

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій,
обліку та фінансів
Кафедра комп'ютерних технологій
і моделювання систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Гриділя Валерія Дмитровича
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача освіти)

УДК 528.8:004.9

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Геоінформаційна система аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках
(тема роботи)

126 «Інформаційні технології»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Гриділь В.Д.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освіти)

Керівник роботи
Топольницький Павло Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2025

Висновок кафедри _____
за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____
№ _____ від “ _____ ” _____ 20 _____ р.

Завідувач кафедри _____

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

“ _____ ” _____ 20 _____ р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач освіти _____ **ЗАХИСТИВ**
(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Гріділь В. Д. Геоінформаційна система аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 126 – Інформаційні системи та технології. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена створенню геоінформаційної системи для аналізу змін землекористування та оцінки деградації ґрунтів і втрати біорізноманіття. Основна проблема, яку вирішує ця робота, полягає у відсутності зручного та інструменту для візуалізації, що дозволяє в інтерактивному режимі аналізувати просторово-часові зміни покриття територій, особливо в контексті антропогенного навантаження на природні ресурси.

Інформаційна система дозволяє користувачам відслідковувати динаміку змін за певні періоди, виявляти потенційну деградацію ґрунтів, оцінювати втрати природних територій та ресурсів.

Для реалізації поставленої мети в теоретичній частині роботи було проведено аналіз наявних рішень у сфері моніторингу екологічних змін, розглянуто можливості платформ ArcGIS Insights та Google Earth Engine.

У практичній частину було побудовано систему яка включає в себе: збір та обробку супутникових знімків, класифікація типів земного покриття, виведення зручних діаграм, створення інтерактивних аналітичних панелей в ArcGis Insights.

Ключові слова: інформаційна система, ГІС, аналіз поверхні, космічні знімки, ArcGis Pro.

SUMMARY

Hridil V. D. Geoinformation system for analyzing changes in the Earth's surface on satellite images - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a bachelor's degree in specialty 126 - Information systems and technologies - Polissya National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work is devoted to the creation of a geographic information system for analyzing land use changes and assessing soil degradation and biodiversity loss. The main problem that this work solves is the lack of a convenient and visualization tool that allows interactive analysis of spatial and temporal changes in the coverage of territories, especially in the context of anthropogenic pressure on natural resources.

The information system allows users to track the dynamics of changes over certain periods, identify potential soil degradation, and assess the loss of natural areas and resources.

To achieve this goal, in the theoretical part of the work, we analyzed existing solutions in the field of environmental change monitoring, considered the capabilities of ArcGIS Insights and Google Earth Engine platforms.

In the practical part, a system was built that includes: collection and processing of satellite images, classification of land cover types, output of convenient diagrams, creation of interactive analytical panels in ArcGIS Insights.

Keywords: information system, GIS, surface analysis, satellite images, ArcGIS Pro.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Аналіз інформаційних потреб і визначення предметної області дослідження.....	8
1.2 Вибір середовища розробки інформаційної системи для аналізу змін.....	9
Висновки до першого розділу.....	11
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ЗМІН ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ НА КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ.....	12
2.1 Моделювання геоінформаційної системи.....	12
2.2 Технологічна реалізація та впровадження геоінформаційної системи.....	13
Висновки до другого розділу.....	14
3.ІНТЕРФЕЙС ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	15
3.1 Створення інтерфейсу геоінформаційної системи.....	15
3.2 Тестування та аналіз результатів.....	16
Висновки до третього розділу.....	17
ВИСНОВКИ.....	18
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	20
ДОДАТКИ.....	21

ВСТУП

У сучасному світі проблеми, пов'язані зі змінами клімату та екологією, набувають дедалі більшої актуальності. Зміни клімату, що відбуваються на планеті, несуть за собою серйозні наслідки для всіх сфер людської діяльності та навколишнього середовища. Від посилення стихійних лих до поступового підвищення рівня моря – ці процеси вимагають ретельного спостереження та контролю. Тому аналіз, моніторинг і збір даних про зміни на поверхні Землі стає не просто важливим завданням, а справжньою необхідністю для збереження балансу між природними системами та людською діяльністю.

Збір даних і постійний моніторинг змін поверхні Землі є критичними елементами у вирішенні екологічних проблем як у теперішній час, так і в перспективі на майбутнє. Одним із найбільш ефективних методів для аналізу цих змін є використання супутникових знімків, які дозволяють порівнювати стан різних територій у динаміці. Це дає можливість відстежувати не лише зміни, викликані природними процесами, але й ті, що виникають внаслідок людської діяльності, наприклад, вирубування лісів, розширення міст, зміни в екосистемах.

Інтеграція супутникових даних із наземними вимірюваннями дозволяє створити більш точну та надійну картину того, що відбувається на нашій планеті. Це забезпечує вищу якість і повноту проведених аналізів, адже дані з різних джерел доповнюють одне одного. Наприклад, супутникові знімки надають можливість спостерігати за глобальними змінами, тоді як наземні вимірювання допомагають глибше зрозуміти локальні особливості цих змін.

Мета кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є розробка геоінформаційної системи аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках для інформування користувачів про зміни всіх видів земного покриття і також різницю кожні 4 роки

Завдання кваліфікаційної роботи

Завданнями на кваліфікаційну роботу є:

1. Проаналізувати предметну область дослідження.
2. Спроекувати інформаційну систему.

3. Розробити геоінформаційну систему.
4. Протестувати розроблену інформаційну систему.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є процес побудови інформаційної системи використовуючи загальнодоступні сервіси відображення даних на карті.

Предмет дослідження

Предметом досліджень є методи аналізу, порівняння, моделювання, проектування та створенні програмного інтерфейсу.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз інформаційних потреб і визначення предметної області дослідження

Аналіз предметної області дослідження для дипломної роботи «Геоінформаційна система аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках» проведено з метою оцінки сучасних методів та технологій, що використовуються для виявлення та моніторингу змін на поверхні Землі.

В результаті аналізу було виявлено проблеми на розв'язання яких спрямована розробка геоінформаційної системи аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках:

Недостатня актуальність та деталізація даних про зміни поверхні: Потреба у швидкому та точному виявленні різноманітних змін, таких як перехід одного земного покриття в інший, урбанізація, зміна русел річок. Це дозволить своєчасно реагувати на негативні процеси та планувати заходи з їх мінімізації.[7]

Відсутність єдиної платформи для інтеграції та аналізу: Існуючі розрізнені джерела інформації про зміни на поверхні Землі ускладнюють комплексний аналіз та прийняття обґрунтованих рішень. Створення ГІС забезпечить централізоване зберігання, обробку та візуалізацію даних.

Обмежені можливості прогнозування та моделювання динамічних процесів: Аналіз змін у часі на основі космічних знімків відкриває можливості для виявлення закономірностей, прогнозування подальшого розвитку процесів та моделювання потенційних сценаріїв впливу на довкілля та суспільство.[3]

Розробка та впровадження «ГІС для аналізу змін на поверхні Землі за допомогою супутникових знімків» є важливим інструментом, який відкриває нові можливості для моніторингу та управління природними ресурсами. Такі системи дозволяють виявляти зміни на ранніх стадіях, що допомагає покращити планування інфраструктури, реагування на природні катастрофи і вирішення екологічних проблем.[8]

1.2 Вибір середовища розробки інформаційної системи для аналізу змін.

Для створення системи для аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках було прийнято рішення використання сервісів Google та ESRI. Для отримання космічних знімків використовується сервіс Google Earth Engine, він має спільну базу даних космічних знімків з сервісом Copernicus, що може говорити про те що знімки будуть гарної якості і достовірні. Для обробки даних було 2 варіанта для використання це QGIS та ArcGis Pro від компанії ESRI. Нами було обрано ArcGis Pro бо він тісно пов'язаний з іншими сервісами від компанії ESRI і вони входять в єдину екосистему додатків, це дозволяє не розробляти базу даних для зберігання інформації бо все можна зберігати на сервері ArcGis.[9]

Для створення геоінформаційної системи аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках ми вирішили використовувати сервіси від Google та ESRI. Такий вибір базується на їхній функціональності, масштабованості та здатності забезпечити якісні й достовірні дані а це ключові аспекти для точного моніторингу динамічних процесів на земній поверхні.

Основне джерело космічних знімків для нашої системи – це Google Earth Engine. Цей хмарний сервіс який є унікальною платформою для геопросторового аналізу, він надає доступ до величезної бази даних супутникових знімків та геопросторових даних. Важливою перевагою Google Earth Engine є його інтеграція та спільна база даних із сервісом Copernicus, європейською програмою моніторингу Землі. Це партнерство гарантує високу якість, актуальність та достовірність отриманих знімків, включаючи дані з супутників Sentinel, Landsat та інших супутників.

Щодо обробки та аналізу геопросторових даних, ми розглядали два варіанти: безкоштовне програмне забезпечення QGIS та професійний інструмент ArcGIS Pro від компанії ESRI. Після ретельного порівняння функціональних можливостей, зручності використання та перспектив, було обрано ArcGIS Pro.

Ключовим фактором цього вибору стало те, що ArcGIS Pro є невід'ємною частиною великої та взаємопов'язаної екосистеми додатків ESRI. Ця єдина

екосистема забезпечує інтеграцію з іншими сервісами компанії, такими як ArcGIS Online який включає в себе більше десяти різних інструментів, ArcGIS Enterprise. [9] Така тісна взаємодія дозволяє значно спростити архітектуру системи. Зокрема, ми уникаємо необхідності розробки та підтримки власної бази даних для зберігання та управління геопросторовою інформацією, оскільки всі дані можуть ефективно зберігатися та оброблятися безпосередньо на серверах ArcGIS. Це не лише знижує витрати на розробку й обслуговування, а й гарантує високий рівень безпеки, масштабованості та доступності даних, що є критично важливим для великих обсягів космічних знімків та результатів їхнього аналізу. Використання професійних інструментів ESRI також забезпечує доступ до широкого спектра аналітичних функцій, алгоритмів машинного навчання та засобів візуалізації, що дозволяє реалізувати складні методи аналізу змін земної поверхні.

Висновки до першого розділу

У першому розділі було проведено аналіз предметної області дослідження. Аналіз дозволив нам виявити існуючі обмеження та визначити основні потреби, які має задовольнити сучасна геоінформаційна система.

Також обрано середовище для розробки системи та які сервіси будуть використовуватись: середовище для розробки ArcGis Pro а також допоміжний сервіс який буде надавати космічні знімки Google Earth Engine.

Також на основі проведеного аналізу було створено контекстну діаграму рисунок 1.1 Дод. А, та її декомпозиції за методологією IDEF0 рисунок 1.2 Дод. А, що демонструють структуру і процеси системи, а також взаємозв'язки між її складовими частинами.

2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ЗМІН ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ НА КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ.

2.1 Моделювання геоінформаційної системи

Для більш ефективної та якісної реалізації проєкту було прийнято рішення розробити IDEF3-модель, яка слугує зручним інструментом для візуалізації різноманітних динамічних процесів, що відбуваються в межах функціонування системи. Такий підхід дозволяє чітко структурувати послідовність дій, які можуть виконуватись як паралельно, так і послідовно, що є особливо важливим у випадку складних процесів із багатьма етапами. Застосування IDEF3-моделі відкриває можливість виявляти потенційні затримки, аналізувати неефективні ділянки, усувати надлишкові функції та, відповідно, проводити оптимізацію робочих процесів.[1] Побудована модель відображена на рисунку 2.1. Дод. А.

Окрім цього важливою складовою створення ефективної геоінформаційної системи є чітке розмежування функціоналу системи залежно від ролей користувачів. З метою покращення загальної логіки взаємодії з системою було доцільно здійснити поділ користувачів на окремі категорії, а саме — на звичайного користувача та адміністратора. Такий поділ забезпечує контрольованість, безпеку та гнучкість використання системи.[1] Ролі користувачів та їхні можливості детально відображено на діаграмі прецедентів на рисунку 2.2 Дод. Б.

Після того як було визначено які дії може виконувати користувач у межах системи, наступним кроком стало моделювання діаграми станів. Цей елемент проєктування дозволяє передбачити поведінку системи у відповідь на конкретні дії користувача, що є надзвичайно важливим з точки зору передбачуваності, стабільності та правильності функціонування розробленого програмного продукту. Діаграму зображено на рисунку 2.3 Дод. Б.

2.2 Технологічна реалізація та впровадження геоінформаційної системи

На початковому етапі розробки одним із ключових завдань стало визначення територіального охоплення, яке буде предметом подальшого аналізу. Це рішення має важливе значення, оскільки правильний вибір території дозволяє зосередити увагу на конкретних просторових особливостях. У рамках роботи було обрано область яка буде охоплюватись для аналізу, в нашому випадку це буде Житомирська область та Житомирські райони а саме: Житомир, Бердичів, Коростень та Звягель (Новоград-Волинський).

Після визначення території починається наступний процес розробки, процес роботи з космічними знімками. Дані знімки було отримано за допомогою скрипта та шейп файлів території яка була обрана раніше. Скрипт дає змогу нам обрати роки знімків, та спосіб накладання шарів для подальшої класифікації у середовищі ArcGis Pro. Отримавши растрові файли починається головний процес обробки файлів і класифікації земного покриття. Обробка починається з використання інструмента "Raster Clip", після отримання обрізаного файлу його потрібно перетворити на полігональний файл за допомогою інструмента "Raster to Polygon". Отриманий файл готовий до роботи з позначеннями. За допомогою налаштувань позначень "Symbology" можна зробити шейп-файл із необрахованою класифікацією типів земного покриття. Далі підлаштовуємо кольори позначень відповідно до стандартів. Таблиця стандартів кольорів наведено табл. 2.2 Дод. Б.

Наступний крок це обрахунок площі кожного елементу земного покриття, сам обрахунок відбувається за допомогою математичного інструменту "Calculate Geometry". Після обрахунків отримаємо таблицю атрибутів з даними які потрібно ще об'єднати до одного цілого для майбутнього аналізу.

Висновки до другого розділу

Проведене моделювання геоінформаційної системи дало змогу більш глибоко зрозуміти логіку її функціонування та взаємодію користувачів із системою. Розроблена модель IDEF3 дала можливість структурувати динамічні процеси, які відбуваються під час використання системи, а також виявити потенційні недоліки, що можуть виникати під час її експлуатації. Завдяки цьому вдалося оптимізувати робочі процеси, зменшити кількість зайвих функцій і зробити систему більш зручною для кінцевого користувача. Поділ користувачів на ролі — «адміністратор» і «звичайний користувач» — дозволив чітко окреслити функціональні межі кожної категорії, що своєю чергою сприяє кращій організації доступу до окремих функцій. Діаграма станів, яка була створена на завершальному етапі моделювання, допомагає передбачити поведінку системи у відповідь на певні дії користувача, що є важливою складовою надійності та передбачуваності системи загалом.

Що стосується технологічної реалізації, то було обрано Житомирську область, а також окремі адміністративні райони. Основним етапом реалізації стало отримання і попередня обробка супутникових знімків із подальшою класифікацією типів земного покриття. Завдяки використанню сучасних ГІС-інструментів, зокрема в середовищі ArcGIS Pro, вдалося здійснити повний цикл обробки даних, а саме: обрізка зображень, переведення знімків до полігонального виду та обчислення площі. Отримані результати у вигляді атрибутивних таблиць були узагальнені й підготовлені для подальшого аналізу змін.

3.ІНТЕРФЕЙС ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Створення інтерфейсу геоінформаційної системи

Одним із головних етапів після завершення етапу розробки геоінформаційної системи є створення користувацького інтерфейсу. Саме від його якості, зручності та інтуїтивності багато в чому залежить чи буде кінцевий користувач активно взаємодіяти із системою та ефективно використовувати її функціональні можливості.

Завдяки широким можливостям екосистеми від компанії ESRI з'являється можливість реалізувати візуалізацію даних за допомогою сучасного аналітичного інструмента ArcGIS Insights. Цей інструмент забезпечує зручну платформу для роботи з просторовими даними дозволяючи створювати інтерактивні аналітичні карти великого обсягу візуально привабливі графіки та діаграми, що легко сприймаються користувачами. Крім того ArcGIS Insights надає можливість прогнозування змін на основі наявних даних, що робить його надзвичайно корисним у сфері просторового аналізу. Не менш важливою є й можливість безпечного збереження усіх створених матеріалів на надійному сервері, що гарантує збереження, доступність і захист інформації.[9]

Наступним етапом є загрузка всіх файлів і таблиць у середовище ArcGis Insights у якому вже буде йти налаштування візуальної частини. За допомогою інструментів в середовищі можна зробити відображення слоїв створити графіки на основі табличних даних які ми отримали раніше, і в кінці можна зробити інтерактивний зв'язок між всіма файлами. При натисканні на окрему область на всіх графіках, картах, таблицях буде відображатись та область яка була обрана. Загальний вигляд системи зображено на рисунку 3.1 Дод. В. На рисунку 3.2 Дод. В зображено вигляд як інтерактивно змінюється таблиця і діаграма. Також для розуміння як саме відбувались зміни у земних покриттях на основі даних які були обраховані була створена діаграма Sankey яка відображає всі зміни між покриттями починаючи з 2016 по 2024. Вигляд діаграми наведено на рисунку 3.3 Дод. В.

3.2 Тестування та аналіз результатів

У ході реалізації проєкту важливим етапом стало тестування створеної геоінформаційної системи, що дозволило перевірити її працездатність функціональність і зручність у використанні. Завдяки попередньо створеним діаграмам, зокрема діаграмі прецедентів, діаграмі станів і IDEF3-моделі вдалося заздалегідь передбачити основні сценарії взаємодії користувача із системою. Це дозволило уникнути більшості можливих проблем ще на етапі розробки а також значно скоротити час необхідний для проведення глибокого тестування.

У процесі тестування було виявлено одну локальну проблему, що стосувалася адаптації інтерфейсу системи до різних типів пристроїв, зокрема мобільних. Вирішення проблеми відбулося завдяки вбудованим інструментам середовища ArcGIS Insights зокрема функціям адаптивного відображення, вдалося швидко налаштувати коректне відображення інтерфейсу під кожен тип пристрою.

Окрему увагу було приділено тестуванню можливостей збереження даних. Система дозволяє користувачеві зберігати результати своєї роботи в різних форматах. Є можливість зберігати карти, таблиці, графіки та діаграми окремо, що дає змогу працювати з інформацією відповідно до конкретних потреб. Крім того передбачено функцію збереження всієї сторінки з візуалізацією даних в одному файлі, що значно спрощує підготовку звітності. У середовищі реалізована функція безпосереднього друку результатів із системи, що дозволяє отримати матеріали у паперовому вигляді без необхідності стороннього експорту.

Висновки до третього розділу

Завдяки екосистемі компанії ESRI та середовища ArcGIS Insights було створено інтерфейс у якому користувач буде використовувати можливості системи ефективно.

Також за ще за допомогою середовища ArcGIS Insights було реалізовано інтерактивні карти, графіки, таблиці, за допомогою яких користувач може обирати як само буде відображати інформацію.

Також було виявлено що завдяки моделюванню реалізовувати інтерфейс та функціонал системи також вдалося заздалегідь передбачити основні сценарії взаємодії користувача із системою, що дозволило уникнути більшості можливих проблем а також значно скоротити час на тестування. Було проведено тестування при якому користувач зберігає дані. Користувач може зберігати карти, таблиці, графіки та діаграми окремо, що дає змогу працювати з інформацією відповідно до конкретних потреб. Також може зберігати всю сторінку з візуалізацією даних в одному файлі, що значно спрощує підготовку звітності. А також завдяки можливостям середовищам одразу друкувати необхідну інформацію.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було розроблено, змодельовано та впроваджено геоінформаційну систему, що орієнтована на зручну роботу з просторовими даними та забезпечує можливість їх ефективної обробки, візуалізації й аналізу.

Для розробки було обрано потужне ГІС-середовище ArcGIS Pro, а також додатковий сервіс Google Earth Engine, що дозволив забезпечити доступ до супутникових знімків високої якості. Це дало змогу закласти якісну основу для подальшої реалізації функціоналу системи.

На етапі моделювання особлива увага приділялася створенню структурованих схем, які дозволяють глибше зрозуміти логіку функціонування системи, визначити дії користувачів і передбачити реакцію системи на ці дії. Було побудовано IDEF3-модель, діаграму прецедентів, а також діаграму станів, що забезпечило можливість виявлення потенційних проблем ще до етапу безпосередньої реалізації. Крім того, було здійснено поділ користувачів на ролі — «адміністратор» і «користувач», що дозволило чітко розмежувати функціональні обов'язки та доступ до відповідних розділів системи.

Дані оброблялись у кілька етапів: від обрізки зображень і перетворення їх у полігональні об'єкти — до розрахунку площ за допомогою інструментів у середовищі ArcGIS. У результаті була отримана атрибутивна інформація, придатна для подальшого аналізу просторових змін.

Особливу увагу було приділено реалізації інтерфейсу користувача. Завдяки можливостям ArcGIS Insights вдалося створити інтерактивне середовище, яке дозволяє будувати динамічні карти, діаграми, графіки та таблиці, а також зберігати й друкувати необхідну інформацію. Адаптація інтерфейсу до різних типів пристроїв забезпечила зручність використання незалежно від технічних умов користувача.

У ході тестування було підтверджено стабільну роботу системи, ефективність реалізованого функціоналу, а також гнучкість налаштувань відображення й збереження даних. Завдяки грамотно спланованому моделюванню

вдалося уникнути критичних помилок і суттєво зекономити час на доопрацювання.

Таким чином, розроблена геоінформаційна система повністю відповідає поставленим вимогам, є функціональною, гнучкою у використанні та готовою до практичного застосування в сфері аналізу просторових даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Береза А.М. Основи створення інформаційних систем : посібник. – Київ : КНЕУ, 2001. – 256 с.
2. Шевчук О.Л., Савчук В.І. Геоінформаційні системи: основи, структура, функціонування. – Київ : Либідь, 2010. – 312 с.
3. Дистанційне зондування землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/items/59f77a90-02f5-4a62-8363-db3dbf2ce894>.
4. Tomlinson R. Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers. – Redlands: ESRI Press, 2013. – 264 p.
5. Навчальний посібник Геоінформаційні системи URL: [Https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/449/1/Донченко%20М.%20В.%20Геоінформаційні%20системи.pdf](https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/449/1/Донченко%20М.%20В.%20Геоінформаційні%20системи.pdf)
6. Марущак І.І., Ткачук М.Г. Використання ГІС для управління об'єднаними територіальними громадами // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2020. – №2(75). – С. 45–52.
7. Kozlova V., Shevchenko I. GIS in Urban and Regional Planning: Integration with Open Data // Proceedings of the International Conference on Geographic Information Science. – 2021. – P. 102–108.
8. Геоінформаційні технології в екології URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Mokin_2014_192s.pdf.
9. ESRI ArcGIS Documentation URL: <https://doc.arcgis.com>
10. PostGIS Documentation URL: <https://postgis.net/documentation/>
11. QGIS Documentation URL: <https://qgis.org/en/docs/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А.1

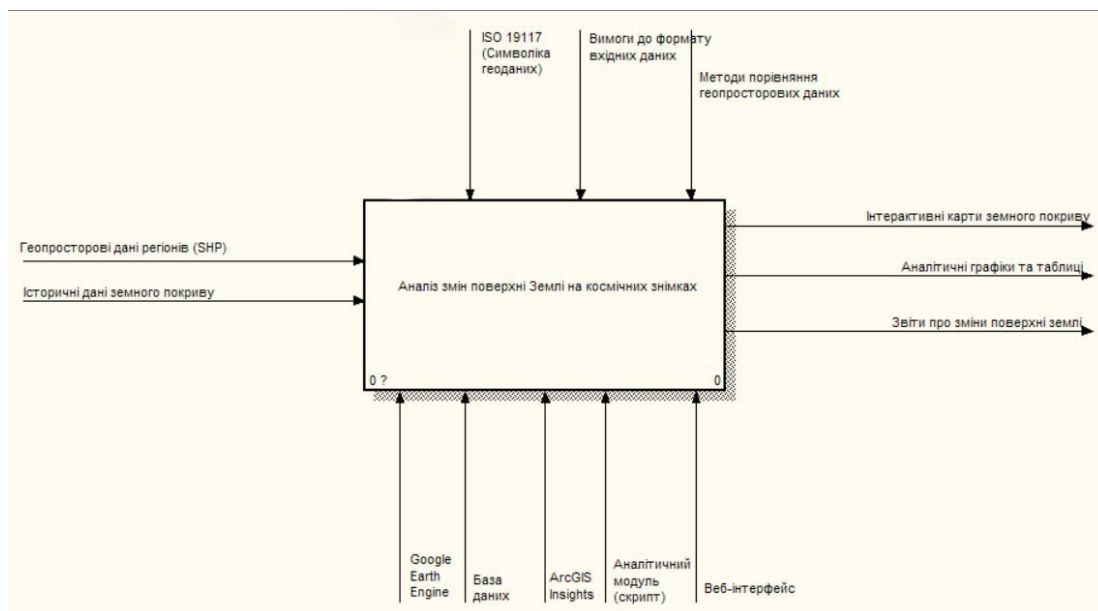


Рисунок 1.1 – Контекстна діаграма IDEF0

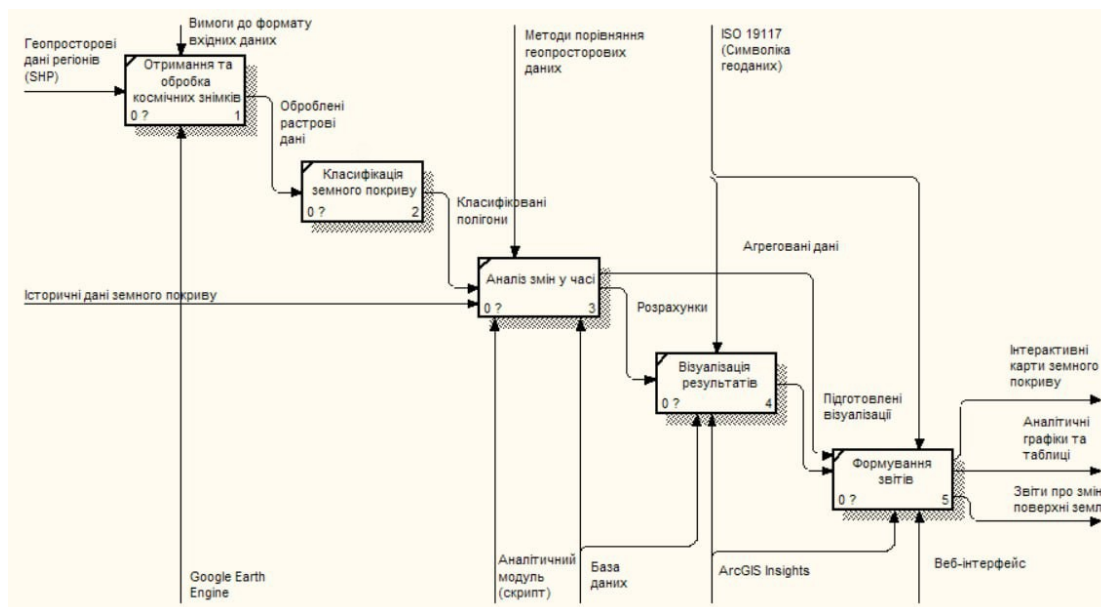


Рисунок 1.2 – Діаграма першого рівня декомпозиції IDEF0

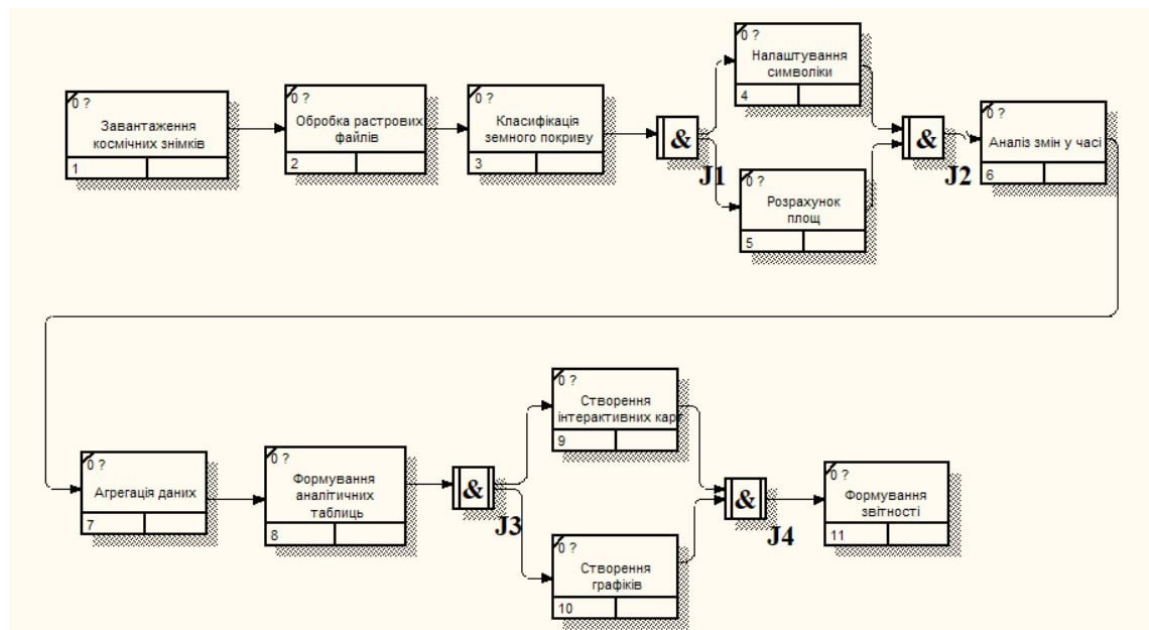


Рисунок 2.1 – IDEF3 процес аналізу змін поверхні Землі на космічних знімках

ДОДАТОК Б

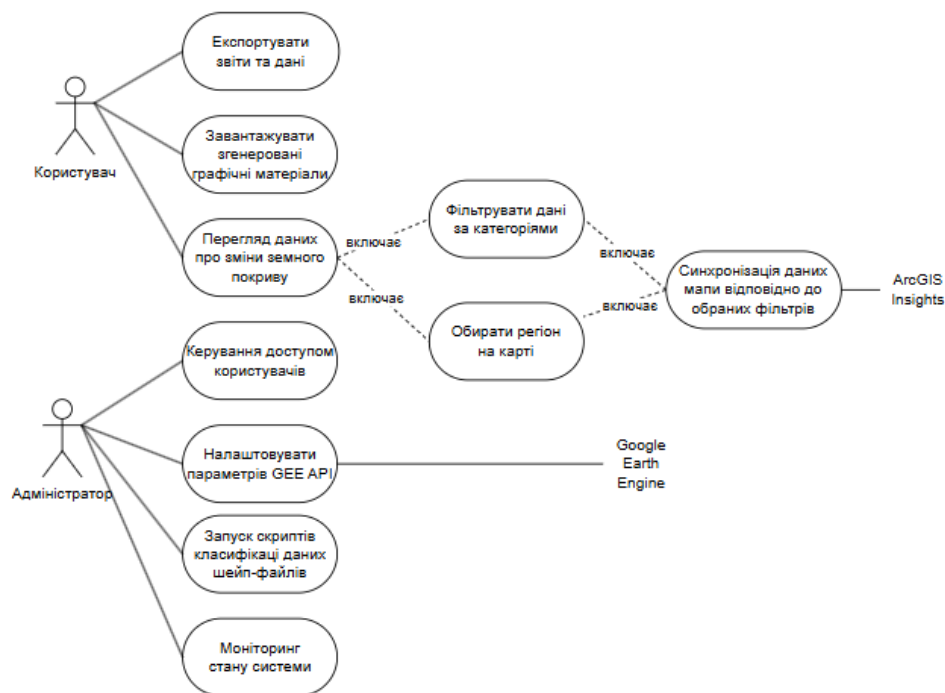


Рисунок 2.2 – UML діаграма прецедентів

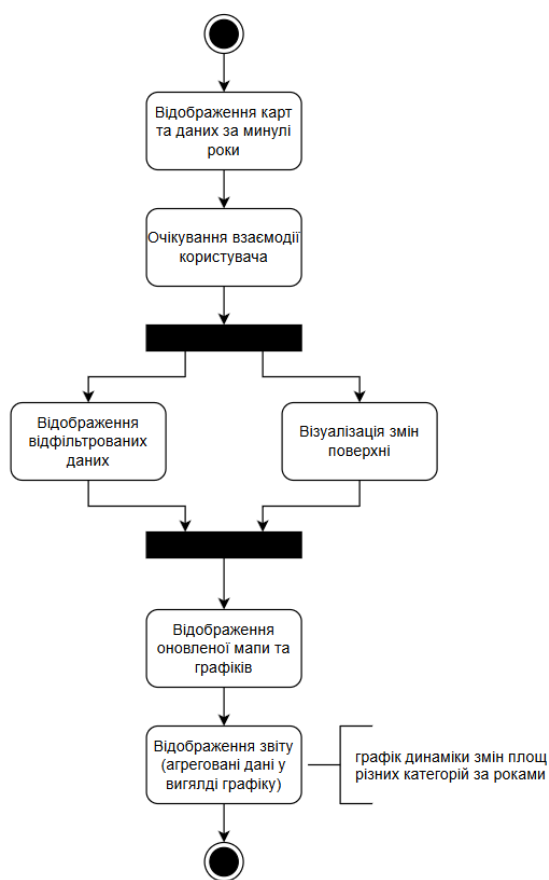


Рисунок 2.2 – UML діаграма станів

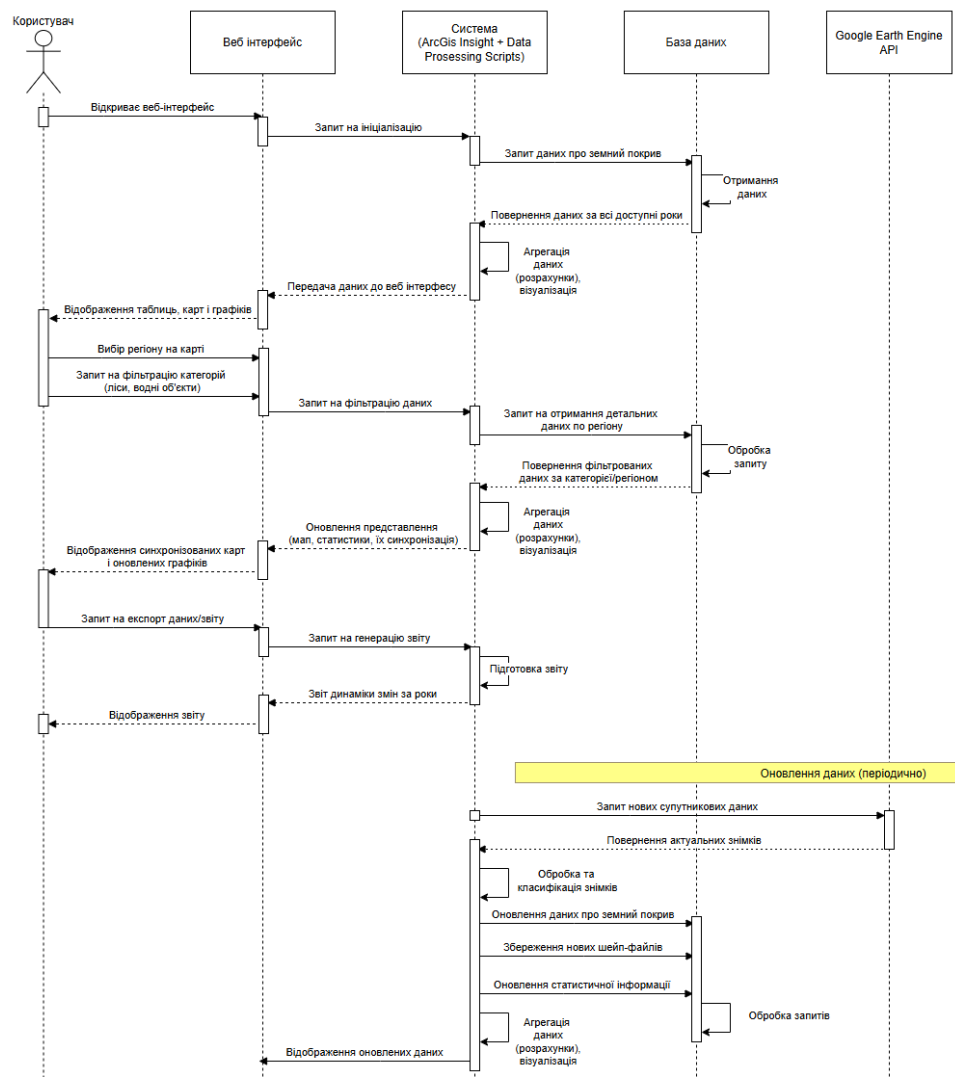


Рисунок 2.3 – UML діаграма послідовності

ДОДАТОК В

Значення	Назва	Колір
0	Водні об'єкти	#419bdf
1	Лісовкриті території	#397d49
2	Трава	#88b053
3	Затоплена рослинність	#7a87c6
4	Сільгоспугіддя	#e49635
5	Куші та чагарники	#dfc35a
6	Забудована територія	#c4281b
7	Оголена земля	#a59b8f
8	Сніг та лід	#b39fe1

Таблиця 3.1 – Стандарти кольорів земного покриття

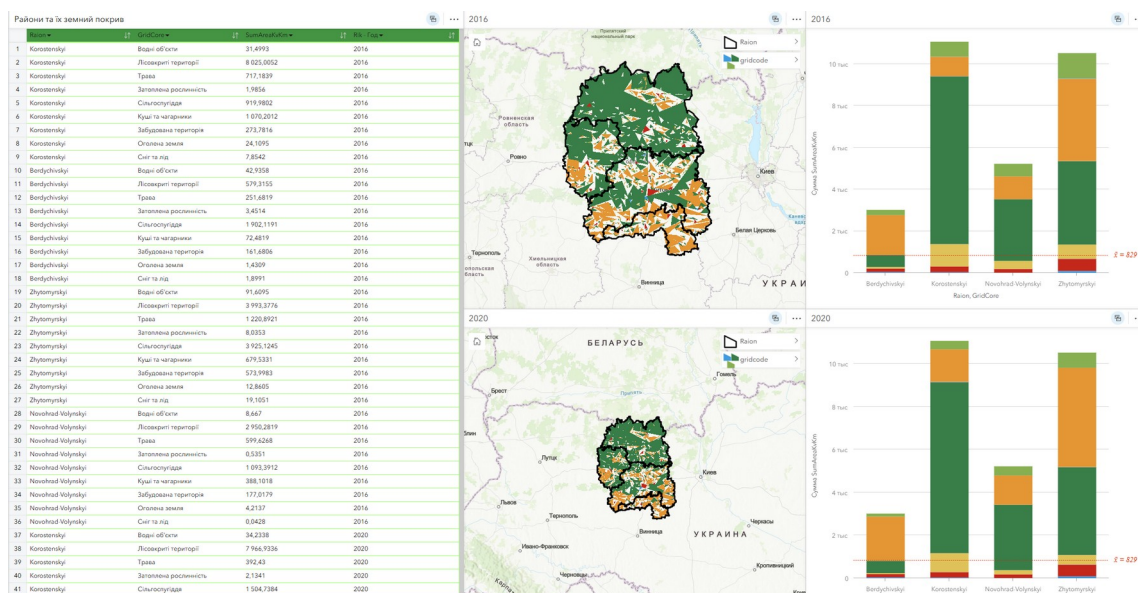


Рисунок 3.1 – Інтерфейс геоінформаційної системи

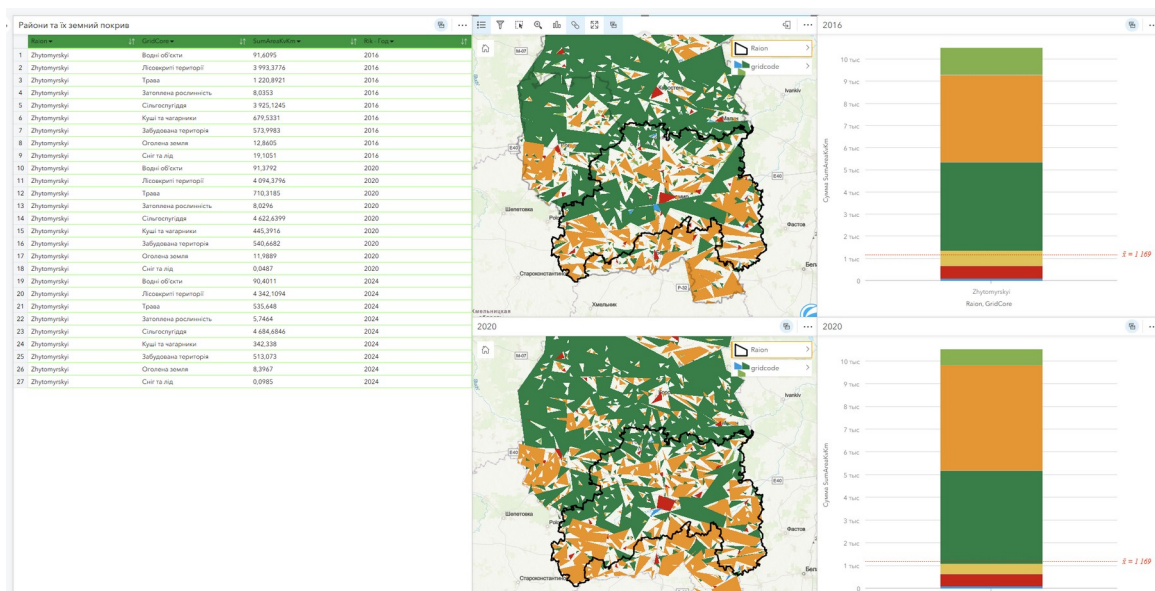


Рисунок 3.2 – Приклад інтерактивності геоінформаційної системи

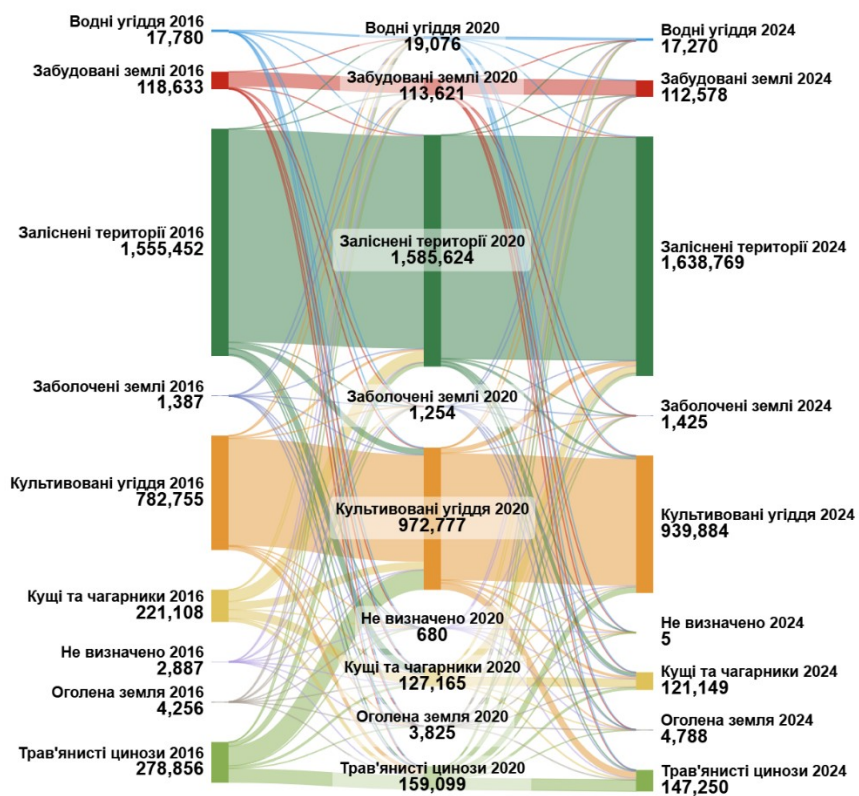


Рисунок 3.3 – Sankey діаграма земного покриття