процесу і показують послідовність переходів [32].

НУБІП України

На рис.2.3 представлена діаграма діяльності методики створення картограми використання земель.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Рисунок 2.3 - Діаграма діяльності інтеграції геопросторових даних для вивчення агроландшафтів Сумського регіону

РОЗДІЛ ІНТЕГРАЦІЯ ТА АСИМІЛЯЦІЯ РІЗНОРІДНИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ У ДОСЛІДЖЕННЯХ АГРОЛАНДШАФТІВ СУМЩИНИ

3.1 Геоінформаційні продукти

Геоінформаційні продукти - це різноманітні дані та інформація, пов'язані з географічним положенням об'єктів чи явищ. Вони включають цифрові карти, аеро- та супутникові знімки, цифрові моделі рельєфу, просторові бази геоданих, а також похідні продукти на їх основі.

Існують глобальні, національні та локальні геоінформаційні продукти. До глобальних належать супутникові знімки та карти всієї Землі. Національні охоплюють територію окремих країн. Локальні створюються для невеликих територій чи об'єктів.

Призначення геоінформаційних продуктів полягає у забезпеченні доступу до просторової інформації та її аналізу. Геоінформаційні продукти дозволяють вирішувати різноманітні задачі, такі як планування міст, вивчення геологічних утворень, аналіз змін клімату, визначення ризиків природних катастроф, вивчення розподілу рослинності та тваринного світу, аналіз транспортних потоків та багато інших. Геоінформаційні продукти є незамінним інструментом для прийняття рішень в різних галузях діяльності, оскільки вони дозволяють отримувати точну та актуальну інформацію про просторові об'єкти та їх взаємодію. Використання геоінформаційних продуктів допомагає зменшити ризики та витрати при прийнятті рішень, покращити якість життя людей та зберегти природні ресурси.

Існують такі види геоінформаційних продуктів, як:
цифрова модель рельєфу (ЦМР) - це геоінформаційний продукт, який відображає висоту поверхні землі відносно деякого геодезичного еліпсоїда.

ЦМР може бути створена за допомогою різних методів, таких як лазерне

НУБІП України

сканування, фотограмметрія, радіолокаційне зондування та інші. Приклад ЦМР наведений на Рис. 3.1

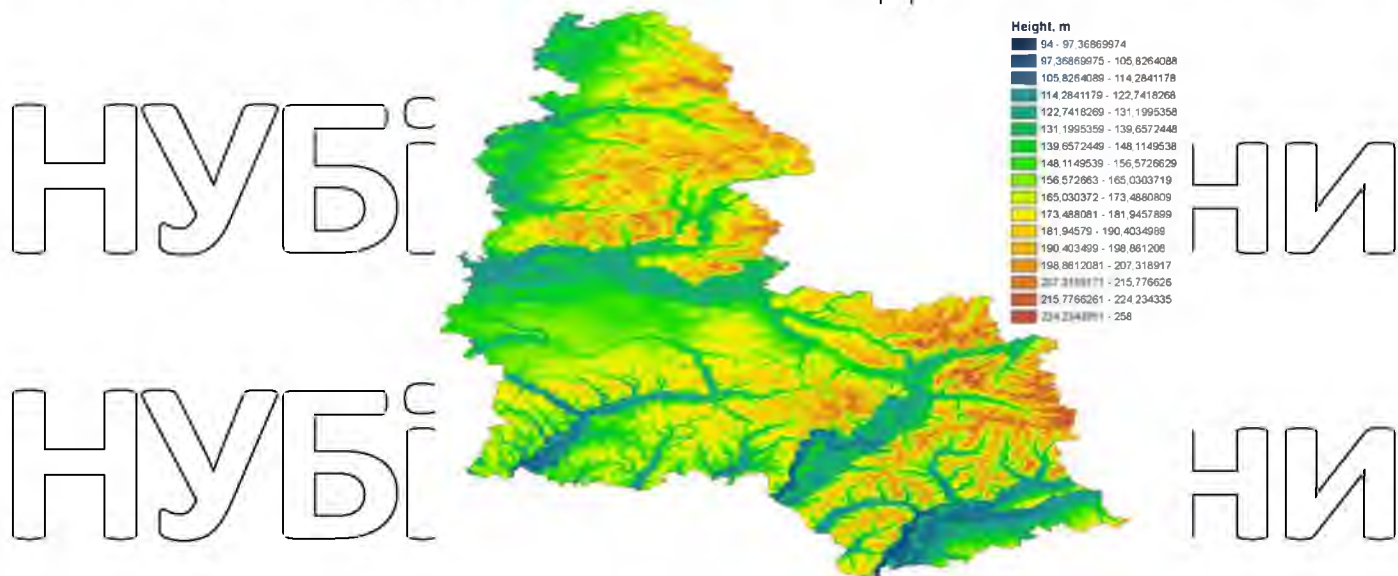


Рисунок 3.1. ЦМР Сумської області

НУБІП України

цифрова топографічна карта - це набір метричної, семантичної та логічної інформації про ділянку земної поверхні, що зберігається в електронному

виді. Цифрові топографічні карти створюються на основі аерофотознімків,

лазерного сканування, геодезичних вимірювань та інших джерел інформації.

Приклад цифрової топографічної карти наведений на Рис 3.2



Рисунок 3.2 Цифрова топографічна карта

Ортофотоплани - це геоінформаційний продукт, який відображає зображення земної поверхні, отримане з висоти, у вигляді плану, з точністю геоприв'язки та без спотворень, що виникають при зйомці з повітря. Ортофотоплани створюються на основі фотограмметрії, лазерного сканування та інших джерел інформації. Приклад ортофотоплану наведений на Рис. 3.3

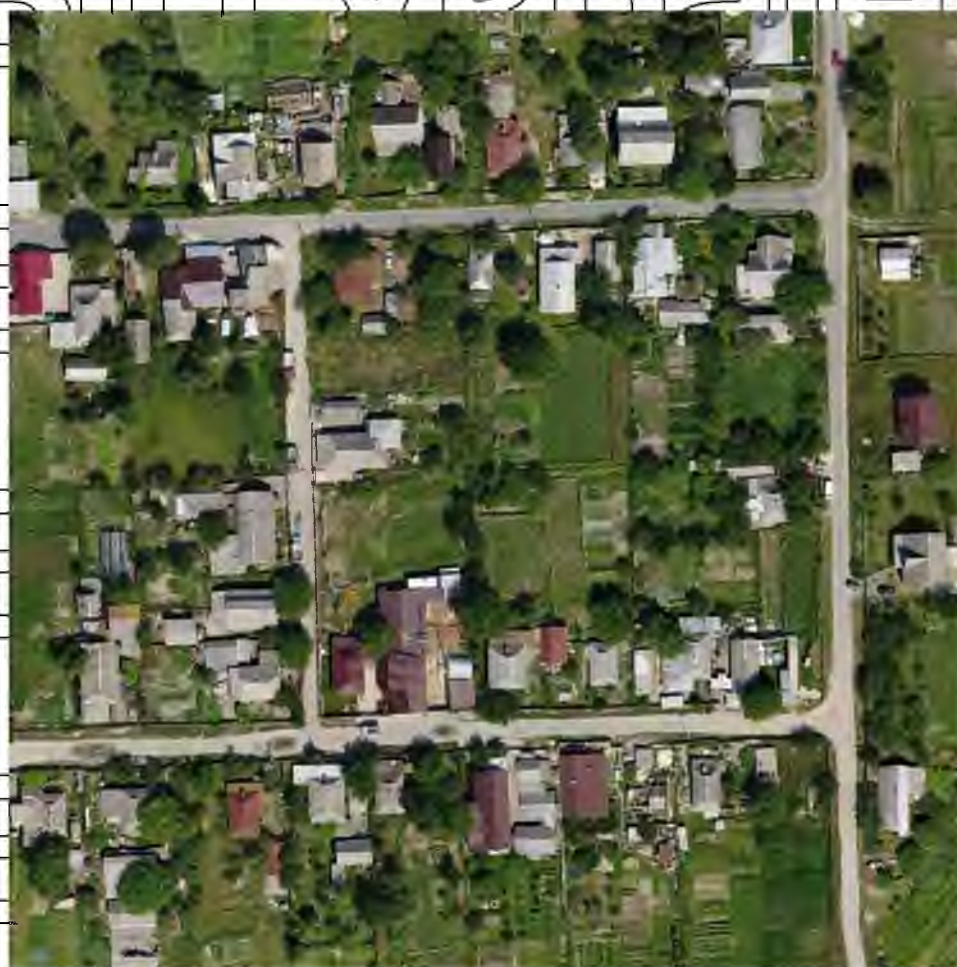


Рисунок 3.3 Ортофотоплан

Космічні знімки - це зображення поверхні Землі, отримані за допомогою скануючих пристроїв, встановлених на борту космічних апаратів (супутників). Космічні знімки дають можливість отримати оперативну інформацію про стан земної поверхні у глобальному масштабі. Вони характеризуються високою періодичністю, просторовою роздільною

НУБІП України

здатністю та спектральною інформативністю. Приклад космічного знімку зображено на Рис 3.4



Рисунок 3.4 Космічний знімок супутника Sentinel-2

НУБІП України

Д моделі місцевості - це геоінформаційні продукти, які відображають поверхневу форму земної поверхні у тривимірному просторі. Вони представляють собою детальніші моделі рельєфу, оскільки включають не тільки висотний компонент, але й інші атрибутивні дані, такі як властивості ґрунту, тип рослинності, гідрографічні об'єкти тощо. Приклад такої моделі наведений на Рис 3.5

Рисунок 3.5 3D модель міста

НУБІП України

тематичні ГІС - це геоінформаційні продукти, які створені для вирішення певних тематичних завдань. Вони можуть містити геодані, які відображають або пов'язані з певною темою або сферою. Приклад тематичних ГІС

наведений на Рис 3.6

НУБІП України

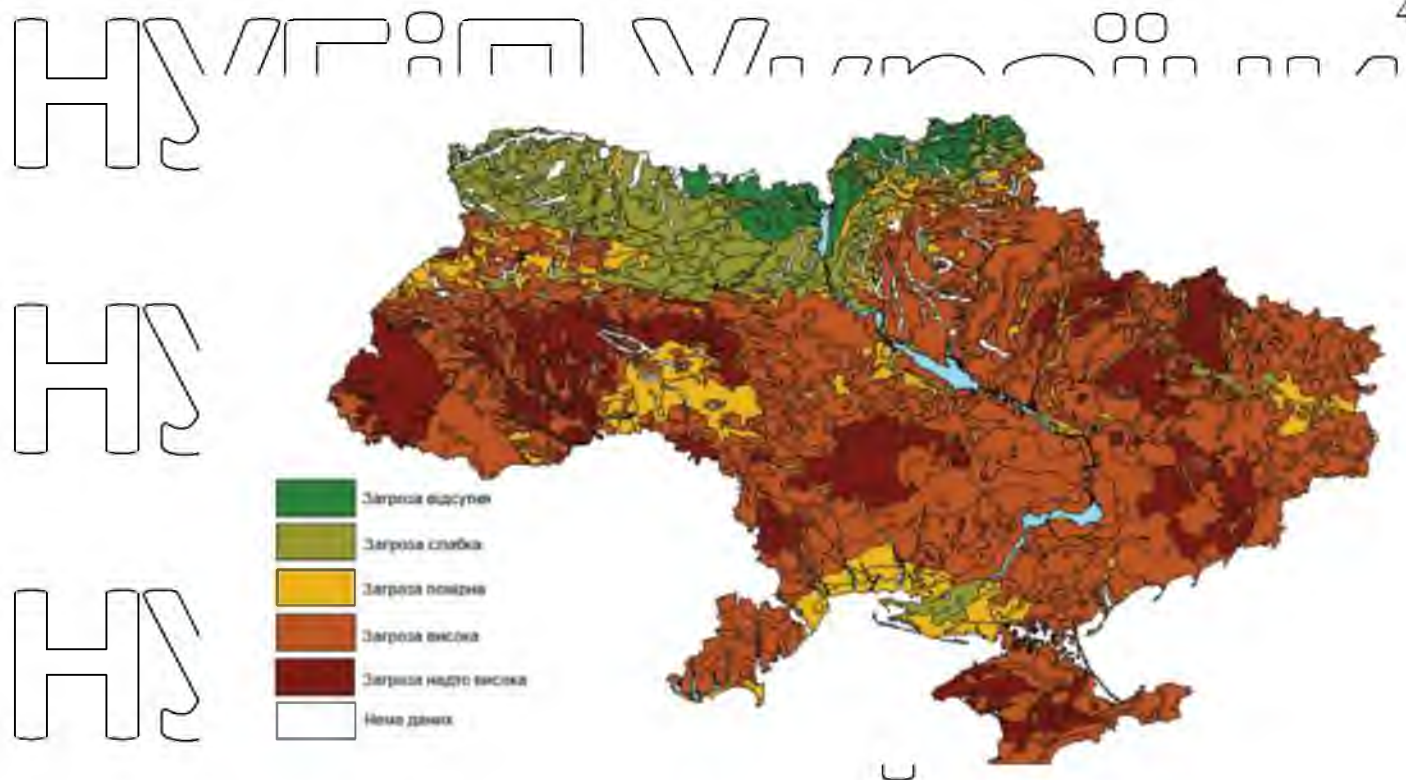


Рисунок 3.6 Карта переуцільнення ґрунтів України

геоінформаційні портали - це геоінформаційний продукт, який надає користувачам доступ до географічних даних та інформації про різні географічні об'єкти. Основні функції геоінформаційних порталів полягають у наданні доступу до географічних даних та інформації про різні географічні об'єкти, візуалізації географічних даних у вигляді карт та знімків, аналізу та моделювання географічних процесів, спільній роботі з географічними даними та інформацією між користувачами. Приклад геопорталу Лієн України, наведений на Рис. 3.7

НУБІП України

НУБІП України

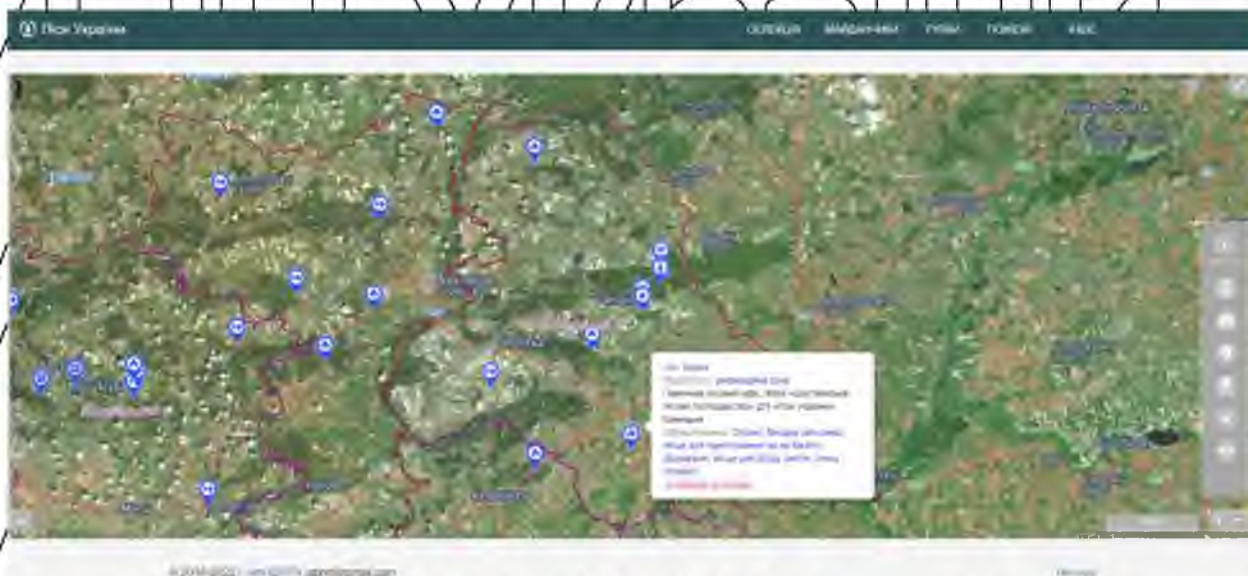


Рисунок 3.7 Геопортал Ліси України

3.2 Створення наборів геопросторових даних на основі використання асиміляції та інтеграції геоданих для досліджень агроландшафтів

Для створення наборів геопросторових даних у дослідженні агроландшафтів Сумського регіону на прикладі території Шосткинського району, використовувалися дані дистанційного зондування Землі.

Дані дистанційного зондування (ДДЗ) – дані про поверхню Землі, об'єкти, розташовані на ній або в її надрах, отримані в процесі зйомок будь-якими неконтактними, тобто дистанційними методами, за допомогою фіксування відбитої сонячної енергії і випромінювань теплової енергії (електромагнітного випромінювання) від земної поверхні, що реалізується сенсорами, розташованими на орбітальних супутниках планети. За традицією, що склалася, до ДДЗ відносять дані, отримані за допомогою знімальної апаратури наземного повітряного або космічного базування, що дозволяє отримувати зображення в одному або декількох ділянках електромагнітного спектра [33].

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

електромагнітного випромінювання та довжини хвилі, які реєструє сенсор супутникової системи, дистанційне зондування Землі дає можливість отримувати дані про різноманітні об'єкти та явища. Зокрема, фіксуються процеси в атмосфері, океані, на поверхні суші, а також характеристики гірських порід, ґрунтів, рослинного покриву, водних об'єктів, льодовиків та снігового покриву. Інтерпретація даних ДЗЗ у поєднанні з алгоритмами та моделями забезпечує перетворення даних у моніторингову інформацію, яка потрібна для прийняття своєчасних та оптимальних рішень на різних рівнях управління [34].

Схема, наведена на рис. 3.8, ілюструє загальний принцип роботи технологій ДЗЗ, де А – джерело електромагнітної радіації (Сонце); В – проходження сонячної радіації через Атмосферу при взаємодії з нею до земної поверхні; С – відбиття і випускання електромагнітного випромінювання від земної поверхні; D – фіксування відбитої і випущеної енергії сенсором орбітального супутника і її збереження в спеціальному форматі; E – передача і первинна обробка отриманих даних; F – Аналіз даних, інтерпретація отриманих результатів; G – застосування отриманих результатів (розробка карт, прийняття рішень та ін.).

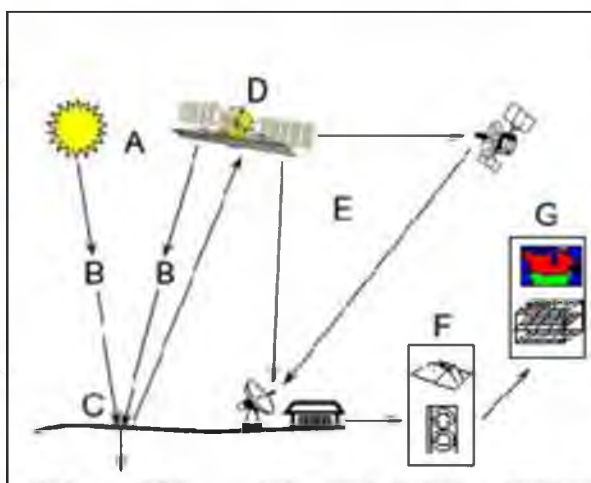


Рисунок 3.8 – Загальний принцип роботи технологій ДЗЗ

Серед основних переваг космічних знімків у дослідженні можна виділити:

ідносну доступність даних для кінцевого користувача, оскільки значна база архівних даних є безкоштовною.

ожливість порівняння даних за різні роки, отриманих за допомогою апаратури з певною часовою роздільною здатністю, для виявлення змін.

глядовість, тобто зйомкою можуть бути охоплені великі території - від ділянки площею 1 км² до півкуль при зйомці з геостаціонарної орбіти.

Сьогодні для дистанційного зондування Землі використовується ціла низка супутникових систем з різним рівнем деталізації зображення. Деякі з них здатні фіксувати об'єкти з просторовим розрізненням від 31 см до 15 м. Серед таких систем можна виділити кілька десятків найбільш вживаних, що зазначені у Таблиці 3.1. Вони дозволяють отримувати знімки Земної поверхні з високою роздільною здатністю та використовуються для вирішення широкого кола наукових і прикладних завдань.

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
2	Envisat	12,5 м	рельєфу, динаміка снігового, льодового покриву, хімія атмосфери
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	Природні ресурси, наземний покрив, сільське і лісове господарство, моніторинг довкілля
7	Terra	15 м	
8	RapidEye	5,6 м	Підтримка моніторингу земель та відповідних послуг, оновлення топокарт до масштабу 1:25 000
9	EROS A, B	70 см	Наземний покрив, сільське і лісове господарство, цифрові моделі рельєфу, моніторинг довкілля, оновлення ортофотопланів до масштабу 1:2 000
10	IKONOS-2	82 см	
11	QuickBird	65 см	
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 [35].

Темпоральна розрізненість супутників [33] залежить від параметрів їх орбіти, кількості парних супутників та ширини смуги зйомки сенсору. Оператори можуть коригувати орбіту супутників, щоб підвищити частоту повторюваності знімання. Цю інформацію можна знайти в Таблиці 3.2.

Таблиця 3.2
Часова роздільна здатність супутників

Супутник	Час	Ширина смуги зйомки, км
NOAA	30 хв	2000

Aqua/MODIS	0,9 доби	2300
Landsat 8	16 діб	185
Sentinel 2A, 2B	5 діб	290
RapidEye	5 діб	77
PlanetScope	1 доба	24
WorldView-3	1 доба	13

Великим мінусом супутникових даних є висока вартість. Для здешевлення даних отриманих із супутників, варто використовувати безкоштовні знімки, які перебувають у відкритому доступі.

В мережі інтернет є кілька веб-порталів, які надають повністю відкритий і безкоштовний доступ до зображень Землі з деяких супутників. Користувачі можуть завантажити ці супутникові знімки без будь-яких обмежень та оплати на спеціальних веб-платформах. Серед таких веб-порталів можна назвати, наступні:

- NASA – Giovanni

Для більшості досліджень, пов'язаних зі зміною елементів агроландшафтів у часі та просторі, доцільно використовувати знімки з супутників Sentinel або Landsat.

Ці супутники мають достатню просторову роздільну здатність і найчастіше є у вільному доступі.

Зображення Landsat є одним з найбільш широко використовуваних джерел даних для глобального моніторингу завдяки тривалому регулярному охопленню та відносно високій просторовій роздільній здатності. Характеристики супутника

Landsat 8 наведено в таблиці 3.3.

НУБІП України

Таблиця 3.3

Характеристики спектральних каналів супутника 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

Супутник 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

НУБІП України

НУБІП України

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

Проаналізувавши два супутника, для більш якісних результатів дослідження, було використано дані зі супутника Sentinel-2 будуть кращими.

Для отримання космічних знімків на територію Шосткинського району Сумської області було застосовано веб-портал EO browser.

EO Browser - це веб-додаток, який дозволяє користувачам переглядати, скачувати та порівнювати зображення супутників різної роздільної здатності з різних колекцій даних спостереження Землі. На сайті безкоштовно можна отримати дані з таких супутників: Sentinel 1, Sentinel 2, Sentinel 3, Sentinel 5P, Landsat, Envisat Meris, MODIS, Proba V, GIBS та інші.

Через цей веб-додаток досить легко можна отримати якісні космічні дані, вказавши налаштування, які цікавлять користувача. Роботу в EO browser зображено на Рисунку 3.9



Рисунок 3.9 - Робоче вікно EO Browser

Крім необроблених знімків, веб-платформа EO browser надає доступ до готових тематичних продуктів, серед них: True Color, False Color, NDVI, Moisture Index, SWIR, NDWI, NDSI та інші. Використання цих даних значно полегшує подальшу тематичну обробку зображень для конкретних задач.

Існує три найбільш поширених вегетаційних індексів:

1) NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормалізований відносний індекс рослинності, простий кількісний показник кількості фотосинтетичної активної біомаси (що зазвичай називається вегетаційним індексом). Один з найпоширеніших і використовуваних індексів для вирішення завдань, які

застосовують кількісні оцінки рослинного покриття. NDVI помірно чутливий до змін ґрунтового і атмосферного фону, крім випадків з бідною рослинністю.

2) PVI (Perpendicular Vegetation Index) – дещо менш, але теж широко поширений. Має вузький динамічний діапазон і дуже чутливий до зміни атмосфери. Щодо простий у використанні і знаходженні ґрунтової лінії, що важливо для використання інших індексів. Найчастіше використовується на територіях з бідною рослинністю.

3) SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) – хороший варіант, якщо мета дослідження – розріджена рослинність [49].

Розрахунок NDVI [45–49] базується на двох найбільш стабільних (не залежних від інших чинників) ділянках спектральної кривої відображення судинних рослин. У видимій області спектру (0,4-0,7 мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а в інфрачервоній області (0,7-1,0 мкм) знаходиться область максимального відображення клітинних структур листа. Тобто висока фотосинтетична активність (пов'язана, як правило, з густою рослинністю) веде до меншого відображення у видимій області спектру і більшому в інфрачервоній. Відношення цих показників один до одного дозволяє чітко відділяти і аналізувати рослинні від інших природних об'єктів.

Індекс розраховується за такою формулою:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

де NIR – відображення у ближній інфрачервоній області спектру; Red – відображення у видимій області спектру.

Отже, для дослідження агроландшафтів Сумської області на платформі EO Browser було скачано наступні геоінформаційні дані: канали супутника Sentinel - 2 (2 (Blue), 4 (Red), 8 (NIR)) за два періоди – 2017, 2018, 2022 років.

Для створення геопросторового набору даних, завантажимо в EO Browser, території нашого дослідження у вигляді файлу з розширенням kmz.

Задаємо необхідні часові проміжки за якими буде проводитися пошук, необхідних знімків, а також обираємо джерело даних – супутник Sentinel-2, та встановлюємо максимальну хмарність 10%. Натискаємо пошук і обираємо потрібний знімок.



Рисунок 3.10 Скачування знімків в EO Browser

В таблиці 3.5 наведено опис використаних в дослідженні знімків, що покривають територію Шосткинського району Сумської області.

Таблиця 3.5

Джерело даних	Знімок	Дата
Sentinel-2	L2A_B02_(Raw)	03.05.2017
	L2A_B04_(Raw)	03.05.2017
	L2A_B08_(Raw)	03.05.2017
	L2A_B02_(Raw)	10.05.2018
	L2A_B04_(Raw)	10.05.2018
	L2A_B08_(Raw)	10.05.2018

L2A_B02 (Raw)	19.05.2022
L2A_B04 (Raw)	19.05.2022
L2A_B08 (Raw)	19.05.2022

Сцену можна скачати у вигляді архіву, якщо розпакувати архів, то можна виявити в ньому георив'язані зображення сцени у різних каналах у форматі tiff які і будемо обробляти. Рис 3.11.

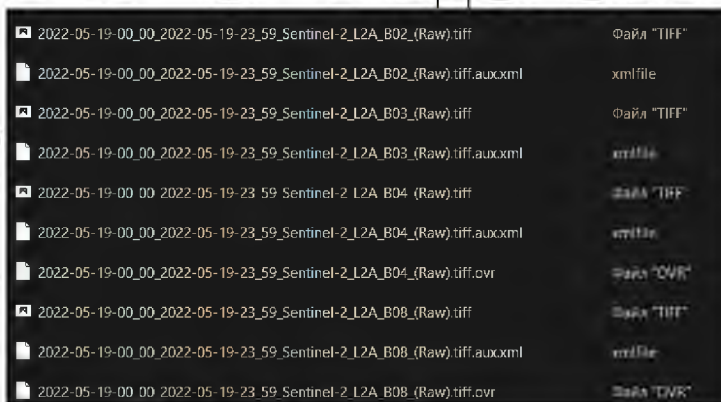


Рисунок 3.11 - Видгляд пакетного архіву знімку Sentinel-2

За космічними знімками, після їх попередньої обробки, буде проведена керована класифікація, на її основі буде створена тематична карта використання агроландшафтів досліджуваної території, побудовані карти NDVI, і проведено аналіз даних.

Виявлення різних типів рослинності методом дистанційного зондування відбувається шляхом розпізнавання та аналізу знімків ДЗЗ. На них ідентифікуються ділянки з певними видами рослинного покриву. Цей процес називається рослинним дешифруванням - він полягає у визначенні лісових масивів, сільгоспугідь, пустощів, боліт тощо на знімках та оцінці їх характеристик. Дешифрування може здійснюватися візуально, вимірювально, автоматично або комплексно, поєднуючи різні підходи для отримання найбільш точних результатів.

Першим кроком дешифрування знімка є розрахунок вегетаційних індексів та визначення діапазонів значень для лісових масивів і рослинного покриву. На

другому етапі за допомогою програмних засобів застосовується сегментація перетворених знімків з урахуванням розрахованих діапазонів. Ціля цього проводиться векторизація та оцінка точності виділення об'єктів рослинності.

Результати дешифрування відображаються у вигляді тематичної картосхеми.

Для розрахунку багатоспектрального індексу обрана вільно поширювана геоінформаційна система QGIS. Для визначення вегетаційного індексу необхідно виконати обчислення в QGIS, а для цього завантажити знімок Sentinel-2 в форматі TIFF, тобто зображення сцени у різних каналах Рис. 3.12.

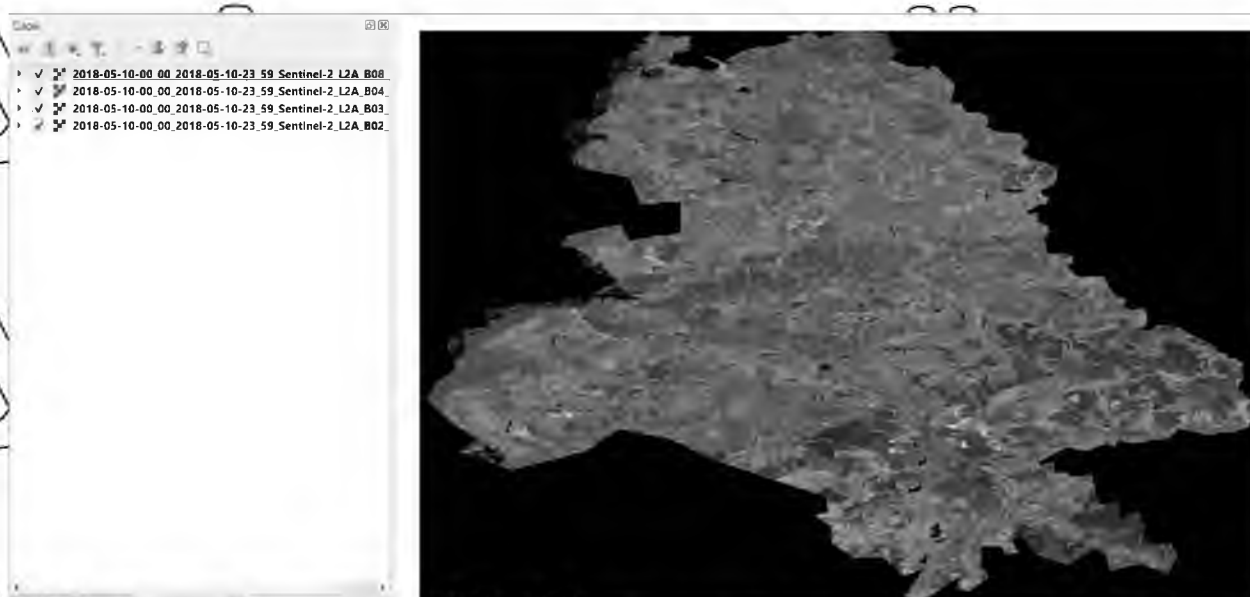


Рисунок 3.12 - Знімок супутника Sentinel-2

Канали знімків від сенсорів Sentinel-2 можна комбінувати в різних поєднаннях залежно від завдань аналізу. Досвід фахівців з обробки даних ДЗЗ може стати в нагоді при виборі оптимального набору каналів. Наприклад, найбільш природне кольорове зображення для можна отримати, поєднавши канали 4-3-2. Проте такі зображення не є інформативними для професійного дешифрування. Частіше використовується комбінація 8-4-3, яка дозволяє отримати більше корисних даних. Вибір каналів залежить від конкретних завдань аналізу. Приклад відображення знімків при різних поєднаннях каналів можна побачити на Рис 3.13

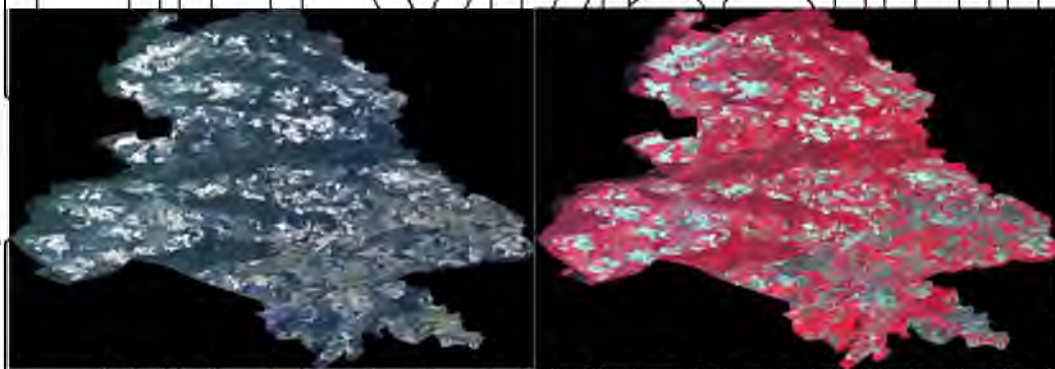


Рисунок 3.13 – Композиція каналів космозйомки: а) поєднання каналів 3-2-1;
б) поєднання каналів 8-4-3

Розрахунок індексу NDVI можна виконати у QGIS, використовуючи калькулятор растрів, який знаходиться у вкладці меню «Растр». Для розрахунку індексу необхідно використовувати канали NIR і RED, у супутника Sentinel-2 це 8-й і 4-й канали відповідно. В полі «Вираз» вводимо формулу NDVI (рис.3.14). На рис.3.15 представлений отриманий знімок з підрахованими індексом NDVI.

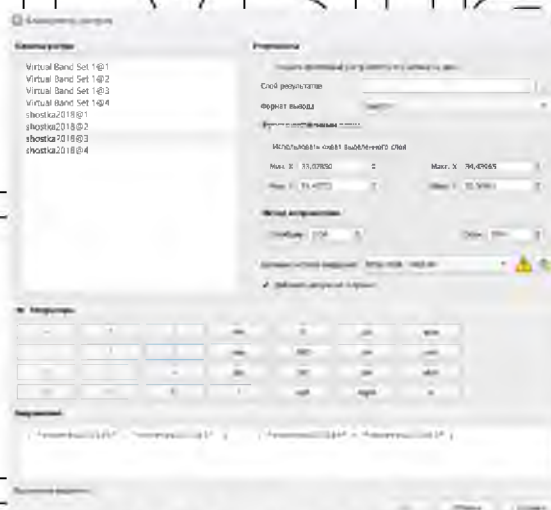


Рисунок 3.14 – Формула для підрахунку NDVI



Рисунок 3.15 – Розрахований індекс NDVI для знімка Sentinel-2

Після розрахунку індексу необхідно встановити діапазони значень для лісових масивів, багаторічних насаджень, ріллі, пасовищ та боліт. Для цього в панелі інструментів обираємо функцію "Визначення об'єктів" і, переглядаючи зображення, знаходимо максимальне та мінімальне значення кожного типу покриття. Таким чином встановлюються порогові значення для подальшої класифікації знімка.

Обрані інтервали розподілу точок обґрунтовуються тим, що вихідні значення отримані за індексом NDVI. Значення NDVI являють собою десяткові дроби, де величини менше 0,2 вказують на дуже низький рівень або повну відсутність рослинного покриття. Такі ділянки можна ідентифікувати як незасіяну ріллю. Натомість значення вище 0,6 свідчать про високу щільність рослинності в даній місцевості. Таке розподіл інтервалів дозволяє адекватно оцінити стан рослинного покриття.

Для зелених рослин відбиття в червоній ділянці спектра завжди менше, ніж у ближній інфрачервоній, через поглинання світла хлорофілом. Тому значення NDVI для рослинного покриття не можуть бути від'ємними. Розрахунок цього індексу для

кожного пікселя космічного знімка в червоній та інфрачервоній зонах дає похідне зображення – карту NDVI. Вона дозволяє оцінити стан рослинності.

В результаті точки для індексу NDVI розподілені наступним чином:

$$S(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } 0.54 < f(x, y) \leq 0.85 \\ 2, & \text{якщо } 0.29 < f(x, y) \leq 0.54 \\ 3, & \text{якщо } 0.15 < f(x, y) \leq 0.29 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

де $S(x, y)$ – шукане зображення,

1 - ліс, болота, щільна рослинність;

2 - рілля, середня щільності рослинності;

3 - пасовища, бідна рослинність;

0 - вода, нема рослинності.

На рис.3.16 представлений алгоритм роботи сегментації зображення на прикладі індексу NDVI, плагіну Semi-Automatic Classification в середовищі QGIS, результат роботи якого – поділ всіх пікселів зображення за заданим граничним значенням спектрального індексу і створення вихідного растрового файлу формату GeoTIFF, що містить інформацію про типи пікселів у вигляді бінарного зображення.

Далі отриманий в результаті сегментації растровий файл перетворюємо у векторний шар полігонів зі збереженням проекції. Також створюється текстовий файл з координатами і значеннями точок кожного сегмента. Це дозволяє визначити плянки лісу та сільгоспугідь.

Робота плагіна відбувається так: спочатку завантажується космічний знімок, для кращої візуалізації можна використати функцію синтезу кольорів. Після цього створюються директорії для збереження файлів ROI та сигнатур об'єктів.

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 паралелепіпедів, 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].

Наступним кроком є створення файлу «еталонів» та сигнатур для подальшої

класифікації. Спектральні еталони являють собою набори графіків-кривих

спектральної відбивної здатності об'єктів, отримані багатоканальними

спектрометрами в лабораторних або польових умовах [36]. Для об'єктів з великою

площею, наприклад водою, використовується інструмент полігонального

виділення пікселів (рис. 3.17). Після цього задається ідентифікатор об'єкта, його

назва і зберігається ROI. Після запису регіону інтересу автоматично оновлюється

таблиця сигнатур для подальшої класифікації.

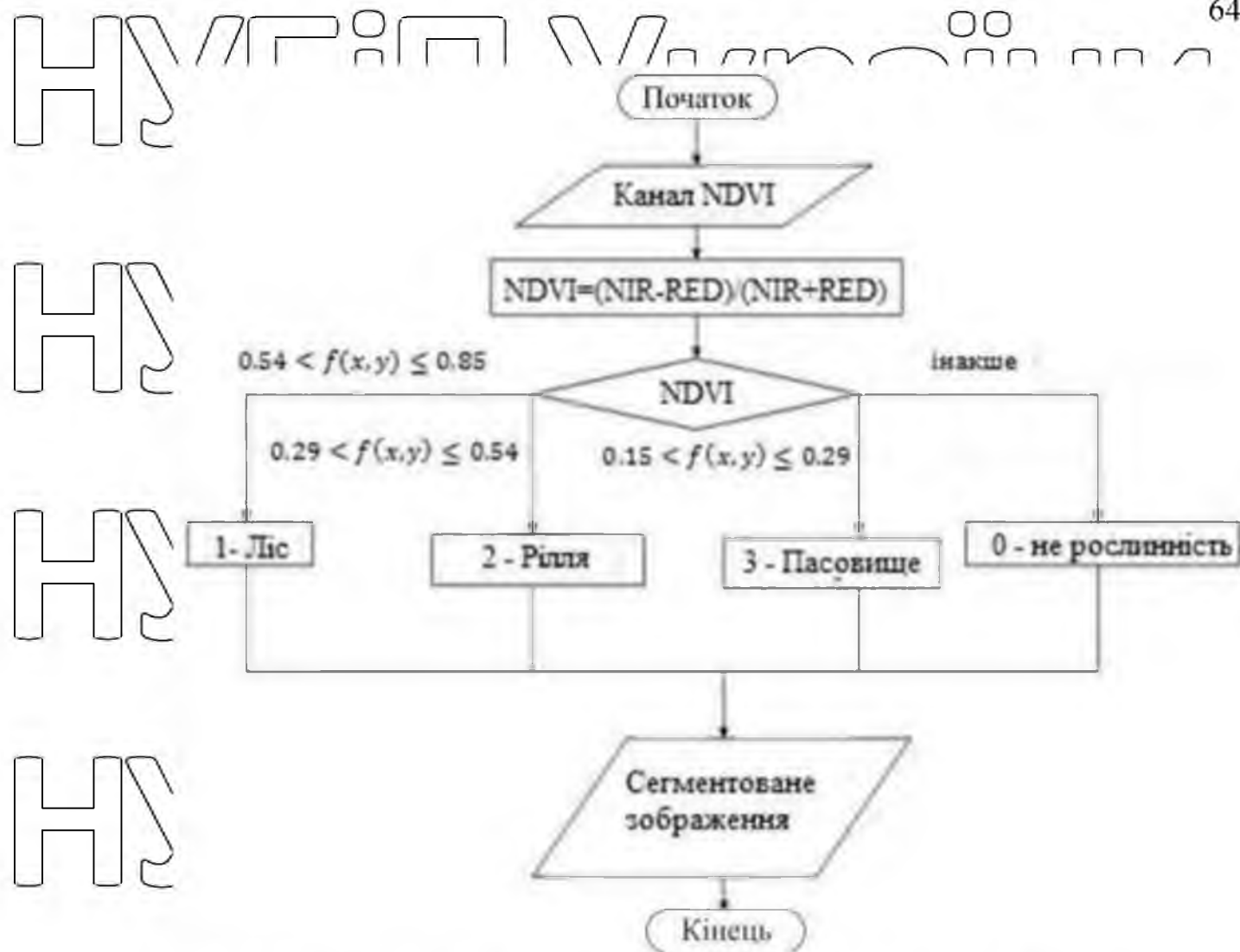


Рисунок 3.16 - Алгоритм роботи програмного модуля сегментації зображення

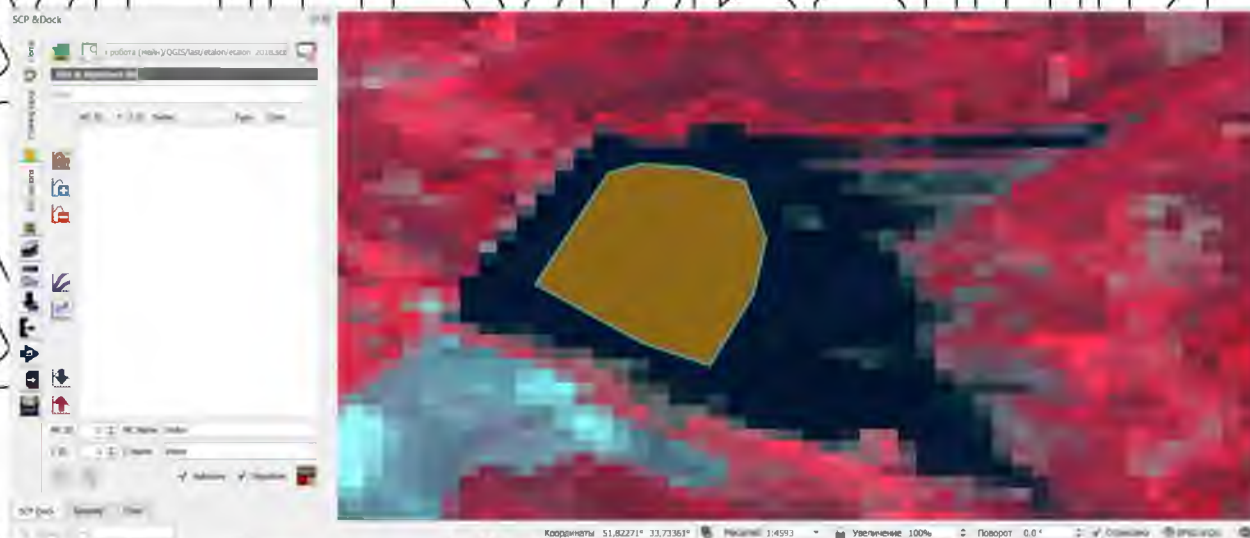


Рисунок 3.17 - Захоплення пікселів для водних об'єктів

Таким же чином виділимо ділянки незасіяних земель, лісів, забудови, засіяних ділянок.

Після виконання попередніх кроків формується таблиця сигнатур, в якій записуються сигнатури об'єктів у вигляді автокоlectorів. Тобто при створенні ROI в цій таблиці автоматично створюються рядки з назвами і класами регіонів інтересу та призначаються кольори, які можна змінити на більш звичні. Так формується набір сигнатур для подальшої класифікації знімка (Рис. 3.18).

MCID	LID	Name	Type	Color
1	1	Water	RWS	Blue
✓ 1	1	Water	RWS	Blue
✓ 1	2	Water	RWS	Blue
2	3	Forest	RWS	Green
✓ 2	3	Forest	RWS	Green
✓ 2	4	Forest	RWS	Green
✓ 2	5	Forest	RWS	Green
3	6	Winter Crops	RWS	Yellow
✓ 3	6	Winter Crops	RWS	Yellow
✓ 3	7	Winter Crops	RWS	Yellow
✓ 3	8	Winter Crops	RWS	Yellow
4	11	Other Crops	RWS	Red
✓ 4	11	Other Crops	RWS	Red
✓ 4	12	Other Crops	RWS	Red
✓ 4	13	Other Crops	RWS	Red
5	15	Bare Lands	RWS	Purple
✓ 5	15	Bare Lands	RWS	Purple
✓ 5	16	Bare Lands	RWS	Purple
6	17	Settlement	RWS	Orange
✓ 6	17	Settlement	RWS	Orange
✓ 6	18	Settlement	RWS	Orange
✓ 6	19	Settlement	RWS	Orange

Рисунок 3.18 - Ліст сигнатур

На наступному етапі вибираємо метод класифікації "Minimum Distance" і натискаємо на кнопку «Run». Після створення папки "classification" і називаємо в ній документ "classification.tif". Класифікація виконана (рис.3.19).

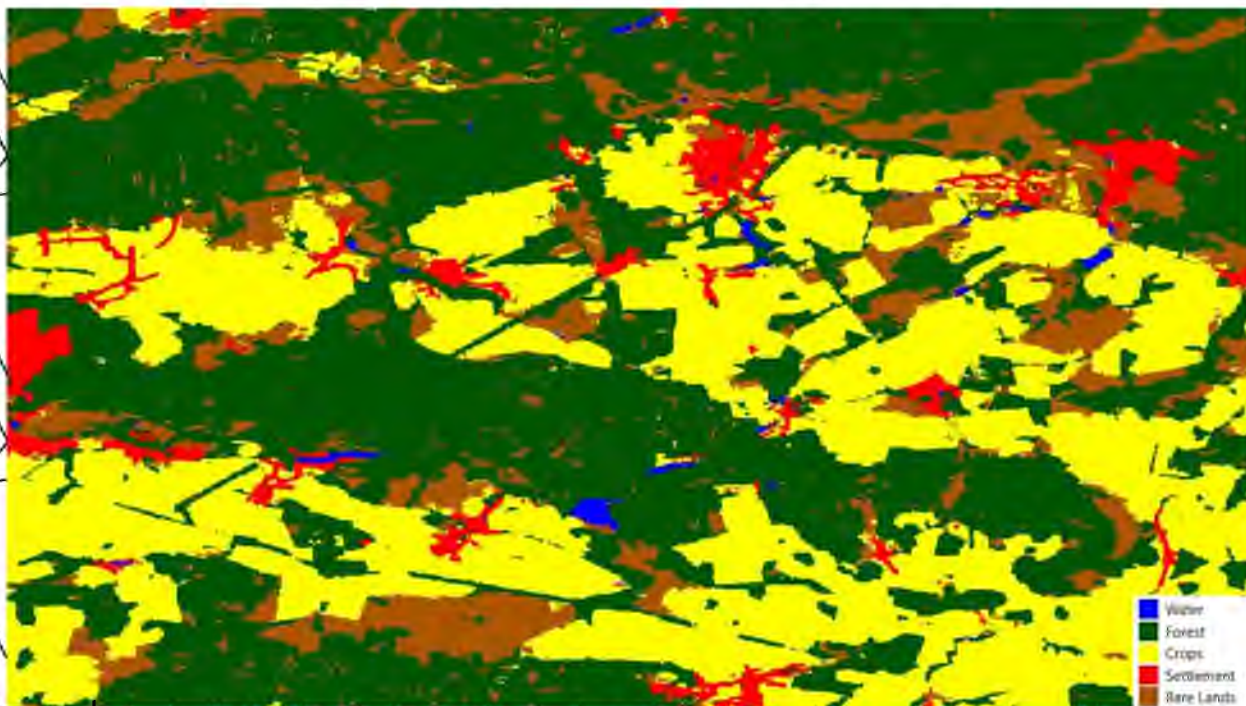


Рисунок 3.19 - Результат класифікації з навантаженням

На основі класифікованих космознімків, створено і оформлено тематичні карти для порівняння і аналізу агроландшафтів Сумського регіону за показником NDWI станом на 2018/2022 роки, та Карти землекористування станом на 2017/2022 роки. Оформлені карти представлені у додатках В1, В2, В3, В4

3.3 Використання геопросторових даних для оптимізації використання агроландшафтів модельної території

Дуже важливою областю застосування NDVI є галузь сільського господарства. Карти вегетаційного індексу дозволяють чітко окреслити земельні ділянки, оцінити градієнтність посівів і інші особливості відображення.

Індекс NDVI дає змогу здійснювати моніторинг агроландшафтів. Динамічні карти NDVI, побудовані за даними різних сезонів, також надають кількісні оцінки прогнозованого врожаю, відстежують особливості сезонної вегетації та її порушення. Аналіз даних NDVI дозволяє оцінити якість проведених агротехнічних заходів, здійснити планування та оптимізувати використання агроландшафтів.

Для Шосткинського району Сумської області карта індексу вегетації дозволяє виконати оцінку агроландшафтів. Побудова індексу NDVI дозволяє отримувати реальну продуктивність посівів і виробляти кількісні оцінки врожаю.

Аналіз змін середнього значення індексу NDVI протягом вегетаційного періоду з 2018 року по 2023 рік для району, що досліджується, представлені на Рис.

3.20



Рисунок 3.20 - Показник середнього значення NDVI

Аналізуючи середні значення NDVI протягом вегетаційного періоду за даними супутника Sentinel-2, можна побачити, що в середньому показник тримається близько 0,58 але в 2022 році середнє значення NDVI впало до 0,5, сталося це через вторгнення російської федерації на територію України і цим

призвело до зменшення зеленої біомаси. Проте в 2023 році індекс досягає свого максимуму і дорівнює 0,6, що показує стабілізацію зеленої маси у зв'язку з завершенням активних бойових дій на території Шосткинського району.

Отже, карти NDVI є корисним інструментом для дослідження агроландшафтів, оскільки вони дозволяють оцінювати врожайність, моніторити зміни, виявляти захворювання рослин, оптимізувати використання ресурсів та планувати виробництво.

Також у дослідженні було проінтегровано різноманітні геопросторові дані для створення карти землекористування та земельного покриття Шосткинського району Сумської області станом на 2017 та 2022 роки, для того щоб проаналізувати зміни у агроландшафтах модельної території.

Так, виконавши керовану класифікацію знімків супутника Sentinel-2 ми отримали такі результати, станом на 2017 рік наведені на Рис. 3.21, станом на 2022 рік Рис. 3.22.

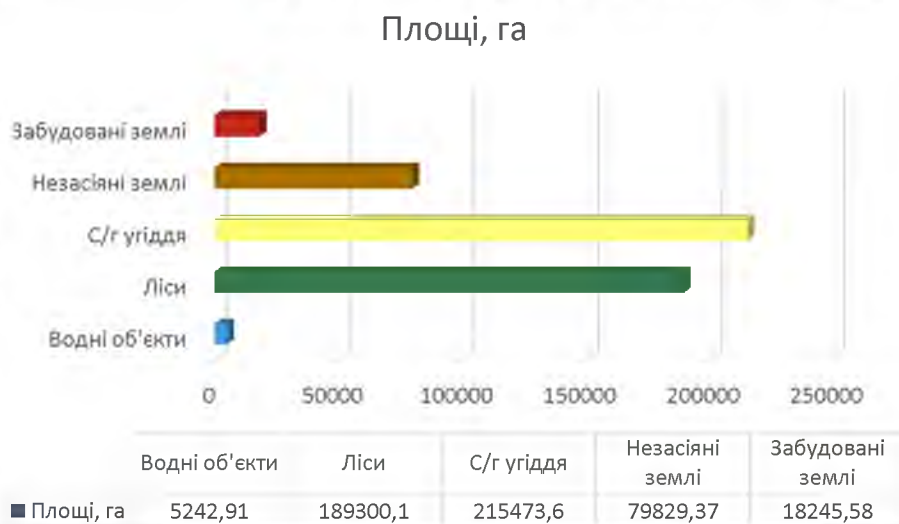


Рисунок 3.21 - Площі Шосткинського району станом на 2017 рік

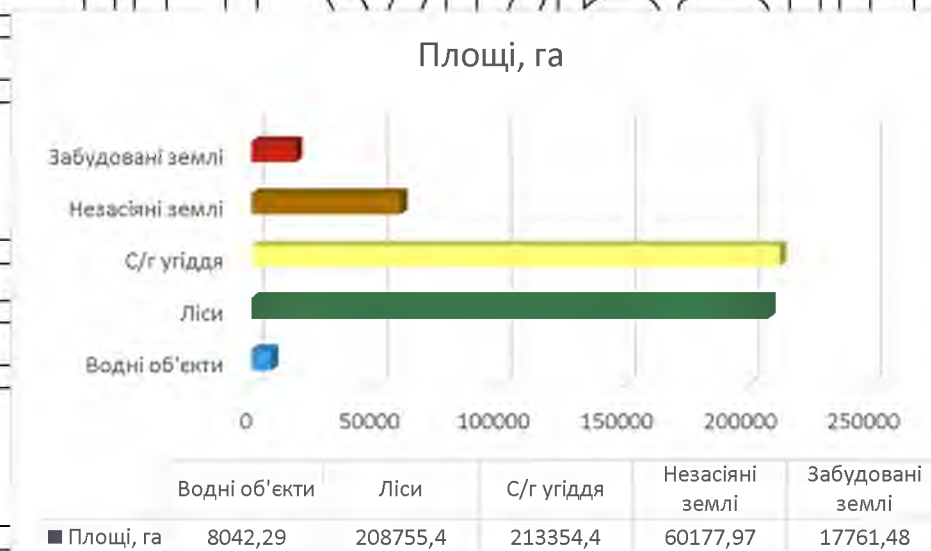


Рисунок 3.22 - Площі Шосткинського району станом на 2022 рік

Отже, якщо порівняти площі Шосткинського району за 2017 та 2022 роки, маємо такі результати: +53,5% водних об'єктів, це зв'язано з тим що річка Десна, яка протікає по західній межі району піднявся рівень води, який затопив прибережні території. Таке збільшення площі водних об'єктів пов'язане зі зміною гідрологічного режиму річки внаслідок кліматичних змін та господарської діяльності в її басейні. Затоплення прибережних територій впливає на структуру землекористування та потребує вжиття відповідних адаптаційних заходів у районі.

Площа незасіяних земель змінилася на $\approx 24,6\%$, в більшій мірі це пов'язано з тим, що саме землі цієї категорії затопила річка Десна.

Збільшення сільськогосподарських угідь на +1% це позитивна динаміка зміни агроландшафтів на благоустрій Сумського регіону.

Збільшення площі лісів на 10,3% в Шосткинському районі можна пояснити такими причинами:

природне заліснення невикористовуваних сільськогосподарських угідь та

інших видіних територій. З часом на цих землях починає зростати деревна рослинність, утворюючи нові лісові масиви,

ілеспрямоване лісовідновлення та лісорозведення на території району.

Можемо припустити, що були висаджені нові лісосмуги, захисні насадження, проведено заліснення ярів тощо

меншення обсягів суцільних санітарних рубок та надмірної вирубки лісів. Це дозволило частині лісових масивів відновитися природним шляхом.

окращення охорони і збереження лісів внаслідок природоохоронних заходів.

Отже, збільшення лісистості району - це позитивна тенденція, спричинена як природними процесами, так і цілеспрямованою лісогосподарською діяльністю.

Зменшення площі забудованих земель в Шосткинському районі на 2,7% зумовлене низкою чинників. Відбулося скорочення житлового фонду внаслідок

знесення аварійних та застарілих будівель. Інша причина, через міграційні процеси,

окремі сільські поселення частково втратили населення, що призвело до занепаду частини забудови. Зменшення темпів нового будівництва житла та інших об'єктів

на території району, та переведення частини забудови під інші види землекористування.

Карти землекористування та земельного покриття є важливим інструментом для вивчення структури і динаміки агроландшафтів, оскільки дають просторове уявлення про розподіл сільськогосподарських угідь, лісів, населених пунктів тощо.

Їх аналіз дозволяє оцінити площі різних типів угідь, виявити закономірності розміщення, встановити ступінь розораності. Порівняння карт за різні роки показує

динаміку змін у структурі землекористування. Ці карти є основою для ландшафтного аналізу, районування, визначення оптимального співвідношення

угідь. В поєднанні з іншими даними в ГІС вони дають змогу комплексно аналізувати й моделювати агроландшафти.

ВИСНОВКИ

У результаті магістерського дослідження можна зробити наступні висновки: Інтеграція різномірних геопросторових даних є важливим напрямом розвитку геоінформатики. Адже поєднання даних з різних джерел дає змогу отримати комплексну інформацію про досліджуваний об'єкт чи територію. Кожен тип геоданих (супутникові знімки, карти ґрунтів, кадастрові дані тощо) несе певну інформаційну складову. Інтеграція цих даних в єдину систему сприяє прийняттю обґрунтованих рішень в різних сферах - від сільського господарства до містобудування.

Способи і методи інтеграції геоданих активно розвиваються завдяки прогресу геоінформаційних систем. Сучасні ГІС мають потужні інструменти для поєднання просторових даних з різних джерел, їх візуалізації та аналізу. Застосування хмарних технологій також спрощує доступ до геоданих і обмін ними.

Для дослідження агроландшафтів Сумської області я використав різні способи інтеграції геопросторових даних. Це дало змогу комплексно проаналізувати агроландшафти моделі території.

Зокрема, застосовував консолідацію даних - об'єднав різні набори в єдину базу геоданих. Також виконав накладання шарів - скомбінував дані з різних джерел в єдиний цифровий простір. Крім того, завдяки ГІС інструментам дані перевів в єдину систему координат, а також конвертував в потрібні формати файлів.

Застосування цих методів дозволило об'єднати дані дистанційного зондування, векторні дані, растрові дані, атрибутивні дані. У результаті стало можливим провести комплексний аналіз агроландшафтів досліджуваної території.

Створив набори геоінформаційних моделей просторово-часових змін агроландшафтів. На основі інтеграції геопросторових даних були розроблені тематичні карти для порівняння і аналізу агроландшафтів Сумського регіону за показником NDVI станом на 2018/2022 роки, та карти землекористування та

земельного покриття станом на 2017/2022 роки, які були одержані різними способами оброблення і асиміляції даних.

Для аналізу стану земель в агроландшафтах ефективно використовувати індекс NDVI, розрахований на основі даних дистанційного зондування Землі. Цей індекс є кількісною оцінкою вмісту фотосинтетичної активної біомаси рослинності.

Інтеграція даних NDVI з іншими геопросторовими даними дала змогу отримати комплексну інформацію про стан рослинного покриття в агроландшафтах району. Зокрема, можна оцінити прогнозований врожай сільськогосподарських культур, відстежити особливості сезонної вегетації, виявити порушення у розвитку рослин, проаналізувати ефективність агротехнічних заходів.

В якості вихідних даних для розрахунку NDVI та створення карти землекористування та земельного покриття були використані космічні знімки різних спектральних каналів супутника Sentinel-2. В роботі була виконана методологія побудови комбінованих знімків. Для дослідження використовувалися знімки Шосткинського району Сумської області за вегетаційний період (з березня по жовтень) 2017 – 2023 рр. Архівні знімки дозволили простежити зміни середньорічного показнику NDVI у часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

онов М.О., Л.М. Артюшин, М.В. Топольницький, О.В. Титаренко, Ю.В. Шморгун

Інтегрування гетерогенних геопросторових даних на основі теорії свідчень

демпстера-шейфера - 2019. URL:

http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2019/2019_3/03_Porov_19.pdf. (дата

звернення: 15.06.2023).

ященко А.А. Архітектура та інструментарій відкритих ГІС - К.: ГІС-Асоціація

України, 1997. - С. 15-17 (дата звернення: 15.06.2023).

расовский Г.Я., Петросов В.А. Інформаційні технології космічного моніторингу

водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. - К.: Наукова думка, 2003. - 224

с. (дата звернення: 15.06.2023).

an. Spatial Data Integration - Encyclopedia of Big Data Technologies. - 2018. - URL:

https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-63962-8_218-1#Fig1.

(дата звернення: 17.06.2023)

ипутін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навчальний посібник - Х.:

ХНАМГ, 2010 (дата звернення: 17.06.2023).

оскаленко А.А. Геоінформаційне забезпечення оцінювання стану земельних

ресурсів - Вісник геодезії та картографії - 2012, №4. - с. 26-32 (дата звернення:

онько С. П. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ОХОРОНІ ДОВКІЛЛЯ,

СІЛЬСЬКОМУ ТА ЛІСОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ - УМАНЬ: Редакційно-

видавничий відділ (Свідоцтво ДК № 2499 від 18.05.2006 р.) Уманського

національного університету садівництва вул. Інтернаціональна 2, м. Умань,

Черкаська обл., 20305, 2013 - 138 с. (дата звернення: 20.06.2023).

.О.Світличний Основи геоінформатики: Навчальний посібник - Суми: ВТД

«Університетська книга», 2006. - 295 с. (дата звернення: 27.06.2023).

охан С.С. Геоінформаційне картографування якісного стану земель

сільськогосподарського призначення - Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки: Матеріали доповідей Четвертої Міжнародної конференції «GEO UA 2014» . Київ: 2014 - С. 197. (дата звернення: 27.06.2023).

ондаренко Е.Л. Геоінформаційне еколого-географічне картографування - К. : Фітосоціоцентр, 2007. - 272 с. (дата звернення: 02.07.2023).

охан С.С. Геоінформаційний аналіз і моделювання - Київ, 2018. - 93 с. (дата звернення: 02.07.2023).

-v. Raumer Concepts of Land Use Data Integration: SILUP Experience - URL:

https://www.researchgate.net/publication/288840042_Concepts_of_Land_Use_Data_Integration_SILUP_Experience (дата звернення: 05.07.2023)

data integration platform for deep learning in geoscience applications. Computers and g

Г. Руденко Ландшафтне планування в Україні - Київ: Реферат, 2014. - 144 с. (дата звернення: 11.07.2023)

оловик В. М. Ландшафтознавство: курс лекцій. - Вінниця: Твори, 2018. - 254 с. (дата звернення: 11.07.2023)

ретьяк А. М. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування - К. : Інститут землеустрою УААН, 2001. - 15 с. (дата звернення: 11.07.2023)

ривов В. М. Оптимізація структури агроландшафтів - основа використання земельних ресурсів - Землевпорядний вісник. - 1998. - № 3. - С. 36-38 (дата звернення: 14.07.2023).

-maintaining continuity whilst meeting changing demands and opportunities - 2019 -

удрак О.В. Екологічна безпека Вінниччини. Монографія - Вінниця: ВАТ «Міська Друкарня» - 2008 - 456 с. (дата звернення: 16.07.2023).

G. Ergunova Geospatial database for digitalization of agriculture of the Krasnoyarsk

territory – 2019 - URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/3/15/3/032022> (дата звернення: 16.07.2023).

an-Adrian Chelaru, Florin Constantin Mihai, Adrian Ursu. The analysis of agricultural

landscape change using GIS techniques – 2011 - URL:

ttehadi Osgouei P., Sertel E., Kabadayı M. E. Integrated usage of historical geospatial data

annoppen A., Degerickx J., Gobin A. Evaluating landscape attractiveness with geospatial

data, A case study in flanders, belgium – 2021 - URL:

ieskovsky J., Lieskovska D. Cropland abandonment in slovakia: analysis and comparison of different data sources – 2021 - URL: <https://doi.org/10.3390/land10040334> (дата звернення: 30.07.2023).

звернення: 30.07.2023).

ітак І.В. Геоінформаційні технології в екології : Навчальний посібник - Суми: СумДУ, 2012. - 273 с. (дата звернення: 03.08.2023).

ітвак О. А. Екологічна рівновага агроландшафтів регіону - 2015. - № 2. - С. 381-387.

- URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fin_pr_2015_2_48. (дата звернення: 03.08.2023)

араріко О. Г. Агроекологічний супутниковий моніторинг: монографія - Київ : Аграрна наука, 2019. - 201с. - URL:

Н.В. Максименко, К. Ю. Михайлова ГІС-модельювання агроландшафтів для потреб ландшафтного планування - 2013. - С. 94-104. - URL:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ltd_2013_3-4_16 (дата звернення: 17.08.2023)

авейкін М.І. Реформування системи землекористування в Україні. – К.: К. РВПС України НАН України. – С. 41. (дата звернення: 22.08.2023)

уценко А.М., Писаренко В.Н. Охорона довкілля в сільському господарстві. – К.: Врожай, 1991. – 200 с. (дата звернення: 22.08.2023)

П. Генсецький. "Концептуальна модель загального виду ГІС як приклад обробної системи" Науковий вісник НЛТУ України, vol. 16, no. 1, 2006, pp. 354-358. (дата звернення: 08.09.2023)

фремов М. Ф., Єфремов Ю. М., Єфремов В. М. ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ UML. – 2016. (дата звернення: 08.09.2023)

аранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г., Кошкарєв А.В., Серапинає Б.Б., Филиппов Ю.А. Геоінформатика. Тлумачний словник основних термінів. – М.: ГІС Асоціація, 1999. – 204 с. (дата звернення: 15.09.2023)

араріко О.Г. Методичні рекомендації з агроекологічної оцінки структури агроландшафтів і систем землекористування за даними дистанційного зондування Землі високого просторового розрізнення - Київ: Інститут агроекології та природокористування НААНУ, Державне підприємство «Дніпрокосмос» НКАУ, 2012. - 34 с. (дата звернення: 25.09.2023).

Карпович Удосконалення процесу інтеграції різномірних розвідувальних даних з використанням геопросторового аналізу - Збірник наукових праць Центру воєнно-

пхан С.С. Дистанційний моніторинг земельних ресурсів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. – Київ: ЦП «Компринт». – 2016. - С. 44 (дата звернення: 02.10.2023).

пхан С.С. Моделі передачі випромінювання в системі «Ґрунт-рослина»: Монографія «Корсунь-Шевченківський: ФОП Гавришенко В.М., 2013. - 169 с. (дата звернення:

Г
i A necessary evolution / M. Ehlers, G. Edwards, Y. Bedard // Photogrammetric

Ч

Н

и

Engineering & Remote Sensing. – 1989. – Vol. 55, N 11. – P. 1619 – 1627. (дата звернення: 05.10.2023).

Greenlee, T. Smith [et al.] // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 1991. – Vol. 57, N 6. – P. 669 – 675. (дата звернення: 08.10.2023).

Lunetta, R.G. Congalton, L.K. Fenstermaker [et al.] // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 1991. – Vol. 57, N 6. – P. 677 – 687. (дата звернення: 16.10.2023).

nce. – 1994. – Vol. 17. – P. 77 – 85. (дата звернення: 18.10.2023).

windell J. A rich harvest: Integrating GPS and GIS on the farm / J. Swindell // Mapping Awareness. – 1995. – Vol. 9, N 1. – P. 32 – 35. (дата звернення: 18.10.2023).

ильков Ф. Н. Человек и ландшафты : очерки антропогенного ландшафтоведения / Ф. Н. Мильков. – М.: Мысль, 1973. – 58-117с. (дата звернення: 20.10.2023).

саченко А. Г. Методы прикладных ландшафтных исследований/ Исаченко А. Г. – Л., 1980. – 220с. (дата звернення: 21.10.2023).

ouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I: P.309-

Combinations for Monitoring Vegetation. Remote Sensing of the Environment 8:P.127-

Clear and Turbid Atmospheres. Remote Sensing of the Environment 15:P.187-208. (дата звернення: 27.10.2023).

ellers, P.J., 1985. Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration. International Journal of Remote Sensing 6:P.1335-1372. (дата звернення: 28.10.2023).

DVI – теория и практика [Електронний ресурс]. – URL: <http://gislab/info/ga/ndvi.html> (дата звернення: 22.10.2023). (дата звернення: 30.10.2023).

еоінформаційні системи в агросфері : навч. посіб. / [Морозов В. В., Шапоринська Н. М., Морозов О. В., Пічуря В. І.]. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 269 с. (дата звернення:

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП **Додатки** України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБіп Україна

Додаток В.1. Карта землекористування Сумської області станом на 2017 рік

НУ

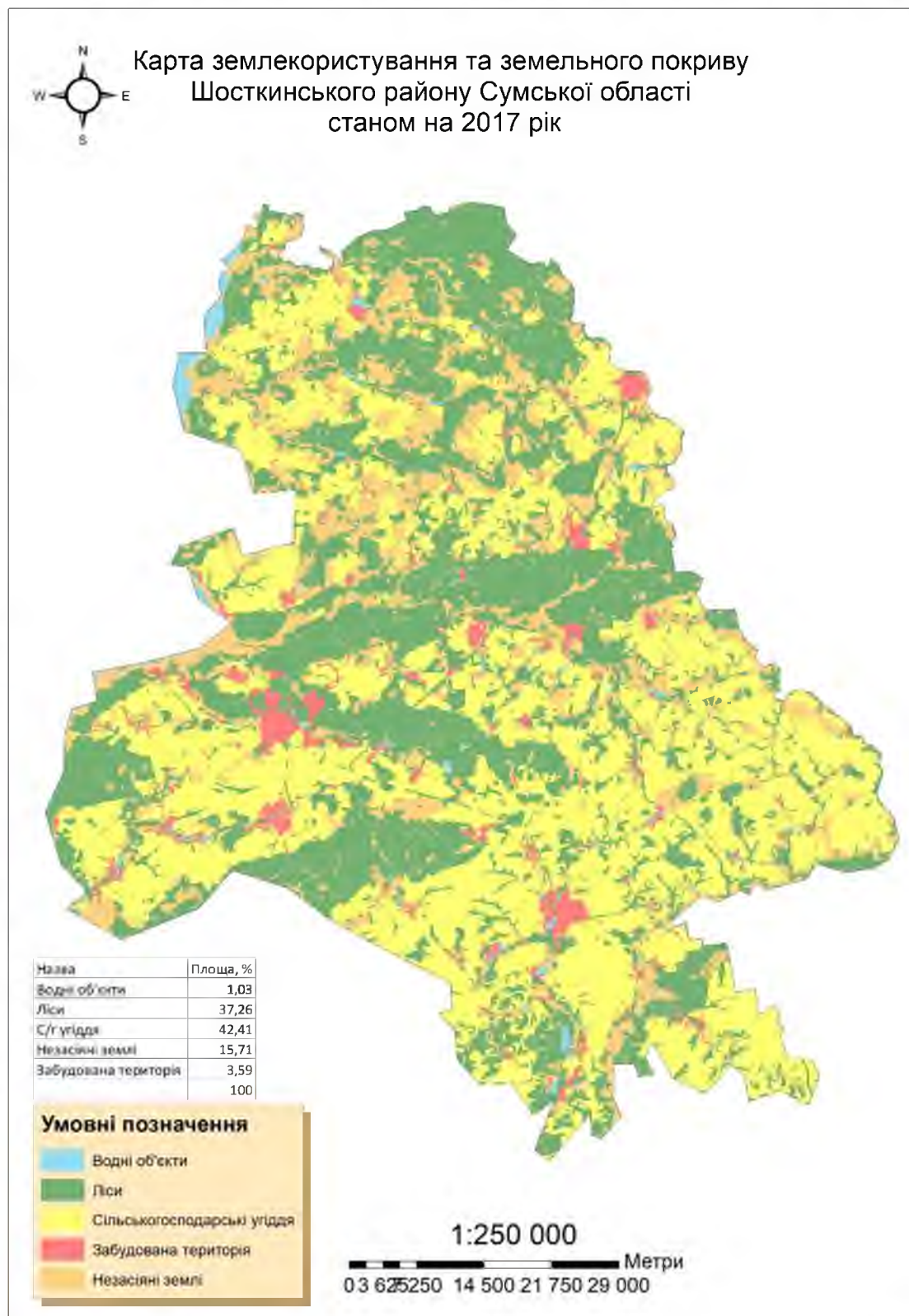
НУ

НУ

НУ

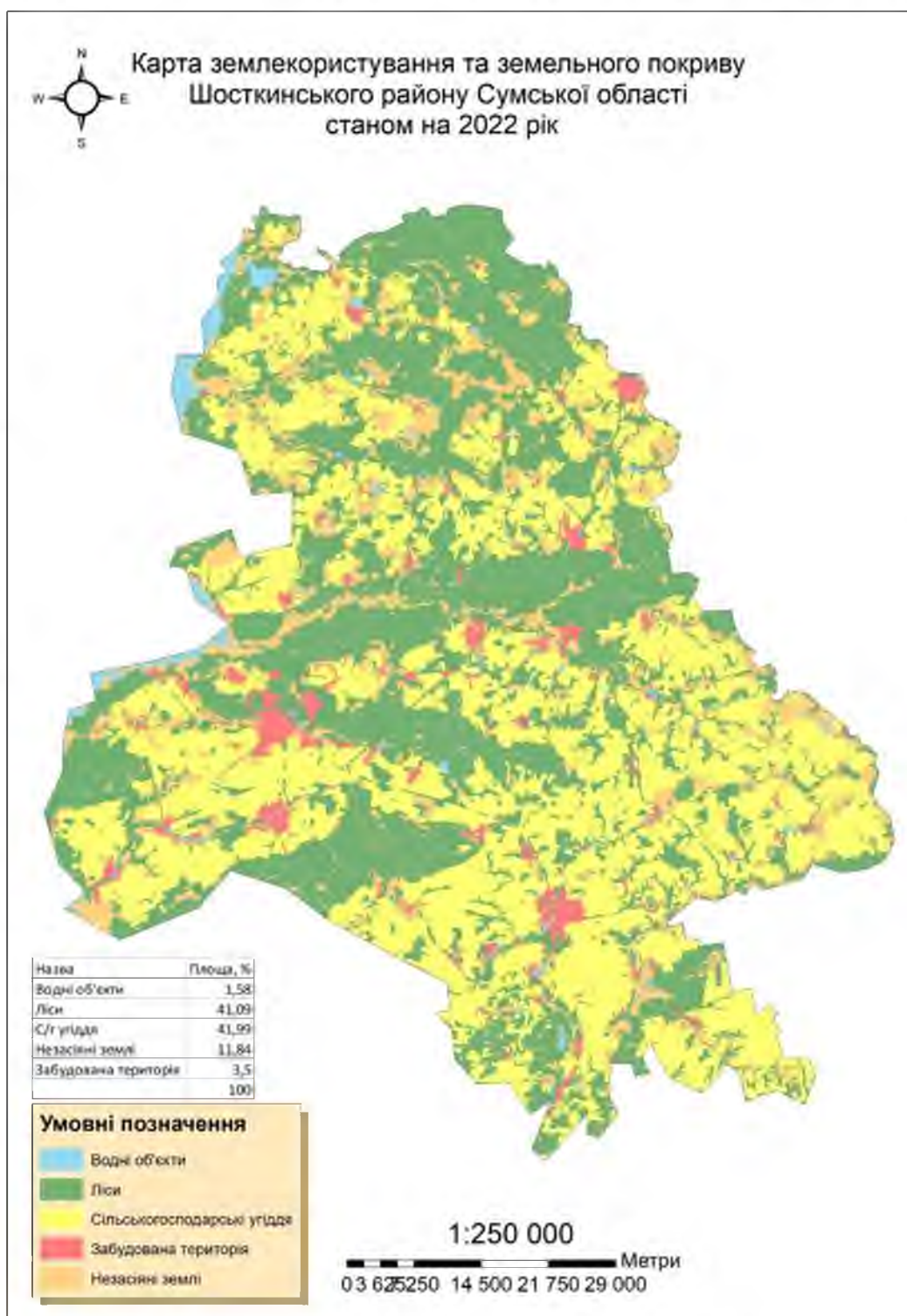
НУ

НУ



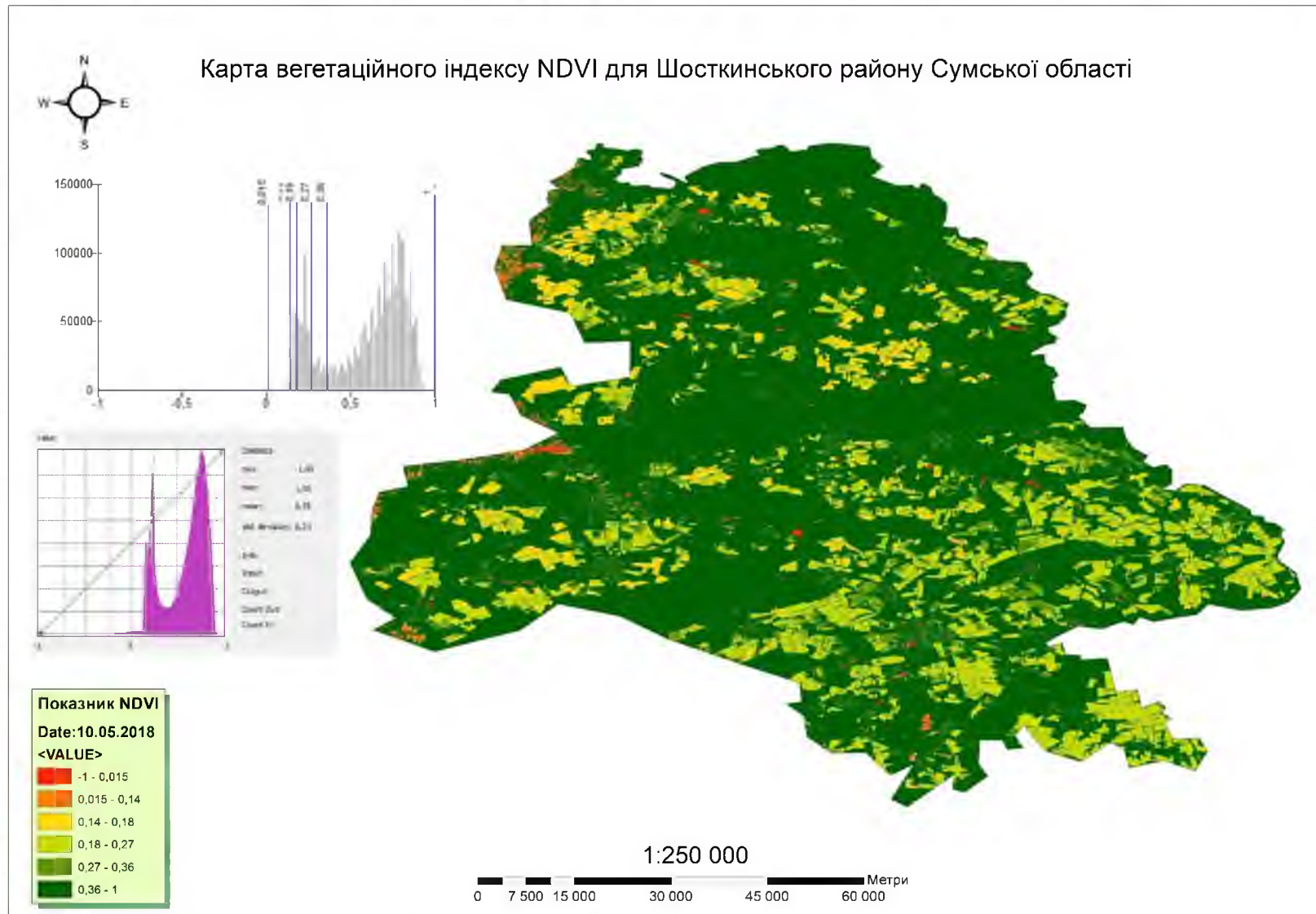
Шосткинський район Сумської області

Додаток В2. Карта землекористування Сумської області станом на 2022 рік

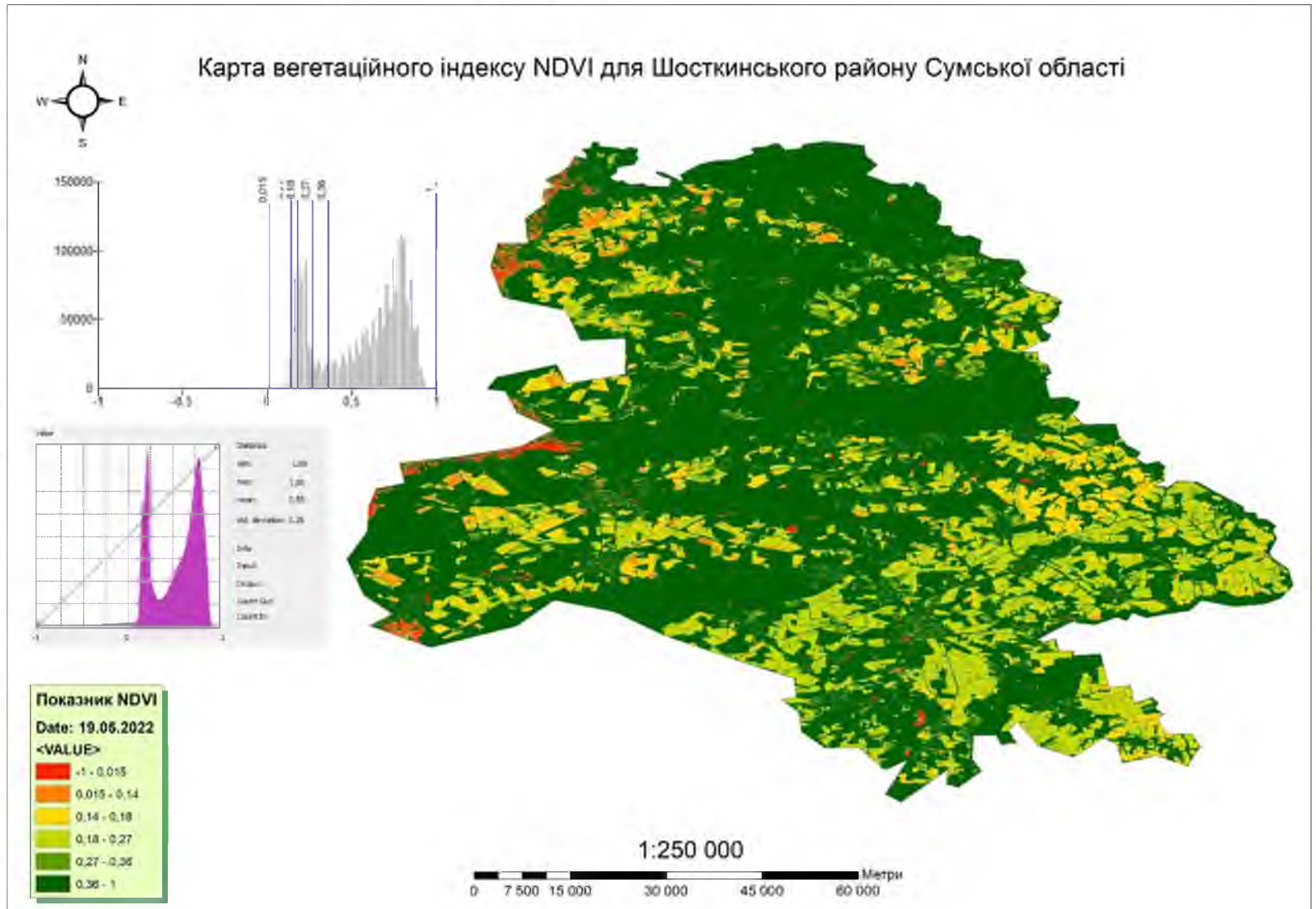


НУБІП України

Додаток ВЗ. Карта вегетаційного індексу NDVI для Шосткинського району станом на 2018 рік



Додаток В4. Карта вегетаційного індексу NDVI для Шосткинського району станом на 2022 рік



НУ

НУ

НУ

НУ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України