

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра моделювання та програмного забезпечення

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

з напрямку підготовки 121 «Інженерія програмного забезпечення»

На тему: Дослідження геоінформаційних систем та розробка інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу

*Засвідчую, що в цій
кваліфікаційній роботі немає
запозичень із праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент гр. ІПЗ-23-2м
_____ Москаленко Є. В.*

Керівник кваліфікаційної
роботи

/ Стрюк А. М. /

Завідувач кафедри

/ Стрюк А. М. /

Кривий Ріг
2024

Криворізький національний університет
Факультет: Інформаційних технологій
Кафедра: Моделювання та програмного забезпечення
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: 121 "Інженерія програмного забезпечення"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Стрюк А. М.
«__» _____ 2024__ р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу

студента групи ПЗ-23-2м Москаленка Єгора Васильовича

1. Тема: Дослідження геоінформаційних систем та розробка інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу затверджено наказом по КНУ №__ від «__» _____ 2024 р.
2. Термін подання студентом закінченого проекту «__» _____ 2024 р.
3. Вихідні дані по роботі: Пояснювальна записка: 95 сторінок, 45 рисунків, 1 додаток, 21 використаних у роботі джерел
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх треба розробити): .
5. Перелік графічного демонстраційного матеріалу: Приклади існуючих програм. Функціональна схема. Блок-схема основного алгоритму. Структура бази даних. Приклади роботи розробленої програми.

Календарний план:

№	Найменування етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи
1	<i>Формулювання мети та задач роботи</i>	15.02.2024-20.02.2024
2	<i>Аналіз інформаційних джерел</i>	21.02.2024-09.03.2024
3	<i>Визначення вимог до програмного забезпечення</i>	10.03.2024-18.04.2024
4	<i>Розробка функціональної схеми</i>	19.04.2024-23.05.2024
5	<i>Розробка алгоритмів</i>	24.05.2024-31.06.2024
6	<i>Розробка бази даних</i>	01.06.2024-14.07.2024
7	<i>Розробка програмного забезпечення</i>	15.07.2024-13.09.2024
8	<i>Тестування програмного забезпечення</i>	14.09.2024-20.10.2024
9	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	21.10.2024-12.11.2024
10	<i>Розробка демонстраційних матеріалів</i>	13.11.2024-18.12.2024

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2024 р.
Студент _____ Москаленко Є. В.
Керівник роботи _____ Стрюк А. М.

РЕФЕРАТ

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, РЕТРОСПЕКТИВНА МАПА, ВЕБ-СЕРВІС, ІНТЕРАКТИВНА МАПА, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Пояснювальна записка: 95 с., 45 рис., 21 джерело.

Метою роботи є створення веб-сервісу, що реалізує ретроспективний показ старих мап у порівнянні з сучасним виглядом цієї території.

Об'єкт дослідження: процес зіставлення реальних геокоординат з зображеннями, отриманими за допомогою аерофотозйомки.

Предмет дослідження: ретроспективна мапа, побудована на синхронізації зображення, отриманого за допомогою аерофотозйомки, та сучасних мап, що пропонують глобальні геоінформаційні сервіси.

В ході роботи над кваліфікаційною роботою було ретельно досліджено методи та засоби, які використовуються в рамках сучасних геоінформаційних технологій. Було визначено ключові вимоги до системи, включаючи точність історичних даних, користувацький інтерфейс, масштабованість та можливість інтеракції із картографічними даними. На основі цих вимог ми провели моделювання програмного забезпечення, визначивши структуру та алгоритми обробки даних. Розроблено програмне забезпечення для інтерактивної ретроспективної мапи міста Кривий Ріг, яке дозволяє користувачам візуально досліджувати історичні зміни в міській забудові та ландшафті.

В результаті інтерактивна ретроспективна мапа Кривого Рогу тепер є доступною для використання дослідниками, істориками, місцевими мешканцями, а також гостями міста, які цікавляться його історією і хочуть дізнатися більше про його еволюцію.

ABSTRACT

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES, RETROSPECTIVE MAP, WEB SERVICE, INTERACTIVE MAP, SOFTWARE.

Explanatory note: 95 pages, 45 figures, 21 sources.

The purpose of the work is to create a web service that implements the retrospective display of old maps compared with the contemporary appearance of the territory.

Research object: the process of matching real geocoordinates with images obtained through aerial photography.

Subject of research: retrospective map, constructed based on the synchronization of images obtained through aerial photography, and modern maps offered by global geoinformation services.

During the work on the qualification paper, methods and means utilized in modern geoinformation technologies were thoroughly researched. Key requirements for the system were identified, including the accuracy of historical data, user interface, scalability, and the ability to interact with cartographic data. Based on these requirements, we conducted the modeling of the software, establishing the structure and data processing algorithms. Software for the interactive retrospective map of the city of Kryvyi Rih was developed, allowing users to visually explore historical changes in urban development and landscape.

As a result, the interactive retrospective map of Kryvyi Rih is now available for use by researchers, historians, local residents, and city guests who are interested in its history and want to learn more about its evolution.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ СУЧАСНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	11
1.1 Сучасні геоінформаційні технології	11
1.2 Найпоширеніші сервіси надання геоінформаційних послуг	25
1.3 Ретроспективні мапи.....	43
2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ МАПИ КРИВОГО РОГУ	54
2.1 Визначення вимог до інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу	54
2.2 Моделювання програмного забезпечення інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу.....	55
2.3 Математичні засоби реалізації проєкту	59
2.4 Проєктування інтерфейсу інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу.....	67
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ МАПИ КРИВОГО РОГУ	70
3.1. Аналіз бібліотек та фреймворків для реалізації геоінформаційних ресурсів.....	70
3.2 Вибір засобів реалізації програмного забезпечення інтерактивної мапи	74
3.3. Програмна реалізація інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу.....	76
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	82
4.1 Інноваційна ефективність проєкту інтерактивної ретроспективної мапи	82
4.2 Розрахунок собівартості проєкту інтерактивної ретроспективної мапи	84
ВИСНОВКИ	88

Перелік посилань	91
Додаток А Текст програми.....	93

ВСТУП

Сучасні геоінформаційні технології (ГІТ) відкривають перед нами неймовірні можливості для вивчення та аналізу навколишнього світу завдяки своїй здатності збирати, зберігати, обробляти та візуалізувати геодані. Вони включають широкий спектр інструментів і методів, таких як ГІС (геоінформаційні системи), дистанційне зондування Землі, GPS-навігація (системи глобального позиціонування), та багато інших додатків та сервісів. Ці технології знаходять застосування в найрізноманітніших сферах: від містобудування, управління природними ресурсами, екологічного моніторингу та сільського господарства до логістики, оборони та екстрених служб, що вимагають швидкого реагування на надзвичайні ситуації. Завдяки їх розвитку експерти здатні здійснювати комплексний аналіз та прогнозування розвитку різноманітних процесів і явищ, які відбуваються на Землі, і таким чином сприяють прийняттю обґрунтованих рішень на рівні локальних громад, окремих держав, а також на міжнародному рівні.

З поступом часу та прогресом у сфері географії та геоінформаційних технологій, вчені та дослідники накопичили величезний обсяг геоінформаційних ресурсів. Ці ресурси включають детальні геодані, схематичні візуалізації, карти різноманітного масштабу, а також аерофотознімки, здобуті за допомогою літаків, дронів або супутників. Всі ці матеріали можна ефективно використовувати для створення ретроспективних інтерактивних мап.

Такі мапи дозволяють користувачам легко зорієнтуватись у просторових даних, відстежувати зміни в ландшафті, екосистемах, урбаністичних структурах та інших характеристиках місцевості протягом часу. Інтерактивність мап надає можливість здійснювати масштабування, переглядати різні шари даних, а також доступ до історичних та сучасних інформаційних ресурсів. Це стає важливим інструментом у плануванні

території, дослідженні екологічних змін, в реставрації історичних об'єктів та у багатьох інших сферах наукового та практичного застосування.

У архівах міста Кривого Рогу зберігається значна колекція аерофотознімків, що документують зміни у міському ландшафті протягом останніх декількох десятиліть. Ці зображення являють собою цінний ресурс для істориків, місцевих дослідників, планувальників міста та громадськості, але їхня масштабність і незручність у використанні можуть ускладнювати роботу з ними.

Для полегшення доступу та використання цих аерофотознімків можна розробити спеціалізований програмний засіб, який надавав би змогу синхронізувати історичні знімки з їхніми точними географічними координатами. Такий інструмент дозволив би користувачам переглядати історичні зображення нарізно із сучасними картографічними сервісами, такими як Google Earth або OpenStreetMap.

Функціональність програми могла б включати можливість накладення старих знімків на сучасні карти, зіставлення зображень для аналізу змін у забудові та ландшафті, інструменти для вимірювання відстаней і площ, а також функції для анотації і додавання коментарів до певних ділянок на карті.

Ключовою перевагою такого програмного засобу була б здатність інтегруватися з іншими геоінформаційними системами та базами даних, що б дало можливість глибокого багаторівневого аналізу та сприяло більшій популяризації використання історичних аерофотознімків міста Кривого Рогу для наукової, освітньої та комерційної діяльності.

Це підтверджує актуальність обраної нами теми: розробка інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу.

Метою роботи є створення веб-сервісу, що реалізує ретроспективний показ старих мап у порівнянні з сучасним виглядом цієї території.

Об'єкт дослідження: процес зіставлення реальних геокоординат з зображеннями, отриманими за допомогою аерофотозйомки.

Предмет дослідження: ретроспективна мапа, побудована на синхронізації зображення, отриманого за допомогою аерофотозйомки, та сучасних мап, що пропонують глобальні геоінформаційні сервіси.

Для реалізації роботи нам необхідно виконати наступні завдання:

- дослідити сучасні геоінформаційні системи;
- спроектувати програмне забезпечення ретроспективної мапи;
- обрати засоби реалізації та реалізувати програмне забезпечення.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ СУЧАСНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Сучасні геоінформаційні технології

Геоданні завжди відігравали надважливу роль для розвитку сучасної цивілізації. Тому не дивно, що з появою комп'ютерних технологій одним з перших їх використанням стала обробка геоданих. І це назавжди змінило те, як ми зараз працюємо з картами та іншими даними про землю, породивши геоінформатику.

Геоінформатика – це наука, яка вивчає методи та технології обробки, аналізу та використання географічної інформації. Вона поєднує в собі знання географії, геології, геодезії та комп'ютерних наук для створення інтегрованих систем, які ефективно використовують геодані в різних галузях.

Завдяки геоінформатиці, ми маємо доступ до широкого спектру картографічних та геодезичних даних. Ці дані можуть включати інформацію про місце розташування об'єктів, їх фізичні характеристики, історичні дані, кліматичні умови та багато іншого. За допомогою комп'ютерних програм та алгоритмів обробки, геоінформатика дозволяє нам створювати, зберігати, аналізувати та візуалізувати ці дані.

Одним з основних додатку геоінформатики є створення цифрових карт. До появи комп'ютерної обробки геоданих, картографічні роботи проводилися вручну і були обмежені своїми можливостями. Зараз за допомогою геоінформатики, ми можемо створювати детальні та точні цифрові карти, які просуваються далеко за межі того, що можна було зробити вручну. Це дає нам змогу використовувати ці картографічні дані для розв'язання різних географічних проблем, включаючи планування міст, дослідження клімату, управління ресурсами та інше.

Крім простої обробки та аналізу геоданих, геоінформатика використовується для розробки та впровадження географічних інформаційних систем (ГІС). ГІС (рис. 1.1) – це інструменти, які інтегрують геодані з іншими

типами інформації, наприклад, соціальними, економічними, демографічними та іншими. Ці системи дозволяють нам робити складні аналізи, створювати моделі та приймати виважені рішення з використанням цієї інтегрованої інформації.

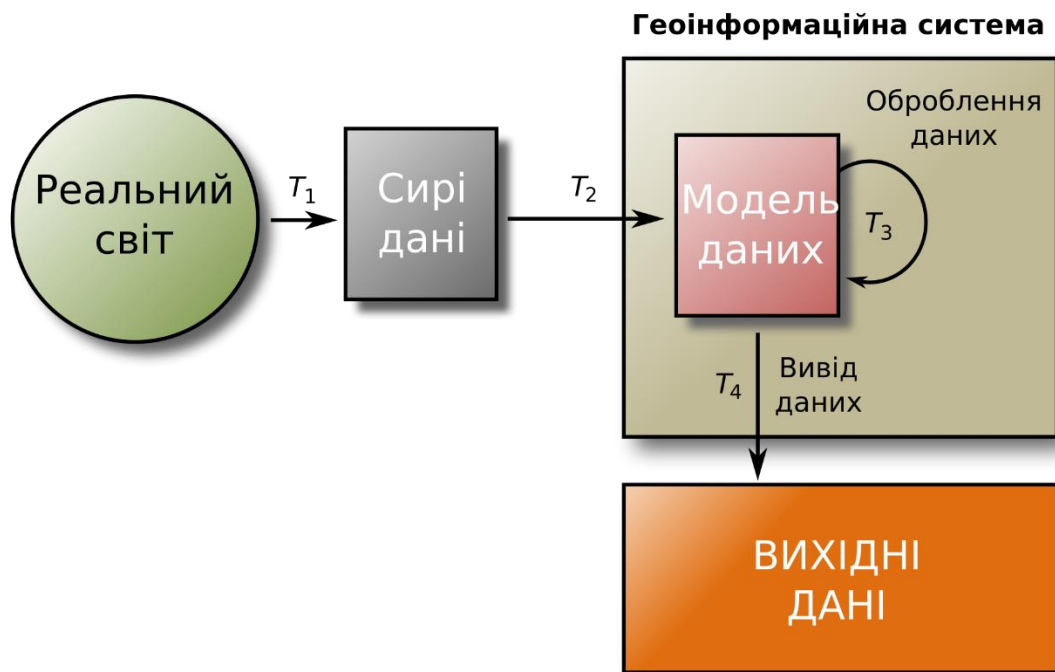


Рисунок 1.1 – Загальна концепція геоінформаційних систем

Загалом, геоінформатика відкриває безліч можливостей у різних галузях, від урбаністики і екології до туризму і автомобільної навігації. Вона змінює наше сприйняття та розуміння географічного простору, допомагаючи нам приймати кращі рішення та вирішувати складні проблеми, пов'язані з нашою землею.

Геоінформаційні технології об'єднують в собі набір інструментів, методів, і систем, що використовуються для збору, зберігання, маніпулювання, аналізу та відображення просторової інформації. Вони ґрунтуються на різних програмних і апаратних рішеннях і надають можливість вирішувати завдання, пов'язані з географічними даними.

У той час, коли цифрова ГІС датується серединою 1960-х років, коли Роджер Томлінсон вперше ввів у обіг фразу «географічна інформаційна система», багато географічних концепцій і методів, які автоматизує ГІС,

виникли десятиліттями раніше. Вже в 19 столітті географи почали використовувати карти та інші географічні дані для вивчення землі.

Один із перших відомих випадків використання просторового аналізу геоінформаційних даних стався в галузі епідеміології. Він з'явився у звіті *Rapport sur la marche et les effets du choléra dans Paris et le département de la Seine* (1832). Французький картограф і географ Шарль Піке створив карту, на якій він окреслив 48 районів Парижа та використав напівтонові градієнти кольорів, щоб візуально представити кількість зареєстрованих смертей від холери на кожну 1000 жителів. Ця карта дозволила вченим та лікарям легко виявляти густину випадків холери в різних районах Парижа. Градієнти кольорів допомогли візуально виділити райони з найбільшою концентрацією смертей від холери, де ситуація була найбільш критичною.

Дана робота відіграла важливу роль у розвитку географічних методів у галузі епідеміології та була проривом для подальшого використання просторових даних у вивченні епідемій та інших громадських проблем. Вона відображала значення використання географічної інформації у встановленні зв'язків між місцем і поширенням хвороби, що в подальшому сприяло розвитку просторової епідеміології як науки.

У 1854 році, під час спалаху холери у Лондоні, Джон Сноу – епідеміолог і лікар – для визначення джерела поширення хвороби, застосував просторовий аналіз. Свою роботу він почав з того, що наніс на карту місця проживання кожної жертви холери, а також всі джерела води, які знаходилися неподалік. При дослідженні цих точок, він виявив кластери, які означали високу концентрацію випадків хвороби. Інформація про ці кластери допомогла Сноу зрозуміти, що одне з джерел води, яке знаходилося в районі цих кластерів, було потенційним джерелом інфекції.

Робота Сноу стала ще одним із вдалив застосувань географічної методології в епідеміології для точного визначення джерел хвороби. Вона була унікальною завдяки його використанню картографічних методів не лише для зображення даних, але і для аналізу кластерів, що залежать від географічних

факторів. Його карта (рис. 1.2) стала основою для подальших досліджень і висунутих гіпотез щодо поширення інфекційних хвороб в місцях з водним забезпеченням.

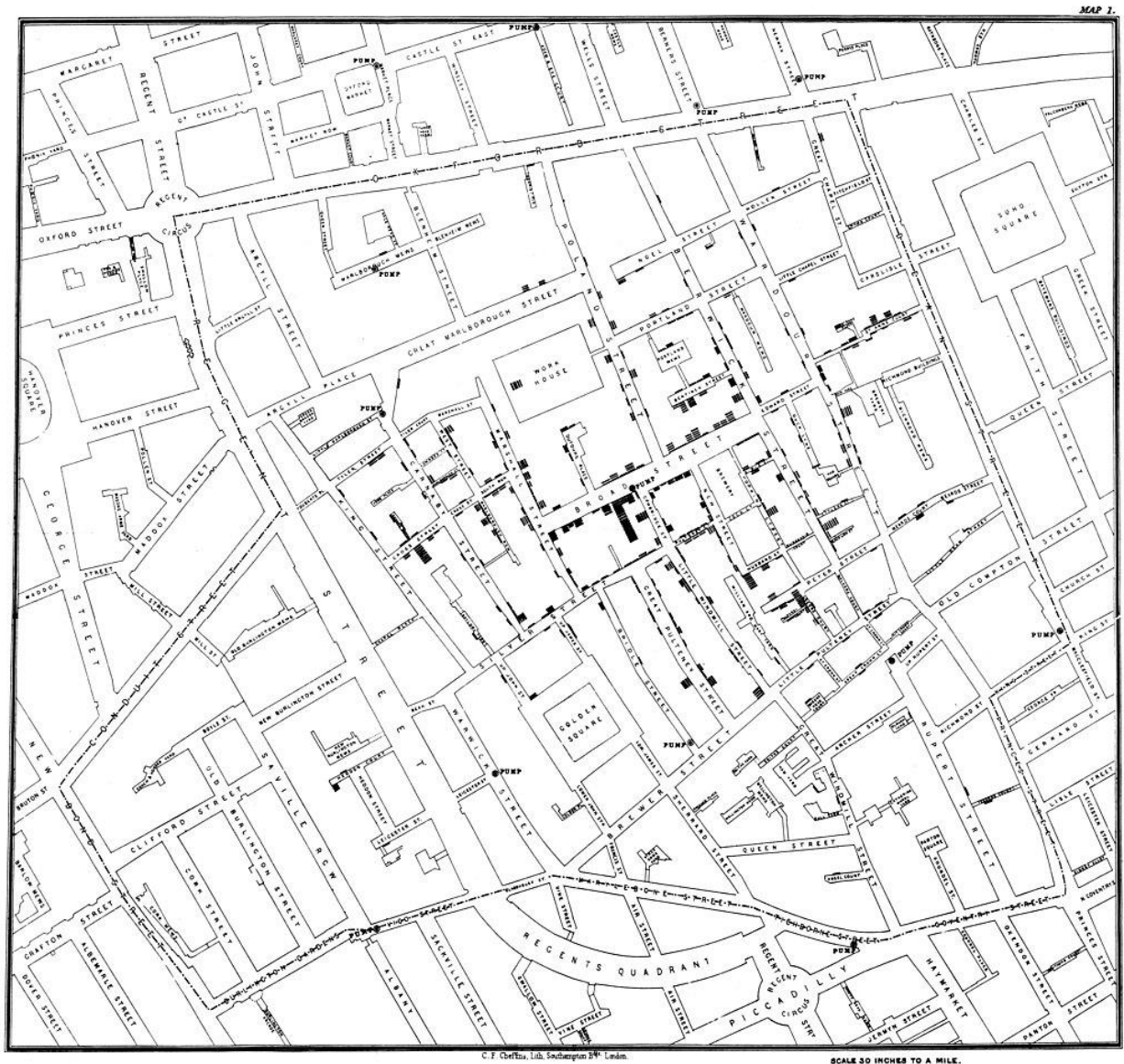


Рисунок 1.2 – Копія карти Джона Сноу 1855 року, що показує кластери випадків холери під час епідемії в Лондоні 1854 року.

На початку 20-го століття техніка, відома як фотоцинкографія, розкрила нову сторінку у виготовленні карт (рис. 1.3). Ця технологія суттєво спростила процес картографування, який до того вимагав мінливого і детального ручного малювання. Вона дозволяла картографам розділяти елементи карти на окремі

шари, такі як рослинність та водойми. Найбільш помітним було впровадження використання шарів спеціально для контурів місцевості.

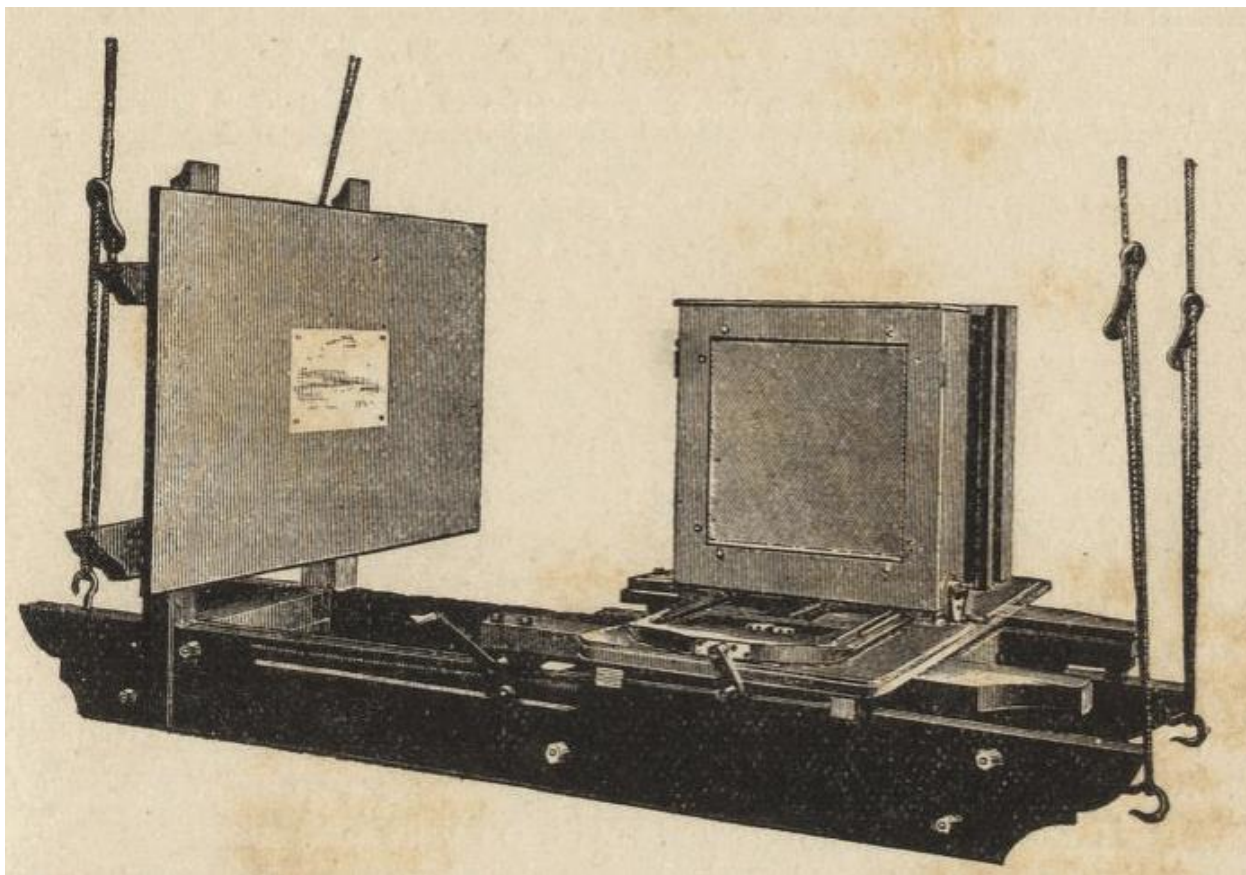


Рисунок 1.3 – Ілюстрація з посібнику по фотоцинкографії, фотолітографії та колотипії В.Т. Вілкінсона (1897)

Розділення елементів на шари значно зменшило трудомісткість роботи, адже кресляри тепер могли працювати над кожним елементом окремо. Спочатку кожен шар наносився на скляні плити, якими були покриті fotocутливими хімікатами. Таке рішення було доволі ефективне, проте скляні плити були важкими, крихкими та забирали багато місця при зберіганні.

Згодом скляні плити були замінені пластиковою плівкою, що значно поліпшило процес картографії. Пластикові плівки були легшими, гнучкішими, займали менше місця і були стійкішими до пошкоджень. Коли робота над усіма шарами була завершена, вони об'єднувалися за допомогою спеціальної камери-обробника, для створення остаточного зображення карти.

Важливим кроком у картографії стало також введення кольорового друку. Принцип фотоцинкографії, тобто використання різних шарів для різних елементів, був адаптований для створення окремих шарів для кожного кольору, що істотно поліпшило якість та читабельність карт (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Фотоцинкографічна карта Гофа Британії, Саутгемптон, Гемпшир, 1875 р.

Тим не менш, незважаючи на значний вплив фотоцинкографії на картографію, цей процес не вважається географічною інформаційною системою (ГІС), оскільки створені таким чином карти не містять бази даних, з якою вони могли би бути безпосередньо пов'язані і з якою можна було б проводити аналіз. Сучасні ГІС використовують шари для поділу та візуалізації

різноманітних геоданих, а також інтегрують різноманітні набори даних, що дозволяє користувачам ефективно аналізувати і моделювати просторові процеси та явища.

На зорі геоінформаційних систем (ГІС), дві важливі розробки відіграли ключову роль у їхньому розвитку. По-перше, Ієна Макхарга, шотландського ландшафтного архітектора, його піонерська книга з назвою "Design with Nature" («Дизайн з природою»), опублікована в 1969 році. В цій праці Макхарг популяризував ідею аналізу ландшафтів через накладання кількох карт з різними екологічними та соціальними даними. Цей метод виявився основоположним для ГІС, оскільки він дозволив фахівцям відображати різні дані на одну карту для комплексного аналізу території.

По-друге, систему DIME (Dual Independent Map Encoding) запроваджене Бюро перепису населення США, яка була однією з перших спроб створити автоматизовану цифрову картографічну систему. Розроблена в кінці 1960-х років, система DIME вдало впровадила концепцію цифрового кодування вуличних мереж, що дозволяло ефективно зберігати та маніпулювати географічними даними, складовими основу для сучасних ГІС. Завдяки системі DIME можна було точніше представляти адреси та інші елементи вуличної мережі, що значно поліпшило процеси планування, логістики та адміністрування на місцевому рівні.

У 1950-х роках у Данії та Великобританії були розроблені перші електронні комп'ютери, які відіграли важливу роль у появі ГІС. Розробка ГІС продовжувалася протягом наступних десятиліть, включаючи появу комп'ютерних програм, які дозволяли збирати, зберігати і аналізувати географічні дані більш ефективно. Завдяки цим технологіям ГІС почав широко використовуватися в різних галузях, включаючи геологію, геодезію, сільське господарство та містобудування.

Перша публікація, яка детально описала використання комп'ютерних технологій для спрощення процесу картографії, була авторства Уолдо Тоблера і з'явилася у 1959 році. Уолдо Тоблер, американський географ, зробив значний

внесок у розвиток географічних інформаційних систем (ГІС), що є ключовим елементом сучасної картографії. Завдяки стрімкому розвитку комп'ютерного обладнання, яке відбулося у наступні роки, зокрема у 1960-х роках, процес створення карт розширився і модернізувався. Це призвело до більш широкого використання спеціалізованого програмного забезпечення для комп'ютерного картографування, яке дозволяло професіоналам у сфері картографії та географічних досліджень більш ефективно займатися збиранням, обробкою, аналізом і візуалізацією просторових даних.

У 1963 році в Оттаві, столиці провінції Онтаріо, Канада, федеральним Департаментом лісового господарства та розвитку сільських районів було створено першу функціонуючу геоінформаційну систему (ГІС) у світі. Система була розроблена Роджером Томлінсоном, якого часто називають "батьком ГІС". Ця система отримала назву Канадська геоінформаційна система (Canada Geographic Information System, CGIS).



Рисунок 1.5 – Канадська геоінформаційна система (1963 р.)

Канадська геоінформаційна система була створена для зберігання, аналізу і обробки величезних обсягів даних, зібраних під час Канадської земельної інвентаризації. Ця інвентаризація представляла собою масштабний

проект, метою якого було оцінити земельні ресурси та їх придатність для різноманітних сільськогосподарських та природних потреб сільських районів Канади. CGIS дозволяла виконувати картографування інформації про такі аспекти, як типи ґрунтів, сільськогосподарське використання земель, можливості для відпочинку та туризму, дику фауну, особливо водоплавні птахи, лісове господарство, а також загальне землекористування, використовуючи масштаб 1:50 000.

Крім того, у CGIS був інтегрований коефіцієнт рейтингової класифікації, який дозволяв ефективно оцінювати і порівнювати різні ділянки землі з точки зору їхнього потенціалу для сільського господарства та інших видів використання. Такий підхід виявився важливим інструментом для управління ресурсами та планування використання земель в Канаді, а також поклав початок розвитку геоінформаційних систем як наукового напрямку та інструментарію необхідного для геопросторового аналізу в усьому світі

У 1964 році Говард Т. Фішер заснував Лабораторію комп'ютерної графіки та просторового аналізу (LCGSA) в Гарвардській вищій школі дизайну. Цей науково-дослідницький центр існував з 1965 по 1991 рік та відіграв ключову роль у розробці низки фундаментальних теоретичних підходів до обробки просторових даних. Завдяки цим проривам до 1970-х років були створені базові програмні коди та системи, такі як SYMAP (System for the Automatic Mapping), GRID і ODYSSEY. Ці програми поширились серед університетів, дослідницьких центрів та корпорацій по всьому світу, заклавши підвалини для майбутніх систем географічної інформації (ГІС).

Ці системи були першими прикладами програмного забезпечення для ГІС, яке було універсальним та не розроблялося під конкретні задачі чи установи. Вони суттєво вплинули на розвиток сфери ГІС і надали основу для розвитку комерційного програмного забезпечення у цій галузі. Одним із видатних комерційних продуктів, що з'явилися після роботи лабораторії, став Esri ARC/INFO, перша версія якого була випущена в 1983 році. Esri ARC/INFO

отримало широке визнання та застосування і зіграло визначальну роль у подальшому розвитку ГІС-технологій.

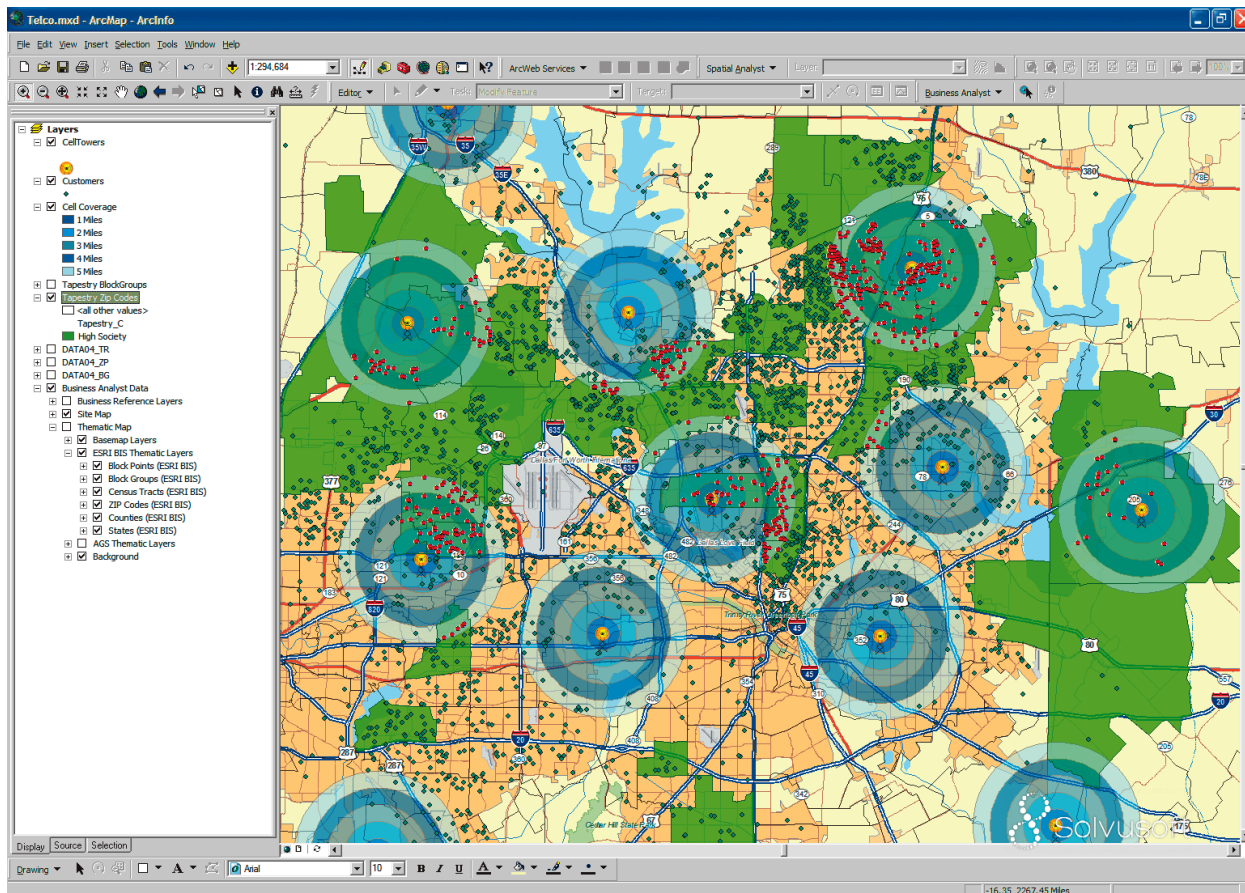


Рисунок 1.6 – Esri ARC/INFO

В кінці 1970-х років розробка ГІС-систем стала більш активною, з акцентом на створення загальнодоступних платформ. Дві з найбільш значущих систем того часу - це MOSS (Map Overlay and Statistical System) і GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System). MOSS (рис. 1.7) була однією з перших відкритих ГІС-систем, а GRASS GIS (рис. 1.8), розроблена Управлінням з надзвичайних ситуацій США, до цього дня є потужним інструментом для управління геоданими та аналізу ресурсів.

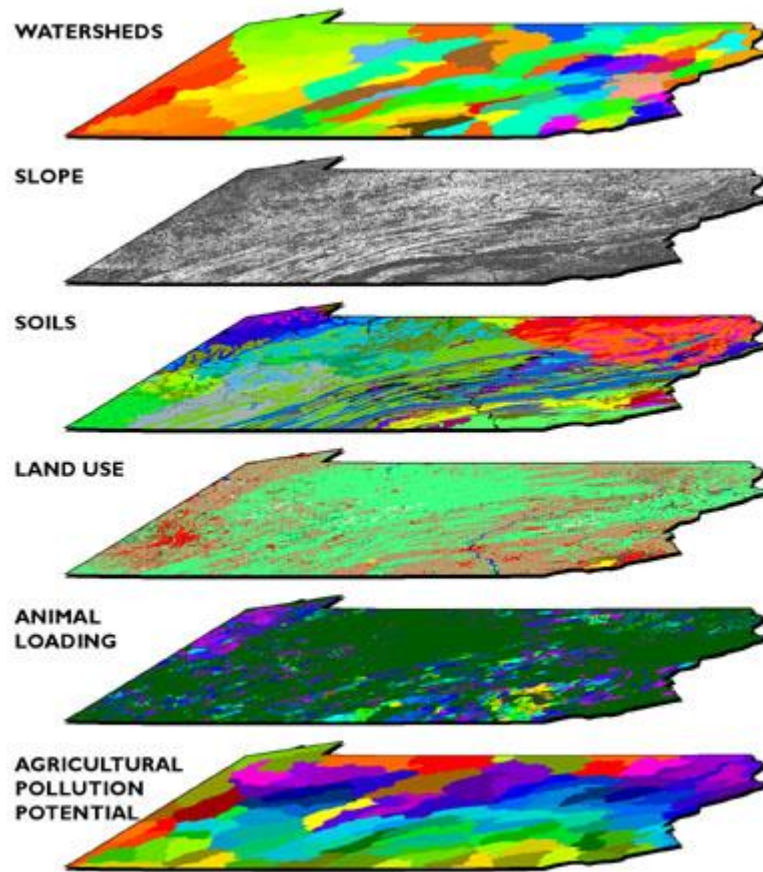


Рисунок 1.7 – Map Overlay and Statistical System

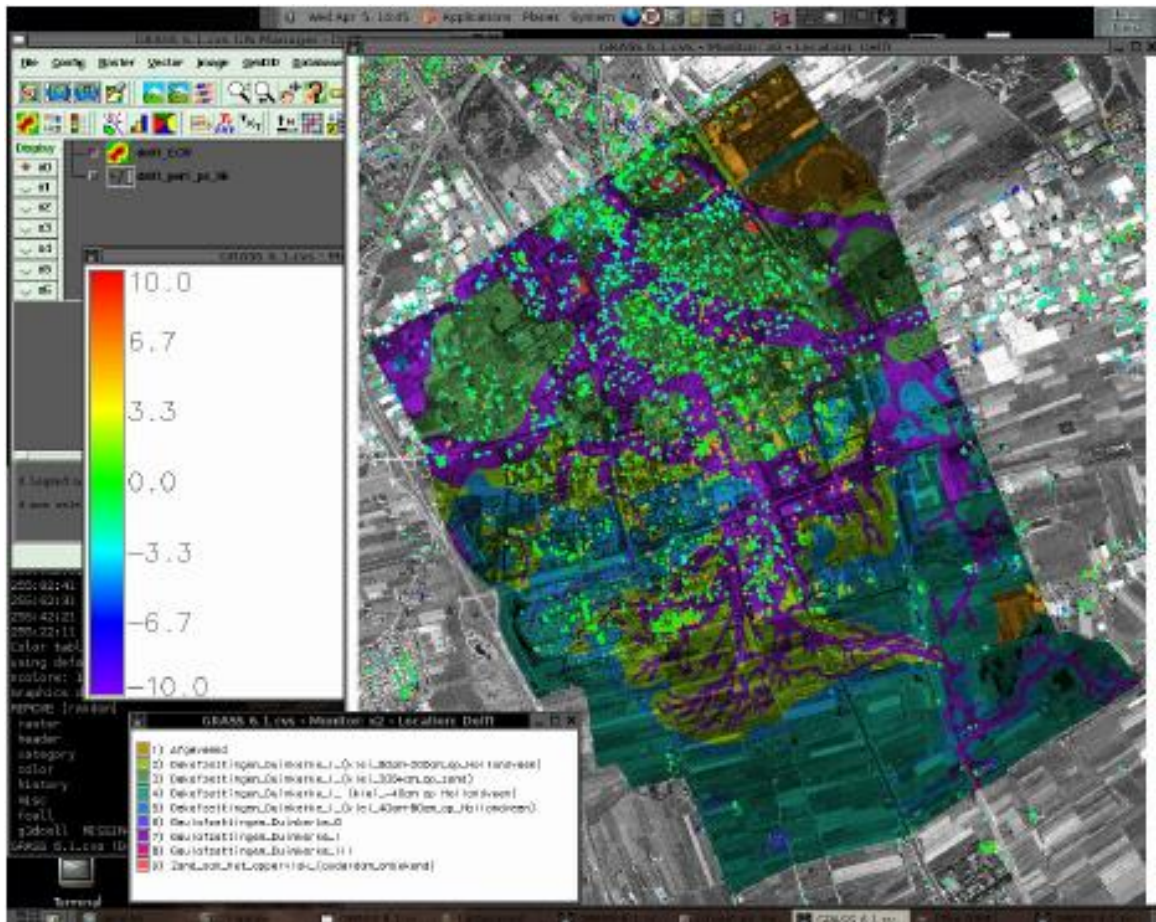


Рисунок 1.8 – Geographic Resources Analysis Support System

На початку 1980-х років компанія M&S Computing, яка згодом була перейменована у Intergraph, стала одним з лідерів у галузі ГІС на платформах CAD (Computer-Aided Design). В цей же період, Bentley Systems Incorporated почала свою діяльність, спеціалізуючись на розробці програмного забезпечення для інженерних дизайнів, що також включало ГІС-компоненти. Обидві організації внесли істотний вклад у розвиток геопросторових технологій в інженерії та управлінні даними.

ESRI (Environmental Systems Research Institute) стало ще одним ключовим гравцем на ринку комерційного ГІС-програмного забезпечення. Засноване у 1969 році, ESRI створило провідну ГІС-платформу ArcGIS, яка використовується у широкому діапазоні галузей для картографування та просторового аналізу.

CARIS (Computer Aided Resource Information System) займалася розробкою ГІС-рішень для морської географії та ресурсного менеджменту. Її програмне забезпечення спрощувало обробку морських даних та океанографічну візуалізацію.

ERDAS (Earth Resource Data Analysis System), наразі відома як Hexagon Geospatial, спеціалізувалася на програмному забезпеченні для обробки зображень з дистанційного зондування, що також стало важливою частиною геоінформаційних систем.

У 1986 році була зроблена важлива інновація у сфері геоінформаційних систем (ГІС) з випуском Mapping Display and Analysis System (MIDAS), першим настільним ГІС-продуктом, призначеним для операційної системи DOS. Цей продукт полегшив доступність та маніпуляцію просторовими даними, дозволяючи кінцевим користувачам ефективно використовувати ГІС технології.

До 1990 року, у зв'язку з стрімким розвитком персональних комп'ютерів та поширенням графічного інтерфейсу користувача, MIDAS було розроблено заново та адаптовано для найпопулярнішої в той час платформи - Microsoft Windows. Після цих змін він отримав нову назву - MapInfo для Windows (рис. 1.9). Ця зміна не тільки покращила візуальні можливості та загальну привабливість продукту але й подібні до неї інновації були ключовими для введення ГІС в бізнес-середовище, оскільки професійне застосування ГІС почало виходити за рамки первинно наукових та дослідницьких потреб у напрямку більш комерційного використання.

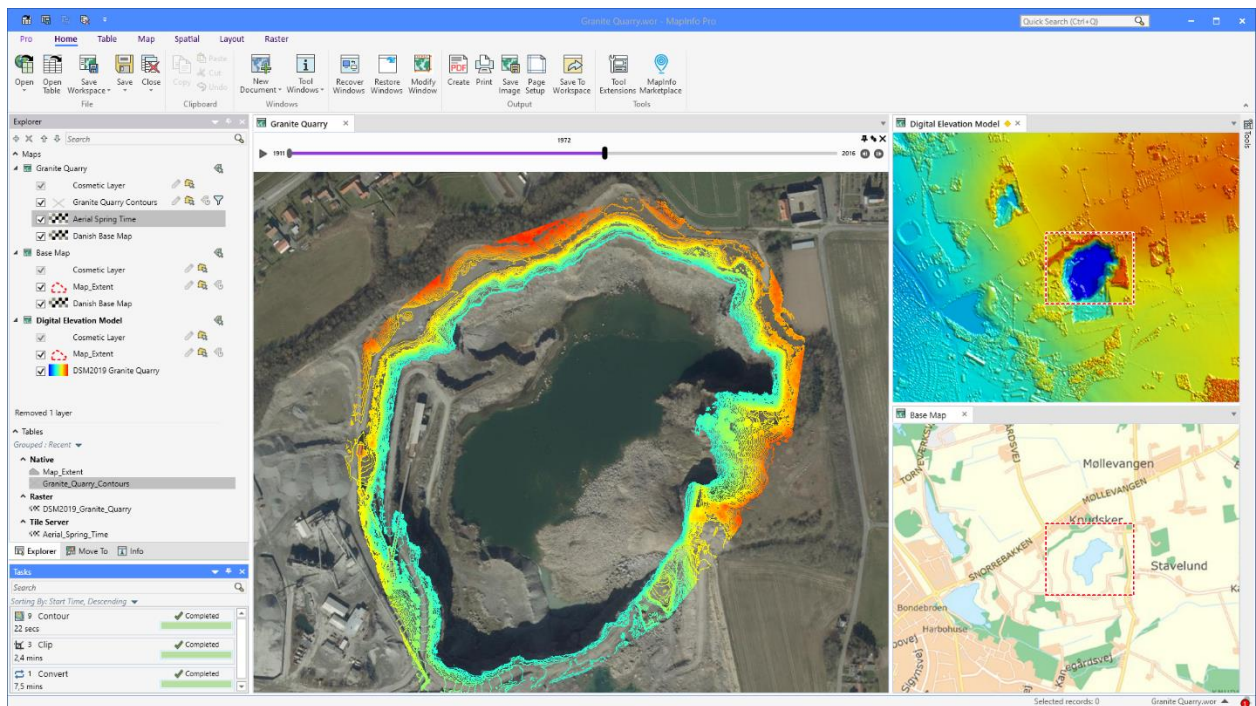


Рисунок 1.9 – MapInfo

Завдяки цьому переходу на Microsoft Windows, MapInfo став одним із перших ГІС-продуктів, який масово використовувався в усьому світі, значно збільшуючи обсяг можливого аналізу даних і покладаючи початок новій ері в доступності та практичному застосуванні геоінформаційних технологій у різноманітних секторах економіки.

До кінця 20-го століття відбулося стрімке зростання та розвиток різноманітних систем геоінформаційних технологій, яке було узагальнене, консолідоване та згодом стандартизовано у вигляді невеликої кількості платформ. Цей процес стандартизації дозволив виробити єдині формати для зберігання та передачі геопросторових даних. У зв'язку з цим, користувачі почали проявляти інтерес до можливості доступу до геопросторових даних через Інтернет, що ставило вимоги до уніфікації форматів даних і стандартів їх передачі в мережі.

У XXI столітті з'явилася значна кількість безкоштовних ГІС-пакетів з відкритим вихідним кодом. Ці програмні продукти можуть бути встановлені на різні операційні системи і налаштовані для виконання спеціалізованих

завдань, що робить геоінформаційні технології доступнішими та гнучкішими для фахівців різних галузей.

Однією з ключових тенденцій сучасності є інтеграція геоінформаційних систем з іншими інформаційними технологіями та інтернет-інфраструктурою. ГІС пов'язані з реляційними базами даних, що забезпечують потужну підтримку для управління великими обсягами геоданих. Використання хмарних обчислень дозволяє здійснювати зберігання та обробку даних без прив'язки до власної інфраструктури та високопродуктивного обладнання. Програмне забезпечення як послуга (Software as a Service - SaaS) пропонує користувачам доступ до ГІС-функціоналу через веб-браузери, роблячи ГІС доступним з будь-якого пристрою, що має підключення до Інтернету. Також велику роль відіграють мобільні технології, які розширюють можливості використання геопросторових даних в польових дослідженнях та в реальному часі.

1.2 Найпоширеніші сервіси надання геоінформаційних послуг

З кінця 1990-х років, коли Інтернет почав входити в повсякденне життя людей, технології комп'ютерних мереж зробили значний ривок у своєму розвитку. З огляду на ці зміни, інфраструктура геоінформаційних систем (ГІС) та пов'язані з нею дані стали переходити в онлайн-простір, переміщуючись на сервери. Це перетворення дало поштовх до розвитку нового механізму доступу до можливостей ГІС.

Серверне програмне забезпечення, встановлене на цих серверах, стало функціонувати аналогічно до інших серверних програм, таких як HTTP-сервери та системи управління реляційними базами даних (СУБД). Таке програмне забезпечення дозволяє користувачам отримувати доступ до даних ГІС та користуватися інструментами обробки без потреби встановлювати спеціалізоване програмне забезпечення на свої персональні комп'ютери. Ця модель, відома як розподілені ГІС, забезпечує зручність та ефективність обміну геопросторовими даними через мережу.

З часом стратегія розподілених ГІС була значно розширена з появою Інтернету, що призвело до створення хмарних ГІС-платформ. Ці платформи, до яких відносяться такі сервіси як ArcGIS Online, дозволяють користувачам масштабувати обчислювальні ресурси і зберігання даних відповідно до потреб, а також сприяють спрощенню співпраці та обміну даними. Надання ГІС-спеціалізованого програмного забезпечення у вигляді послуги (SaaS) є ще одним важливим аспектом розвитку хмарних ГІС, що дозволяє користуватися потужними ГІС-інструментами через браузер або API.

Концепція використання Інтернету для підвищення можливостей розподіленого доступу до ГІС відома як Інтернет-ГІС, й вона зміцнила роль ГІС у різноманітних сферах, включаючи міське планування, керування природними ресурсами, екологію, логістику та багато інших.

Очікується, що програмний компонент традиційної геоінформаційної системи (ГІС) надаватиме широкий спектр функцій для ефективної обробки просторових даних. До основних функцій цих систем зазвичай належать:

- Управління даними, яке включає створення нових географічних наборів даних, редагування існуючих геоданих, а також організацію їх ефективного зберігання на дисках або в базах даних. Крім того, ця функція охоплює перетворення даних, як-от зміну систем координат для коректної взаємодії між різними джерелами та форматами даних, а також перетворення між растровими та векторними форматами, що дозволяє інтегрувати різні види даних для подальшої аналітичної роботи.

- Просторовий аналіз, включає широкий набір інструментів для обробки та аналізу даних. Вони можуть варіюватися від простих запитів, таких як пошук всіх об'єктів, що знаходяться визначеної відстані від вказаної точки, до складних алгоритмів, наприклад, моделювання розповсюдження забруднення, аналізу мережі (наприклад, знаходження найкоротшого шляху між двома пунктами), та векторного накладання, яке дозволяє визначити просторові відношення і перетини між різними геометричними об'єктами.

- Вихідні можливості, що включають картографічне оформлення та візуалізацію географічних даних. Це включає створення карт різної складності, від простих схематичних відображень до детальних топографічних карт із різними атрибутивними даними, стилізації для різних потреб користувачів. Також сюди належить експорт карт або геоданих в різноманітні формати для публікації або подальшого використання в інших додатках.

Розглянемо декілька популярних програм та сервісів, що використовують геоінформаційні технології.

GRASS GIS (рис. 1.10), що розшифровується як Geographic Resources Analysis Support System, є потужною системою для управління геопросторовими даними, роботи з векторними, растровими та 3D просторовими інформаційними моделями. Це безкоштовне та відкрите програмне забезпечення було спочатку розроблено в 1980-х роках Інженерним корпусом армії США (US Army Corps of Engineers) як інструмент для керування земельними і водними ресурсами. З часом GRASS GIS еволюціонував і став широко прийнятим в академічних кругах і серед професіоналів ГІС, завдяки своїй гнучкості та величезним аналітичним можливостям.

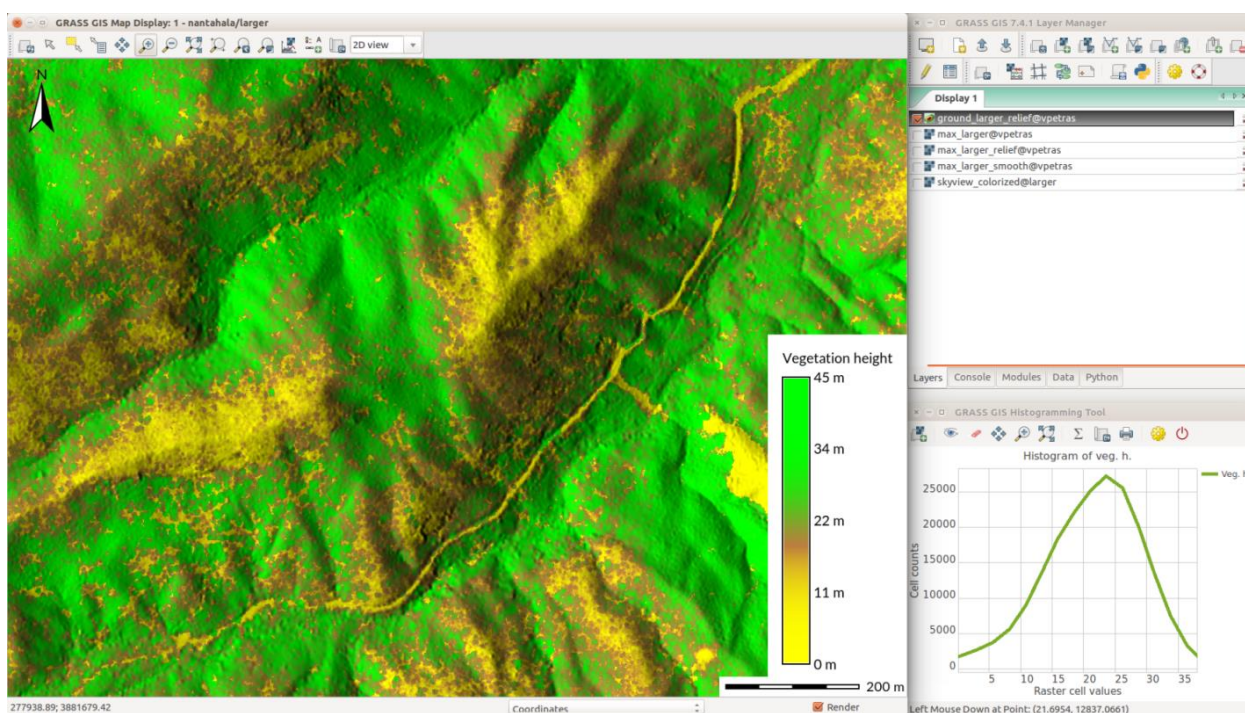


Рисунок 1.10 – GRASS GIS

Програма підтримує широкий спектр геопросторових форматів та має великий набір інструментів для аналізу даних, включаючи просторове моделювання, обробка зображень, цифрове картографування, і багато інших. Також вона дозволяє користувачу працювати зі спутниковими та аерофотознімками, виконувати комплексний аналіз місцевості та моделювання ерозії, розповсюдження пожеж та інших екологічних процесів.

Ще однією ключовою особливістю GRASS GIS є його здатність до розширення та налаштування, завдяки відкритому вихідному коду та багатомовній підтримці, включаючи Python API, який дозволяє користувачам автоматизувати завдання та розробляти власні модулі.

Зрештою, GRASS GIS є важливим інструментом для географів, урбаністів, екологів, археологів та багатьох інших фахівців, які працюють з геопросторовими даними, прагнучи до глибокого розуміння територій та ефективного планування використання природних ресурсів.

gvSIG (рис. 1.11) – це потужний геоінформаційний системний інструмент (ГІС), який призначений для збирання, зберігання, обробки та візуалізації різних видів геопросторових даних. Додаток розроблено із відкритим вихідним кодом, що забезпечує його безкоштовне використання та модифікацію спільнотою користувачів.

Однією з видатних особливостей gvSIG є можливість розширення його функціональності за допомогою плагінів. Плагін 3D-візуалізації дає можливість перегляду та аналізу геопросторових даних у тривимірному просторі. Це дозволяє користувачам краще розуміти топографію, аналізувати рельєфи та візуалізувати будівлі, інфраструктуру, ландшафти тощо в тривимірному вигляді.

Функції 3D-візуалізації включають створення тривимірних моделей на основі різних геоданих, таких як цифрові моделі рельєфу (ЦМР), аерофотознімки або супутникові зображення. Користувачі можуть налаштовувати висоту та текстуру об'єктів, щоб додати реалізму в тривимірні

сцени, а також маніпулювати камерою для досягнення оптимального перегляду сцени.

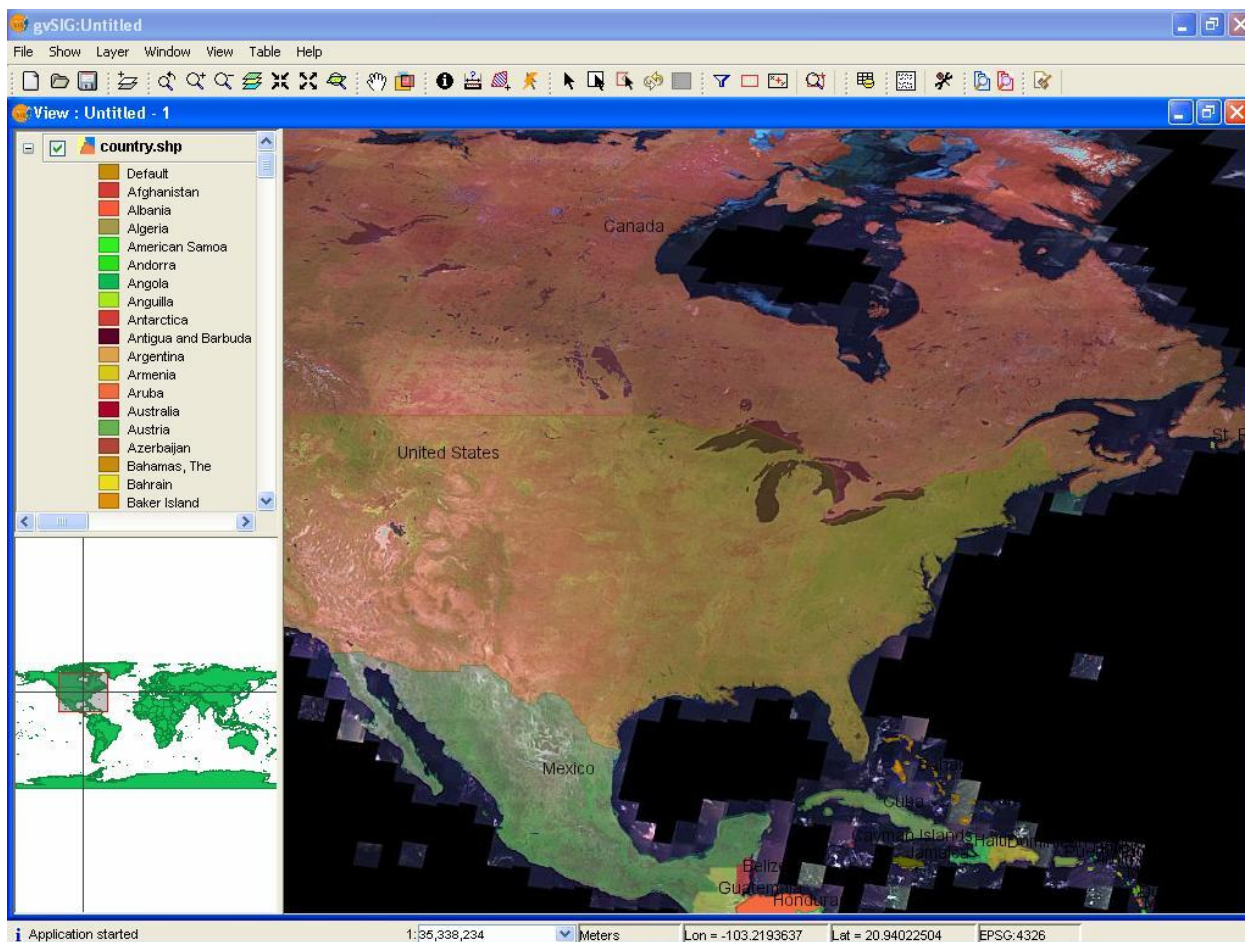


Рисунок 1. 11 – gvSIG

Користувальницький інтерфейс gvSIG забезпечує простоту у використанні просторових аналітичних інструментів, а також візуалізації, так що навіть люди без глибоких знань у ГІС можуть ефективно працювати з додатком. Ця гнучкість забезпечує широке коло застосувань від базового картографування до складних геопросторових аналізів для наукових досліджень, урбаністичного планування, екології та багатьох інших областей.

ILWIS (Integrated Land and Water Information System) є всеосяжною системою геоінформаційного аналізу та управління даними, яка поєднує растрові картографічні зображення, векторну інформацію та тематичні дані в єдине програмне середовище (рис. 1.12). Система представляє собою потужний інструмент для створення і обробки цифрових карт, оцінки стану

земель та водних ресурсів. Вона забезпечує аналізи просторових даних, виконує геостатистичну обробку, моделювання й управління даними, а також має інструменти для візуалізації просторової інформації.

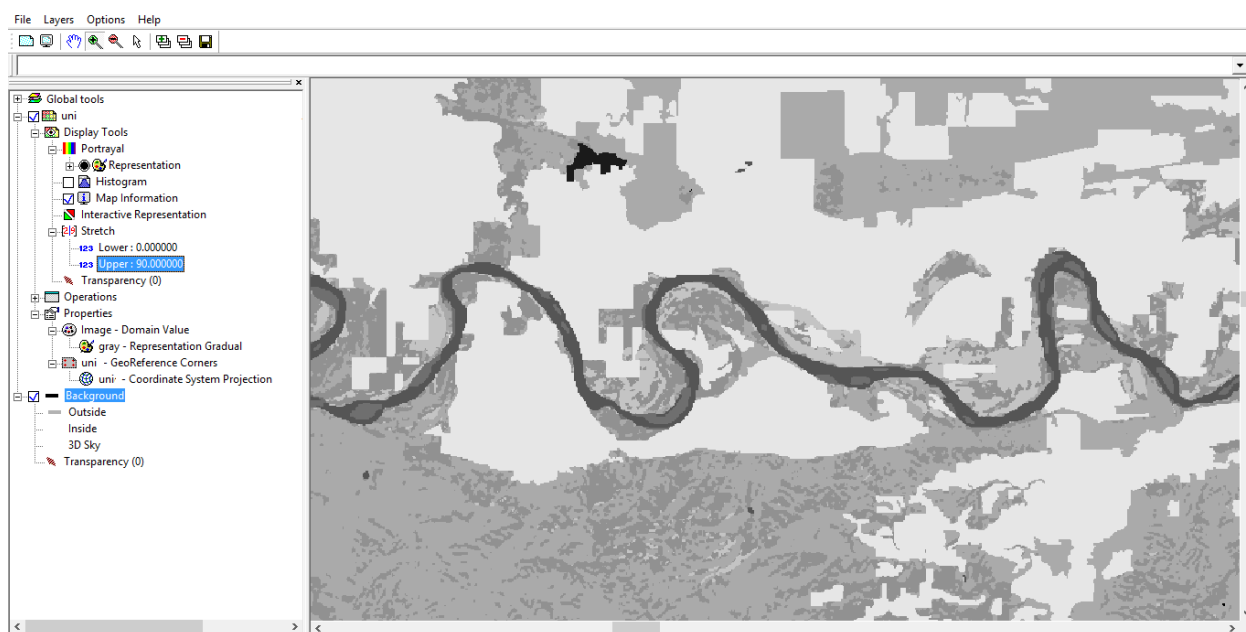


Рисунок 1.12 – ILWIS

Завдяки своїм можливостям, ILWIS використовується у різноманітних сферах, включаючи агрономію, лісівництво, екологію, геологію, ресурсознавство та управління навколишнім середовищем. Програма також є важливим інструментом у плануванні землекористування, керуванні природними ресурсами та аналізі зміни клімату. ILWIS постійно розвивається і підтримується академічними інституціями та професійними користувачами з усього світу, що робить цей інструмент цінним для наукових досліджень та практичного застосування.

JUMP GIS (Java Unified Mapping Platform) – це система географічної інформації (ГІС), створена як програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом (рис. 1.13). Вона служить інструментом для роботи з картою та просторовими даними, дозволяючи користувачам переглядати, редагувати та аналізувати геопросторову інформацію.

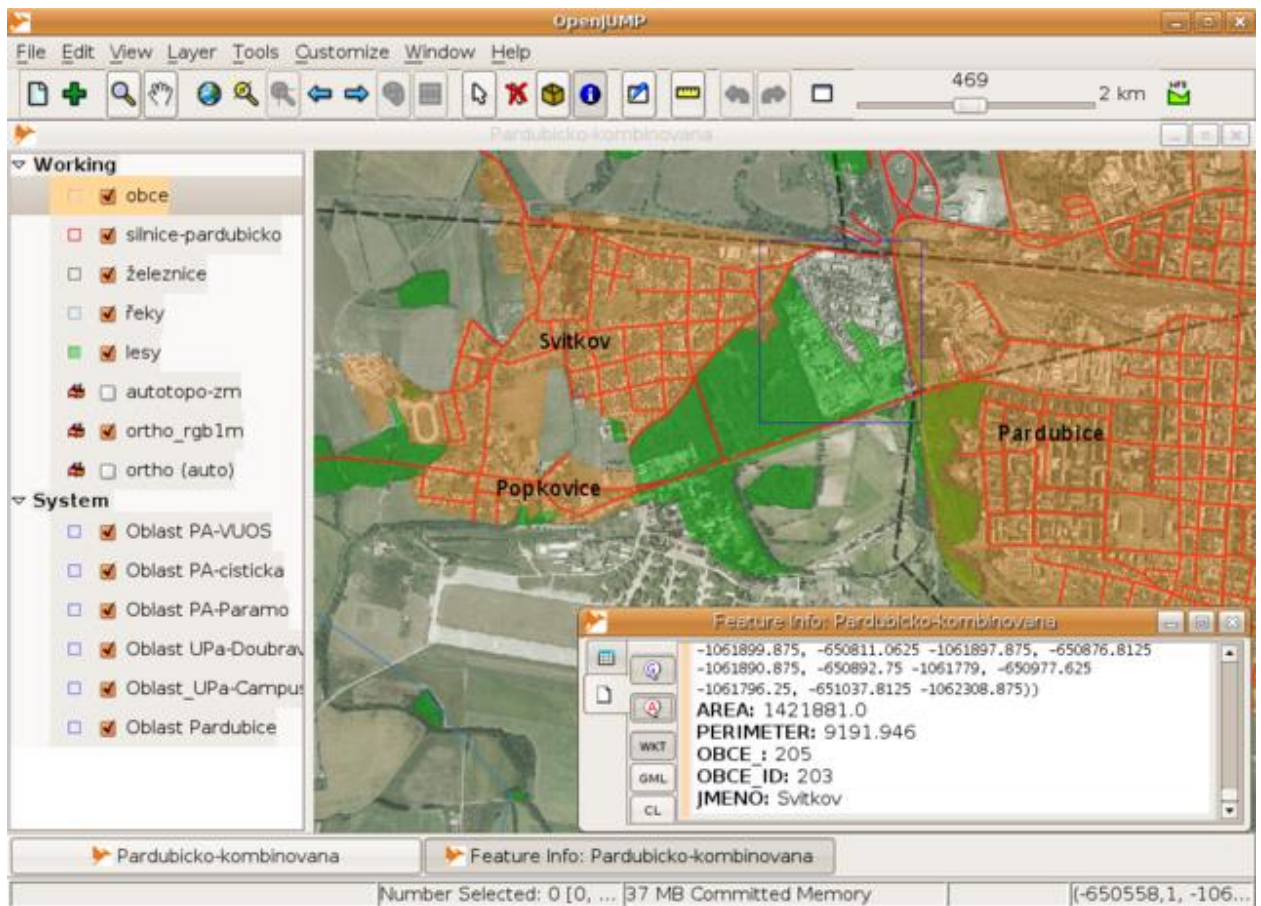


Рисунок 1.13 – JUMP GIS

OpenJUMP - це одна з найбільш відомих і активно розвиваючихся реалізацій платформи JUMP. Вона є популярним вибором серед фахівців ГІС завдяки своїй гнучкості, функціональності і спільноті користувачів, яка підтримує та розвиває її.

SkyJUMP, deeJUMP, і Kosmo - це варіанти, або форки, оригінального проекту JUMP, які були створені із різними зосередженнями та додатковими можливостями. Кожен із цих проектів пропонує унікальні характеристики, але їх основа аналогічна і базується на кодовій базі JUMP.

Ці форки розвивалися незалежно, пропонуючи користувачам різноманітний вибір інструментів та функцій, проте всі вони підтримують основну філософію відкритого програмного забезпечення, яка лежить в основі початкового JUMP GIS. Розвиток цих проектів сприяє поліпшенню доступності і можливостей ГІС-аналізу для широкого спектра користувачів, включаючи як наукових дослідників, так і міські планувальники.

MapWindow GIS є відкритим програмним забезпеченням (open-source software), що надає широкі можливості для роботи з геопросторовими даними (рис. 1.15). Це настільна географічна інформаційна система (ГІС), яка працює під операційною системою Windows та спрямована на аналіз, візуалізацію та управління просторовими даними.

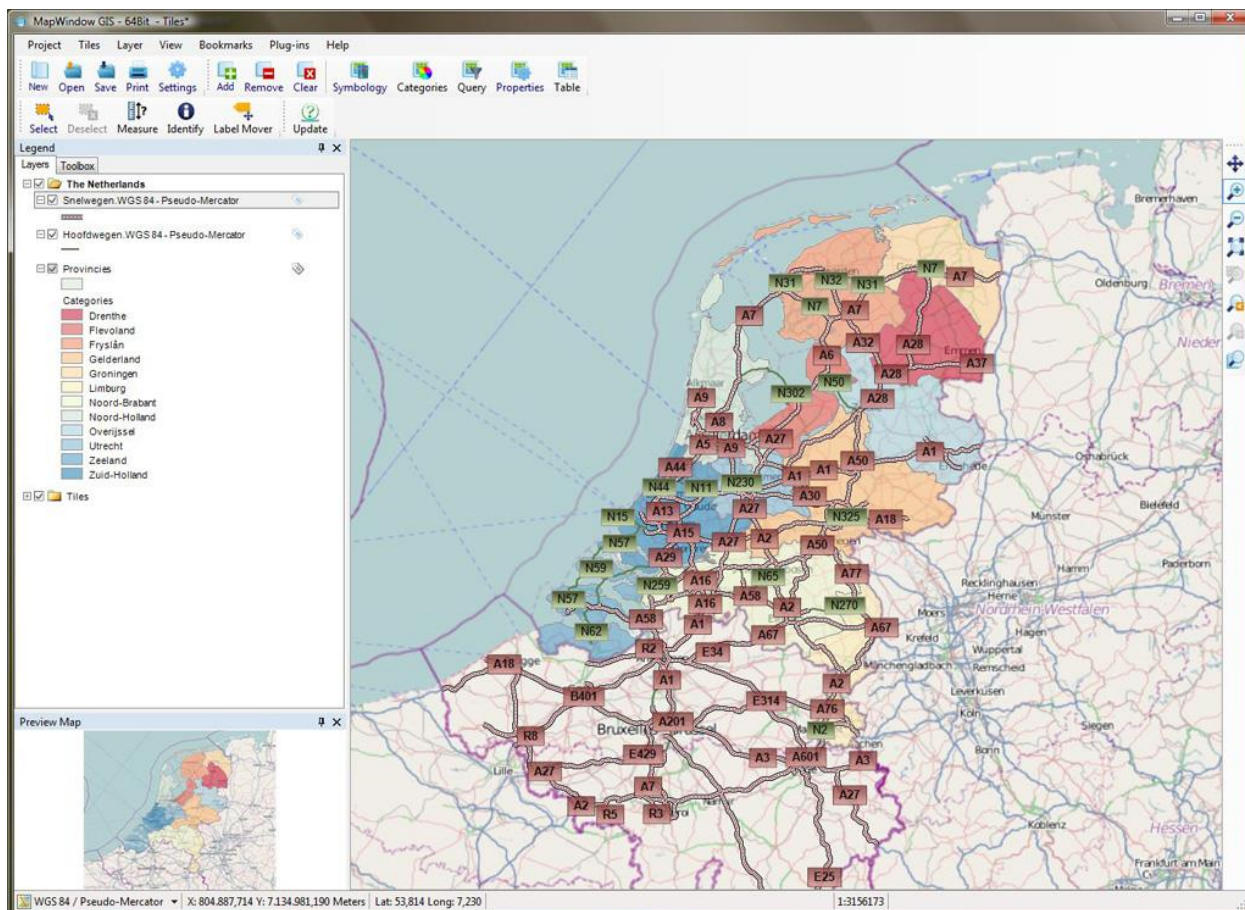


Рисунок 1.15 – MapWindow GIS

MapWindow GIS безкоштовна для завантаження та використання, а її можливості можна розширювати за допомогою прикладних плагінів. Це робить її придатною для широкого спектра завдань ГІС, від основних завдань перегляду та редагування карти до складного просторового моделювання та аналізу.

Крім інтерактивного користувацького інтерфейсу, MapWindow GIS включає бібліотеку розробника програмного забезпечення (Application Programming Interface, API), що дозволяє програмістам створювати власні

програми або плагіни на основі MapWindow. Такі плагіни можуть бути написані на різних мовах програмування, які підтримуються платформою .NET, що робить MapWindow GIS гнучким інструментом для розробників.

Бібліотека програміста дозволяє маніпулювати картами, шарами, легендами та іншими елементами ГІС, а також розвивати інструменти для роботи з даними, їх аналізу та обробки. Завдяки цьому розробники можуть створювати спеціалізовані ГІС-рішення, які відповідають унікальним потребам їхніх користувачів.

Оскільки MapWindow GIS є проектом з відкритим вихідним кодом, він постійно розвивається спільнотою розробників і користувачів, які можуть доповнювати та вдосконалювати функціонал системи. Це стимулює інновації та забезпечує довгострокову підтримку та оновлення.

На сьогоднішній день MapWindow GIS є потужним інструментом, який може конкурувати з комерційними аналогами, пропонуючи при цьому переваги відкритого вихідного коду, такі як гнучкість, допуск до спільноти та відсутність ліцензійних зборів.

QGIS (рис. 1.16), раніше відома під назвою Quantum GIS, є відкритою, безкоштовною, та багатоплатформовою географічною інформаційною системою (ГІС), яка дозволяє користувачам переглядати, редагувати та аналізувати геодані та створювати просторові карти. Програма підтримує велику кількість векторних, растрових та баз даних, а також має інструменти для векторного та растрового аналізу.

QGIS відрізняється своєю гнучкістю та великим набором функцій, завдяки чому є зручною для географів, картографів, екологів, урбаністів і інших спеціалістів, що працюють із просторовими даними. Ця система підтримує розширення можливостей через плагіни, які розробляються спільнотою користувачів та можуть додавати нові інструменти для аналізу даних, управління проектами ГІС, інтеграції із іншими програмними продуктами, і навіть трансформації QGIS в повнофункціональну платформу для розробників.

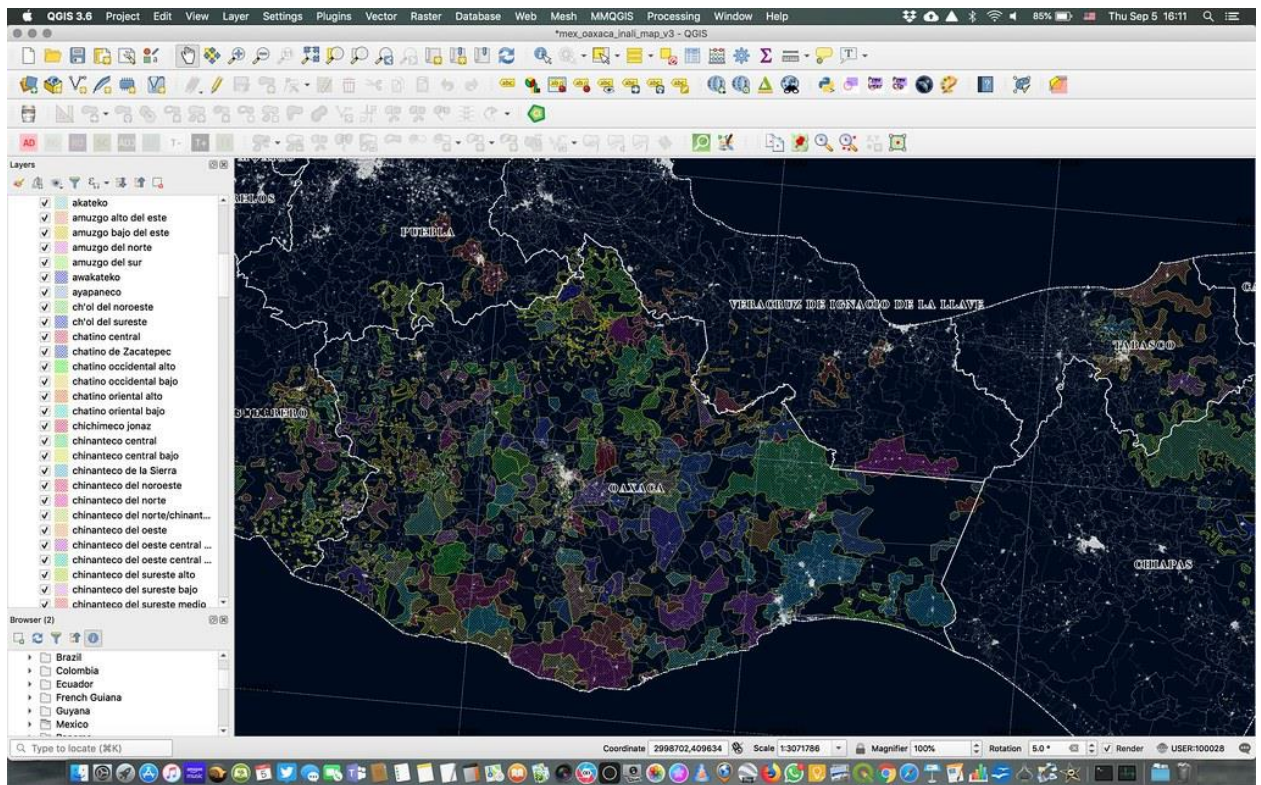


Рисунок 1.16 – QGIS

Завдяки використанню модульної структури, користувачі можуть адаптувати програму до своїх власних потреб, використовуючи лише ті компоненти, які їм потрібні для роботи. QGIS сумісний з Windows, macOS, Linux, а також із багатьма іншими операційними системами, що робить його доступним для широкого кола користувачів. Програма володіє інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом та надає розширену документацію та ресурси для навчання, які допомагають новим користувачам швидко освоїти основи ГІС.

SAGA GIS (рис. 1.17), або Система автоматизованого геонаукового аналізу, – це вільно розповсюджене програмне забезпечення, призначене для комплексного аналізу геоданих. Воно є важливим інструментом в руках дослідників, географів, а також фахівців у галузі навколишнього середовища, які займаються аналізом ландшафту, екології і землевпорядкуванням.

SAGA GIS особливо популярний у спільноті користувачів за його потужну робочу обстановку, яка дозволяє з легкістю проводити просторовий

аналіз, обробку зображень і навіть створення тематичних карт. Цей інструмент підтримує багато форматів векторних і растрових даних і дозволяє реалізувати різноманітні моделі для моделювання навколишнього середовища, від зміни клімату до гідрологічних процесів.

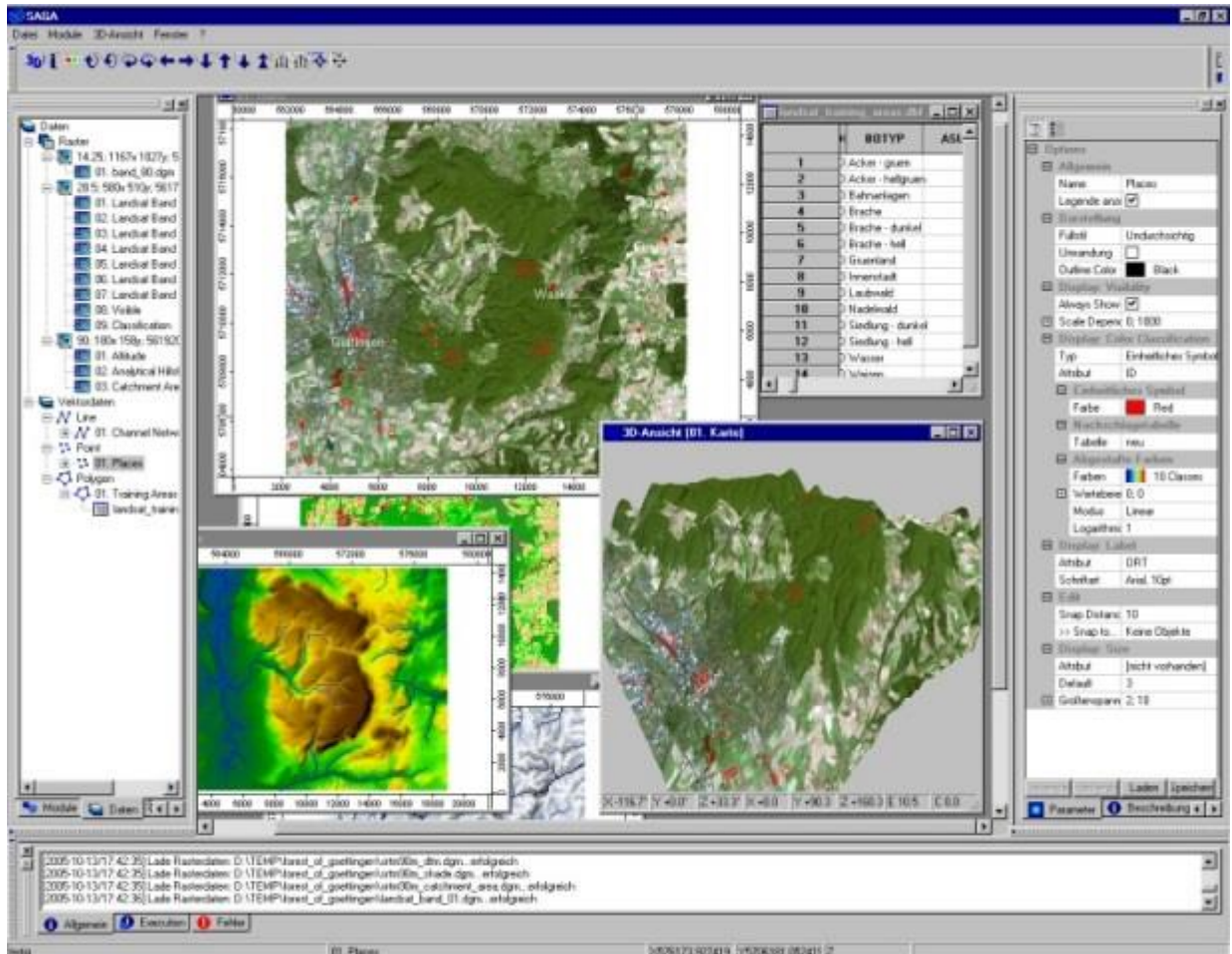


Рисунок 1.17 – SAGA GIS

Функціональні можливості SAGA GIS включають побудову цифрових моделей рельєфу (ЦМР), що дозволяє аналізувати фізичний ландшафт, визначати водозборні басейни, моделювати ерозію ґрунту, та використовувати різноманітні алгоритми для аналізу геоморфології. Крім того, програма володіє можливостями 3D-картографування, що дозволяє створювати візуалізації навколишнього середовища в тривимірному вигляді.

SAGA GIS пропонує інтуїтивний графічний інтерфейс користувача та механізм модулів, який дозволяє додавати нові функції та вдосконалювати існуючі за допомогою плагінів. Це програмне забезпечення є відкритим, що

дає можливість розширення його можливостей для вирішення специфічних задач користувачів та адаптації до їх потреб.

SAGA GIS – це потужний варіант для тих, хто шукає гнучке, інтегроване рішення для аналізу та моделювання геопросторових даних, з можливістю кастомізації та розширення функціоналу, що, у свою чергу, забезпечує високу продуктивність в різних геонаукових дисциплінах.

uDig (User-friendly Desktop Internet GIS) – це відкритий, вільний та інтерактивний ГІС (геоінформаційна система), що дозволяє користувачам працювати з просторовими даними на настільних комп'ютерах та в Інтернеті (рис. 1.18). Проект був розроблений у співпраці з різними організаціями та компаніями з метою створення зручностей для кінцевих користувачів при роботі з геоданими.

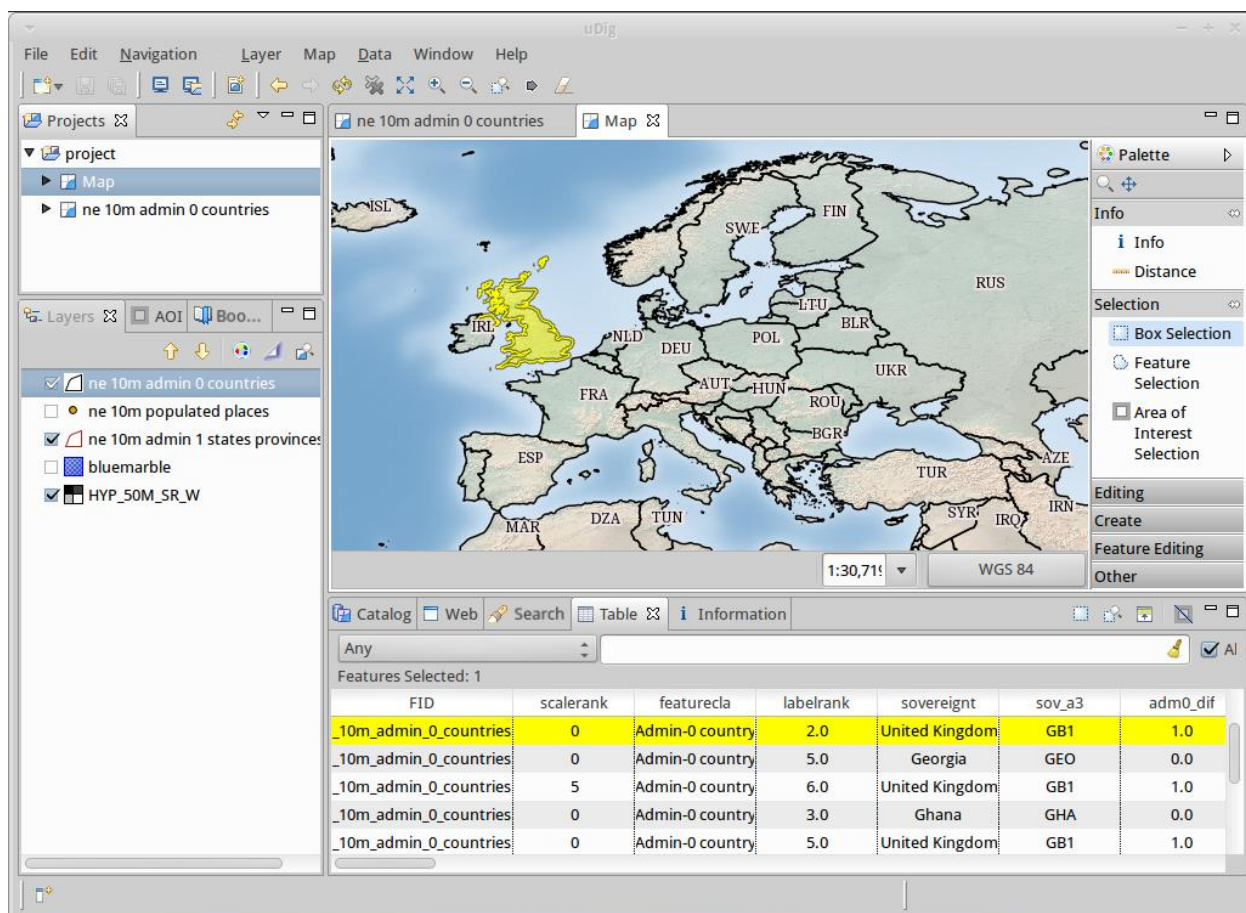


Рисунок 1.18 – uDig

Важливою особливістю uDig є його здатність до розширення завдяки відкритому API (Application Programming Interface), який дозволяє

розробникам легко додавати нові функції або інтегрувати uDig з іншими системами. API заснований на стандартах, що спрощує взаємодію та обмін даними.

Система написана на мові програмування Java, що робить її кросплатформною та запускаємою на більшості операційних систем, включаючи Windows, Linux та macOS. Вихідний код uDig доступний для завантаження і розповсюджується під ліцензією GNU Lesser General Public License (LGPL), що дозволяє користувачам модифікувати та розповсюджувати програмне забезпечення з дотриманням вимог цієї ліцензії.

Використання Java також забезпечує високий ступінь інтероперабельності та можливість використання різноманітних бібліотек та інструментів, що вже існують для екосистеми Java. Це включає підтримку різних форматів даних, просторових баз даних та сервісів, як-от WMS (Web Map Service) та WFS (Web Feature Service).

Доступність вихідного коду та API сприяє колаборативній розробці та адаптації проекту під специфічні потреби користувачів, що робить uDig гнучкою та потужною платформою для роботи з геопросторовими даними.

Generic Mapping Tools (GMT) представляє собою потужний і гнучкий пакет програмного забезпечення на основі командного рядка, призначений для обробки та відображення різноманітних географічних і картезіанських (декартових) даних (рис. 1.19). GMT широко використовується у сферах картографії, геофізики, океанографії та інших геонаукових дисциплінах для створення якісних карти. Його функціонал дозволяє користувачам обробляти цифрові дані, такі як сітки висот, гравітаційні і магнітні поля, в аналізувати різного роду просторові дані за допомогою складних геоматематичних операцій.

Основний вихідний формат GMT – це PostScript, який дозволяє генерувати високоякісні векторні ілюстрації. Ці ілюстрації можуть бути далі конвертовані до растрових зображень або форматів PDF для використання в публікаціях, на сайтах або в презентаціях. GMT підтримує різноманіття

проекцій карт і може маніпулювати даними у багатьох форматах, включно із створенням композитних зображень, додаванням анотацій, масштабних лінійок, легенд та інших картографічних елементів.



Рисунок 1.19 – Приклад Generic Mapping Tools

Використання GMT має стрімкий нахил навчання, оскільки для досягнення найкращих результатів потребує ретельного розуміння не тільки самої системи, але й фундаментальних геодезичних концепцій. Проте, завдяки своїм можливостям автоматизації та скриптової обробки даних, GMT є дуже потужним інструментом для дослідників, які працюють з геопросторовими даними. Спільнота користувачів і розробників також регулярно видавляє поновлення та розширень для покращення функціоналу й корисності пакету.

FalconView (рис. 1.20) є системою географічного відображення, яку первинно розробив Інститут технічних досліджень Джорджії (Georgia Tech Research Institute) для операційних систем Windows. Ця система використовується для підтримки та управління авіаційними та наземними місіями, і здатна відображати різноманітні типи карт, включаючи аеронавігаційні карти, супутникові знімки та інші геопросторові дані.

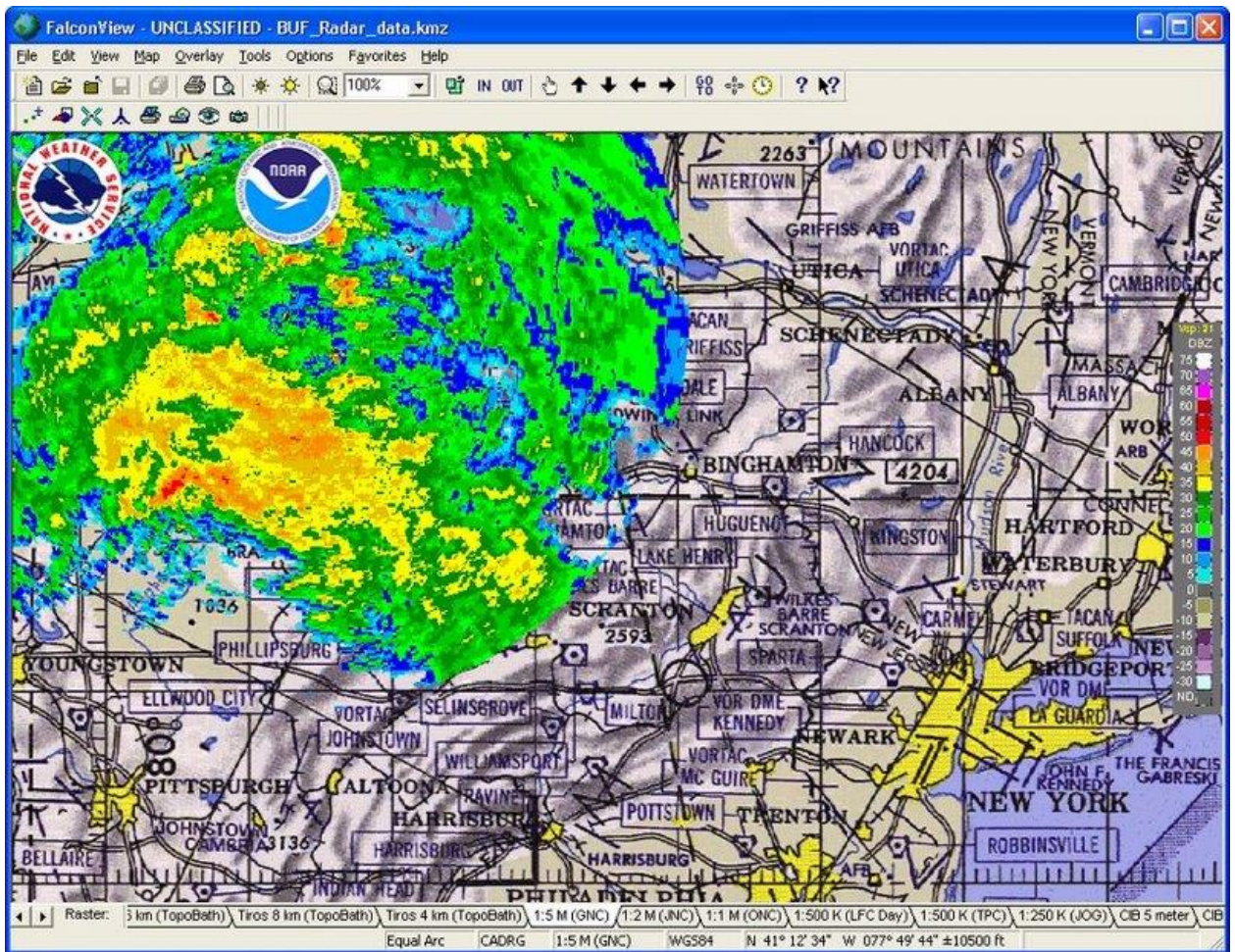


Рисунок 1.20 – FalconView

Система FalconView була первісно створена для потреб Військово-повітряних сил США (USAF), але з часом її використання розширилося на інші гілки військових та цивільних установ. Унікальною особливістю FalconView є її здатність забезпечувати взаємодію з багатофункціональними картами, які можуть використовуватися для різних цілей, від планування місій до пошуку та рятування.

Згодом FalconView було перетворено на програму з відкритим кодом, що дозволяє спільноті розробників та кінцевих користувачів адаптувати програмне забезпечення до своїх специфічних потреб, а також розвивати нові функції та поліпшення. Вільне поширення версії з відкритим кодом допомагає сприяти широкому використанню FalconView не тільки у військових установах, а й у цивільних організаціях, таких як аварійні служби, муніципалітети та університети.

Kalypso – це засіб програмного забезпечення, який розроблений на мові програмування Java та використовує GML3 (Geography Markup Language, версія 3) для опису геопросторових даних (рис. 1.21). Він присвячений головним чином чисельному моделюванню, що є критично важливим у галузі управління водними ресурсами. Kalypso спеціалізується на моделюванні гідрологічних та гідравлічних процесів, допомагаючи користувачам проводити аналіз паводків, оцінювати ризики, виконувати планування водогосподарських заходів а також оптимізації водозаборів та водовідведення. Враховуючи його фокус на водні ресурси, програма широко використовується інженерами-гідротехніками, урядовими агентствами та науковими організаціями з метою покращення водогосподарських рішень.

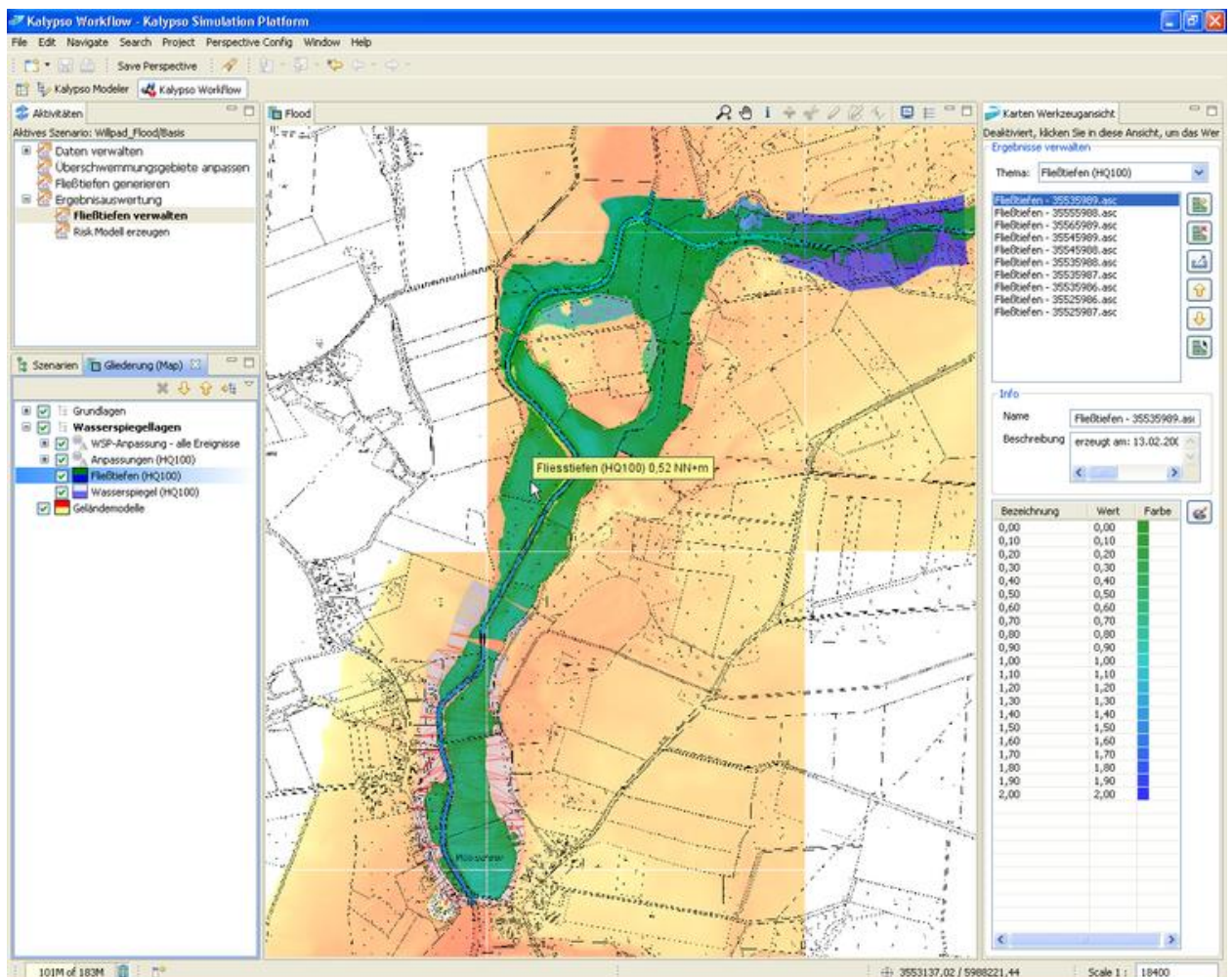


Рисунок 1.21 – Kalypso

TerraView — це геоінформаційна система (ГІС), яка надає інтерфейс користувача для роботи з векторними та растровими даними, які зберігаються у реляційних або геопросторових базах даних (рис. 1.22). Вона побудована на основі бібліотеки TerraLib, що забезпечує функції підтримки GIS для керування просторовими даними.

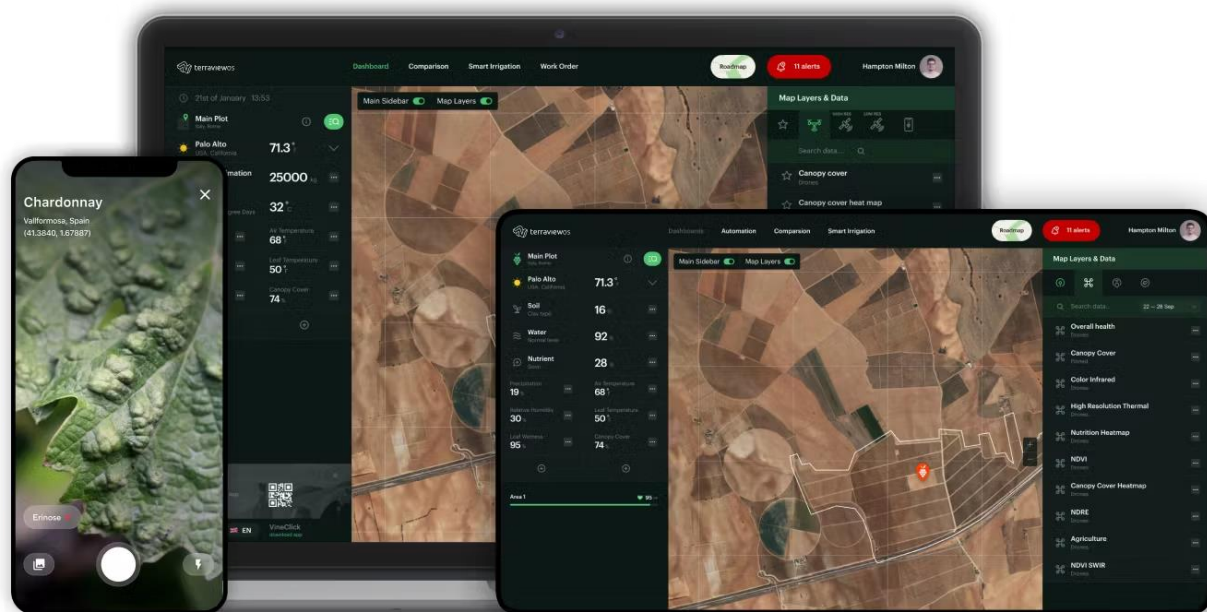


Рисунок 1.22 – TerraView

Завдяки універсальності TerraLib, TerraView дозволяє здійснювати широкий спектр операцій над даними, включаючи візуалізацію, редагування, аналіз та обробку векторних та растрових геопросторових даних. Підтримка різноманітних форматів даних і мережевих протоколів сприяє легкій інтеграції з іншими системами та інструментами.

Одна з ключових можливостей TerraView полягає в здатності обробляти дані, що містяться в реляційній базі даних, такі як PostgreSQL із розширенням PostGIS, що робить можливою роботу з географічно прив'язаними даними у стандартній базі даних SQL. TerraView також забезпечує засоби для просторового моделювання, геопросторової статистики та створення просторових запитів, що піднімає аналітичний потенціал ГІС на новий рівень.

Система призначена для різних користувачів, які працюють з геоданими, від науковців і інженерів, до урядових структур та приватних компаній у сфері управління земельними ресурсами, містобудування, екології, логістики та багатьох інших.

Whitebox GAT (Geospatial Analysis Toolbox) є кросплатформним, безкоштовним програмним забезпеченням з відкритим вихідним кодом для геопросторового аналізу (рис. 1.23). Цей інструмент дозволяє користувачам виконувати різноманітні геопросторові аналізи, включаючи обробку растрових і векторних даних, а також маніпуляції з Цифровими Моделями Рельєфу (ЦМР). Whitebox GAT підтримує різні операційні системи, такі як Windows, macOS і Linux, завдяки своїй Java-базованій архітектурі, яка сприяє його портативності та широкому використанню в академічному середовищі та професійному геопросторовому співтоваристві.

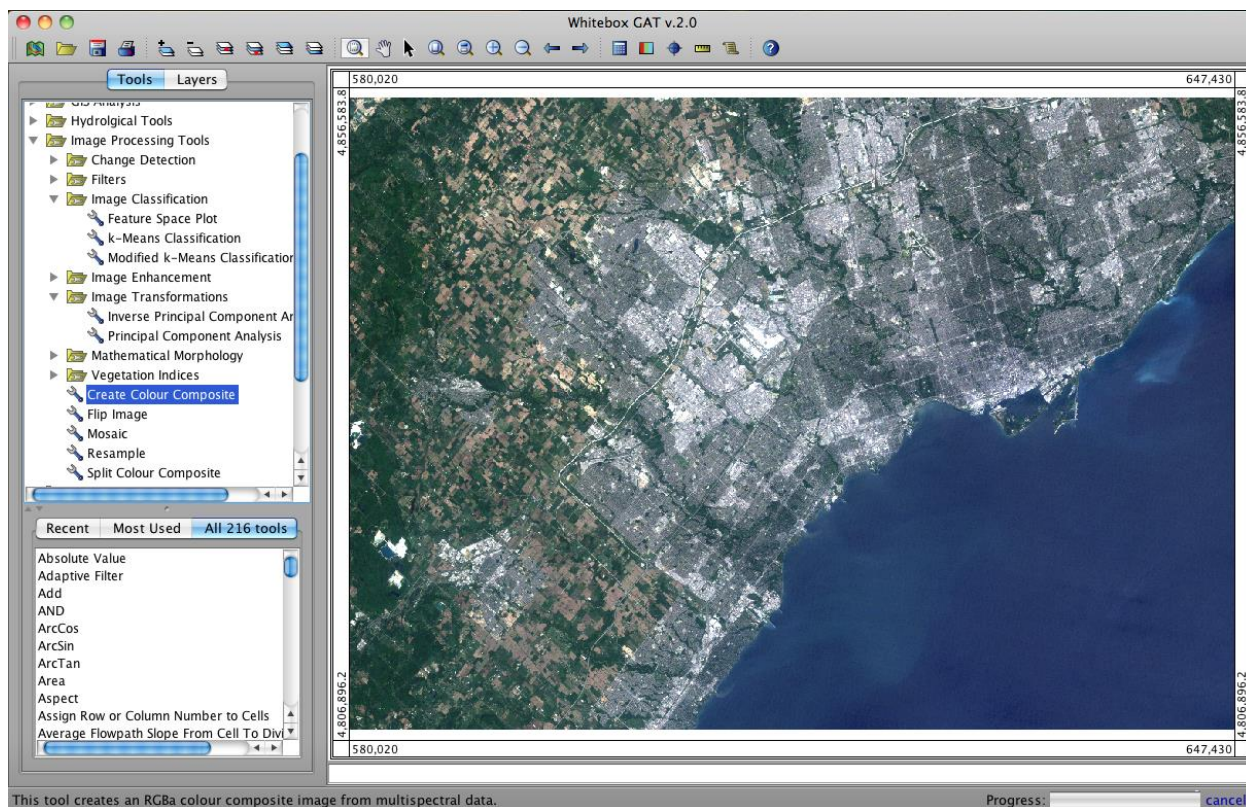


Рисунок 1.23 – Whitebox GAT

Програмне забезпечення має інтуїтивно зрозумілий графічний користувачський інтерфейс (GUI), а також може бути автоматизовано за

допомогою скриптів на мові програмування Groovy. Його функціональність охоплює широкий спектр інструментів для аналізу, включаючи гідрологічний моделювання, статистичний аналіз, виправлення геометричних спотворень зображень (геореференцування) та виявлення змін. Whitebox GAT також відомий своєю здатністю візуалізувати геопросторові дані, надаючи користувачам можливість створювати картографічні зображення та інші візуалізації високої якості.

Його активна спільнота користувачів та розробників сприяє постійному удосконаленню та розширенню інструментарію, що робить Whitebox GAT популярним вибором серед вчених, інженерів-геодезистів та спеціалістів у сфері ГІС.

1.3 Ретроспективні мапи

Ретроспективна або історична географічна інформаційна система (HGIS) представляє собою тип геоінформаційної системи (ГІС), який спеціалізується на зборі, зберіганні, відображенні та аналізі даних, пов'язаних із географічними регіонами минулого. Ці системи використовуються для відстеження та візуалізації історичних змін у ландшафтах, населенні, кордонах, освоєнні земель та інших аспектах, що мають просторовий вимір.

HGIS дозволяє історикам, археологам, географам і іншим дослідникам краще розуміти соціально-економічні та екологічні процеси, які відбувалися в минулому. Система може включати карти, історичні записи, фотографії і будь-які інші дані, які можуть бути прив'язані до конкретної географічної локації і часового періоду.

Для аналізу історичних подій з просторовою компонентою HGIS забезпечує інструменти, які дозволяють користувачам оцінювати відомості на базі карти, проводити порівняльні аналізи різних часових періодів, створювати власні карти на основі історичних даних або навіть моделювати зміни в часі за допомогою анімацій та інших візуальних засобів.

Історичні географічні інформаційні системи (ГІС) використовуються для візуалізації, аналізу та інтерпретації історичних подій та процесів. Вони інтегрують історичні дані в сучасне геопросторове середовище. Ця інтеграція виконується за допомогою технології оцифрування історичних карт, що передбачає перетворення паперових карт у цифровий формат, та їхню наступну геореференцію – процес прив'язки даних карт до точних географічних координат на землі для їх подальшого аналізу.

Старі карти є надзвичайно цінними, оскільки вони можуть відобразити втрачені або змінені ландшафти, відомості про історичне землекористування або великі інфраструктурні зміни. Шляхом надання цим картам точних координат можна чітко розмістити історичний контент у сучасних геопросторових даних. Це створює можливість шарування карт, надаючи можливість порівнювати історичні та сучасні географічні характеристики.

Для поліпшення відповідності історичних карт сучасним геопросторовим даним може використовуватися метод гумової плівки (rubber sheeting). Цей метод дозволяє виконати просторову деформацію старих карт, щоб забезпечити кращу узгодженість з сучасними картами, тобто залишки, дороги чи інші орієнтири можуть бути точніше розміщені на цифровій мапі.

Багато інституцій та приватних колекціонерів працюють над оцифруванням і геореференцією історичних карт. Наприклад, Колекція історичних карт Девіда Рамсі, яка є однією з найбільших приватних колекцій історичних карт, здійснила геопросторову обробку своєї колекції, перетворивши її у доступний ресурс для дослідників, істориків та географічних інформаційних систем у всьому світі. Ці карти тепер доступні в Інтернеті, де їх можуть використовувати і вивчати широкий спектр користувачів, включаючи освітні заклади, урядові агенції та ентузіастів історії. Геореференція історичних мікроданих, таких як перепис чи парафіяльні записи, дозволяє дослідникам проводити просторовий аналіз історичних даних. Порівняння між статистичними областями може вимагати

реконструкції колишніх політичних кордонів та інших типів кордонів і відстеження їх еволюції.

Наведемо декілька найбільш визначних історичних проєктів ГІС.

Історико-географічна інформаційна система Китаю (China Historical Geographical Information System, CHGIS) є масштабним науковим проєктом, розробленим спільно Гарвардським університетом, зокрема його Центром географічної аналізу (Center for Geographic Analysis, CGA), та Університетом Фудань, розташованим в Шанхаї (рис. 1.24). Цей проєкт забезпечує базу даних та набір інструментів для дослідження історичних змін в ландшафтах, адміністративних кордонах та населеннях Китаю впродовж різних періодів, починаючи з 221 року до нашої ери.

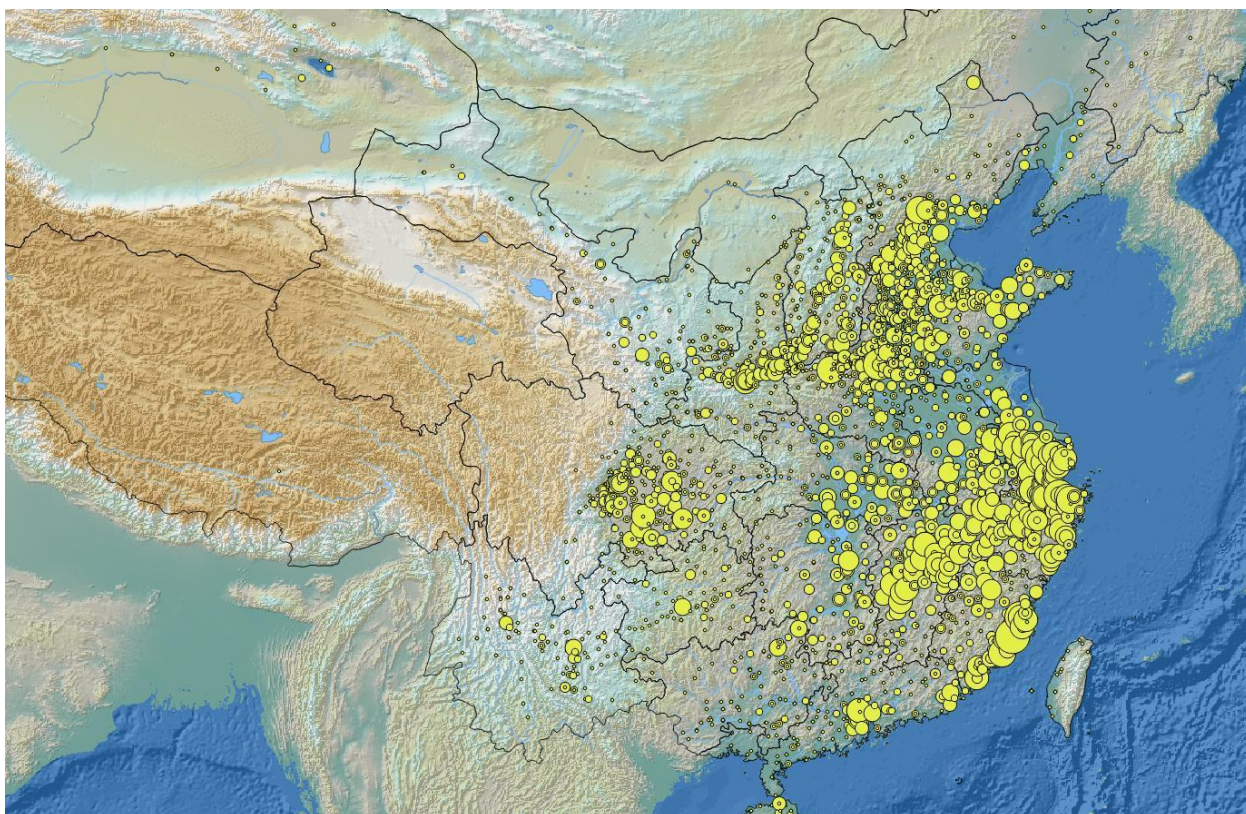


Рисунок 1.24 – Історико-географічна інформаційна система Китаю

Проєкт є важливим ресурсом для істориків, археологів, географів, та інших фахівців, які займаються вивченням довгої та багатоаспектної історії Китаю. Інформаційна система включає широкий спектр інформації, від точно реконструйованих історичних мап до детальних баз даних, які містять

інформацію про такі аспекти як зміна населених пунктів, переміщення кордонів адміністративних одиниць та історичне розташування різних культурних та економічних об'єктів.

В реалізації цього проекту беруть участь як міжнародні дослідники, так і спеціалісти з Китаю, об'єднуючи зусилля для створення засобу, що дозволяє візуалізувати та аналізувати історичні події і феномени в просторовому контексті, що робить історію доступнішою як для академічної спільноти, так і для широкого загалу інтересантів. ІСГК також являє собою цінний освітній ресурс, що може бути використаний в навчальних курсах з історії та культури Китаю.

Ініціатива електронного культурного атласу (Electronic Cultural Atlas Initiative, ECAI) була створена як центр для обміну даними та метаданими, зосереджених на використанні географічних інформаційних систем (ГІС) для історичних досліджень. Експерти з усього світу використовують ECAI як платформу для співпраці та обміну даними, сприяючи більш глибокому розумінню культурної спадщини. Підтримується Каліфорнійським університетом у Берклі, ініціатива спрямована на підвищення доступності та інтеграції історичних даних, використовуючи передові технології ГІС, щоб сприяти дослідженню і викладанню історії, археології, антропології та інших пов'язаних дисциплін.

Euratlas History Maps — це комплексний історичний атлас Європи, який охоплює період від 1 року нашої ери до сучасності. Кожне століття представлено окремою картою, дозволяючи користувачам візуалізувати політичні, соціальні та географічні зміни, що відбувалися на континенті протягом двох тисячоліть. На картах детально позначені суверенні держави та їх адміністративні поділи в зазначені історичні періоди, а також залежні території та інші політичні утворення. Цей атлас є цінним ресурсом для вивчення історії Європи, дозволяючи отримати загальне уявлення про розвиток і зміни кордонів, а також динаміку розпаду та об'єднання держав на протязі століть.

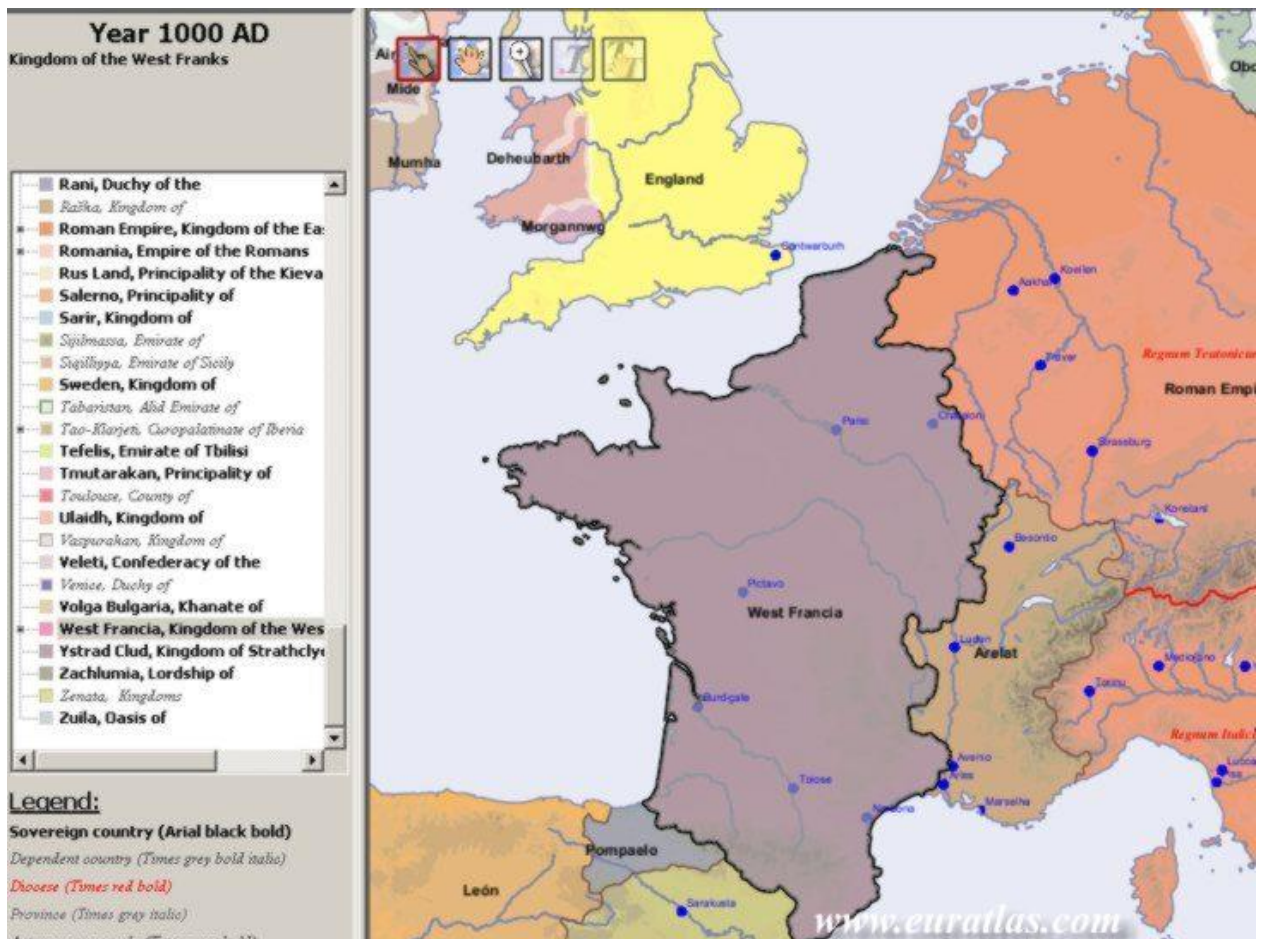


Рисунок 1.25 – Euratlas History Maps

Історична геоінформаційна система (ГІС) Великої Британії є комплексною базою даних, яка включає в себе широкий спектр географічної інформації, карти, статистичні дані, а також історичні записи та описи подорожей в межах Великої Британії. Даний ресурс призначений для дослідження соціальної, економічної та міської історії, а його часовий проміжок з 1801 по 2001 рік співпадає з періодами десятирічних переписів населення, що були проведені в країні.

Ця база даних дозволяє користувачам візуалізувати історичні дані на карті, аналізувати демографічні зміни, розвиток міст та вплив економічних процесів на населення. Зручний інтерфейс ГІС надає можливість її використання не тільки істориками та науковцями, але й студентами, школярами та всіма, хто цікавиться історією Великої Британії.

Історична ГІС Великої Британії є результатом співпраці вчених і технічних фахівців, створено та підтримується Портсмутським університетом. Університет забезпечує розробку, онлайн-доступність і оновлення ресурсу, що гарантує безперервне розширення бази даних новими зборами інформації та картацією. Це важливий інструмент для підтримки історичних досліджень та навчання, що відображає зміни, які відбувалися на території Великої Британії протягом останніх двох століть.

HistoAtlas (рис. 1.26) являє собою інноваційну веб-платформу, яка представляє собою відкриту історичну географічну інформаційну систему (Historical Geographic Information System, HGIS). Її мета - створення всебічного, доступного для всіх користувачів безкоштовного історичного атласу світу, який би забезпечив детальну візуалізацію географічних та історичних даних на протязі різних часових періодів.

Основною особливістю HistoAtlas є те, що він дозволяє користувачам переглядати історичні карти, які відображають політичні, культурні, та військові зміни у різних регіонах Землі протягом століть. Платформа використовує геопросторові дані для того, щоб відтворити кордони держав, розміщення відомих історичних подій, рух армій, експансію імперій, і навіть міграційні потоки різних народів.

Завдяки гнучкості HGIS, HistoAtlas також може бути використаний дослідниками, вчителями, студентами та широкою публікою для освітніх цілей, підтримуючи набуття глибших знань про історичні події та їх контекст. Користувачі мають можливість підійти до вивчення історії інтерактивним шляхом, що допомагає краще зрозуміти та запам'ятати інформацію.



Рисунок 1.26 – HistoAtlas

Інтерфейс HistoAtlas розроблений таким чином, що користувачі можуть легко навігувати по різних періодах історії за допомогою панелі часу, яка забезпечує швидкий перехід до обраної епохи. Зручність використання та інтуїтивно зрозумілий дизайн робить цю платформу ідеальним інструментом для отримання історичних відомостей в широкому діапазоні інтересів.

Крім цього, HistoAtlas може використовувати внески від спільноти, дозволяючи користувачам додавати власні дані або виправляти існуючі, після чого інформація проходить модерацію перед публікацією. Це сприяє постійному оновленню та поліпшенню контенту, так як збільшується кількість перевірених історичних фактів та подій, доступних всім користувачам.

Національна історико-географічна інформаційна система (NHGIS) є безкоштовною онлайн ресурсом, що надає легкий доступ до різноманітних статистичних та просторових даних про Сполучені Штати. Розроблюється та підтримується Інститутом соціальних досліджень та аналізу даних Університету Міннесоти, система служить важливим інструментом для дослідників, урядових працівників, політиків, вчителів, студентів та громадських активістів.

NHGIS забезпечує доступ до історичних даних переписів США від самого першого перепису в 1790 році і до найсучасніших, включаючи демографічну інформацію, економічні дані, результати аграрних та інших спеціальних переписів. Користувачі можуть завантажити дані в різних форматах, включаючи таблиці та просторові дані в форматах, сумісних із географічними інформаційними системами (ГІС).

Однією з унікальних можливостей NHGIS є здатність переглядати сам процес історичного розвитку та зміни географічних меж, таких як виборчі округи, шкільні райони та метрополітенські статистичні райони. Це дозволяє здійснювати порівняльний аналіз на рівні громад та регіонів через десятиліття, а також аналізувати демографічні та соціально-економічні зміни у спільнотах на протязі часу.

Використання NHGIS дуже цінне для розробки політик, плануванні на рівні району, міста та держави, а також для проведення наукових досліджень у сфері соціальних наук і гуманітарних наук, зокрема у галузях історії, географії та урбаністики.

OpenHistoricalMap (1.27) є глобальним проектом, який представляє собою історичний атлас світу, доступний кожному і заснований на відкритому коді. Цей проект використовує технологію та методологію, які були розроблені для OpenStreetMap - відомого онлайн сервісу для створення і редагування інтерактивних мап. OpenHistoricalMap забезпечує користувачам можливість побачити і досліджувати зміни, що відбулися у ландшафті, міській забудові, дорожній мережі та інших аспектах географії з часом.

Ініціатива дає можливість учасникам з усього світу внести свій вклад у створення історичних мап, аналогічно до підходу, що застосовується в OpenStreetMap, де кожен може додавати дані і вносити корективи до існуючих записів. Це включає додавання старовинних шляхових мереж, історичних споруд, сіл і міст, які існували у певний часовий період.

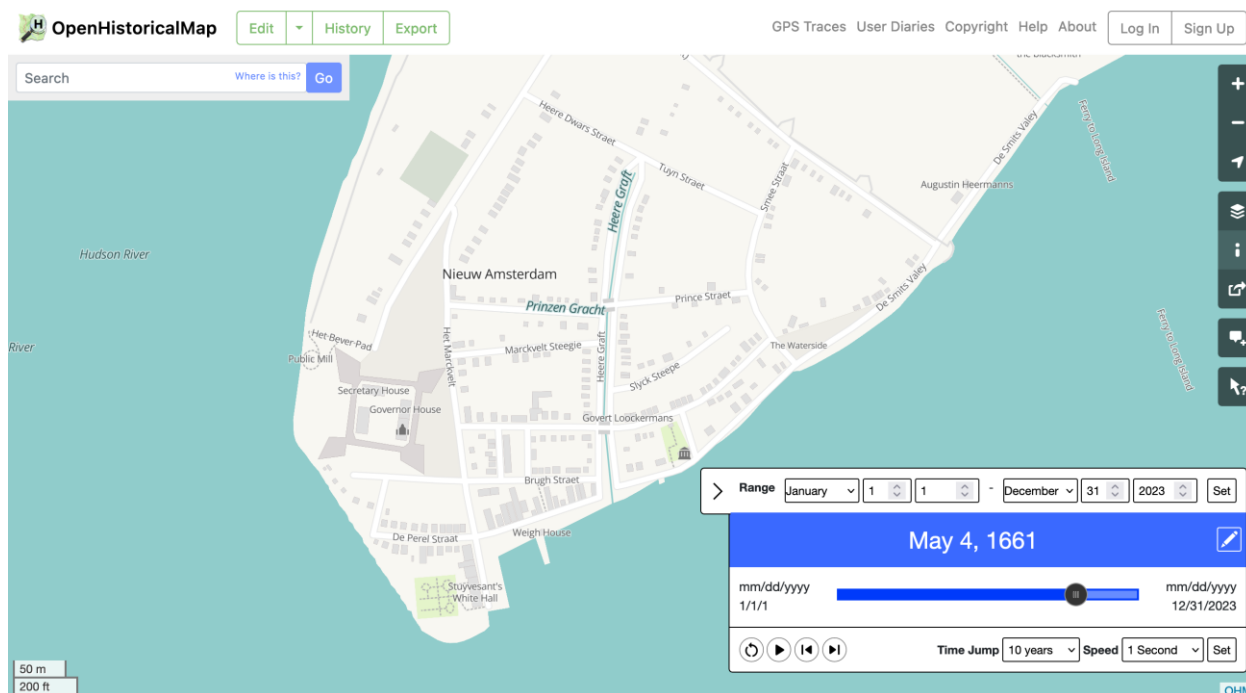


Рисунок 1.27 – OpenHistoricalMap

OpenHistoricalMap унікальний через свою відкритість і постійне оновлення спільнотою, яка складається з істориків, картографів, ентузіастів історії та географії, а також звичайних користувачів, які мають інтерес до вивчення минулого. Це не тільки інструмент для дослідження історичних подій і тенденцій, але й освітній ресурс, що сприяє кращому розумінню історичних контекстів і процесів, які формували сучасний світ.

Програмне забезпечення або веб-сервіси, розроблені для історичних геоінформаційних систем (ГІС), призначені для збору, зберігання, обробки, аналізу, управління та представлення всіх видів географічних даних та інформації, що стосуються минулих періодів. Це включає карти, історичні дані та інші види просторових даних, які є необхідними для вивчення та аналізу історичних подій, розвитку міст, змін у ландшафті та історичної демографії.

Google Earth, відома програма для візуалізації земної кулі в тривимірному вигляді, ввела функцію "Часова шкала" (Time Slider) у своєму четвертому виданні в 2006 році. Ця можливість дозволяє користувачам подорожувати у часі, переглядаючи історичні зображення та зміни, що відбувалися на поверхні Землі. Використовуючи цю функцію, можна

спостерігати розвиток міської інфраструктури, зміни ландшафтів та події що відбуваються з навколишнім середовищем на протязі різних років. Ця функція стала важливим інструментом не тільки для загальноосвітніх цілей, але й для наукових та дослідницьких проектів, надаючи вченим унікальні візуальні дані для вивчення різних феноменів.

TimeMap є аплетом Java або програмою, яка поширюється за принципом відкритого коду і призначена для візуалізації просторово-часових даних, а також наборів даних у форматі, розробленому Європейською асоціацією культурного розвитку інтерактивних атласів (ECAI - European Cultural Atlas Initiative). Розробка цього інструменту була здійснена відділом археології Університету Сіднея.



Рисунок 1.28 – TimeMap

TimeMap використовується для аналізу і управління даними, які включають темпоральний (часовий) і географічний компоненти, що робить його ідеальним інструментом для вчених, які займаються історичними, археологічними та географічними дослідженнями. Аплет TimeMap дозволяє

користувачам інтерактивно вивчати, аналізувати та візуалізувати просторові дані на карті у контексті часу, що робить це інструмент важливим для підтримки образотворчого і аналітичного розуміння історичних процесів та явищ.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ МАПИ КРИВОГО РОГУ

2.1 Визначення вимог до інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу

Вимоги до інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу ми можемо поділити на функціональні та нефункціональні вимоги.

Функціональні вимоги до інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу включають:

1. Представлення історичних етапів розвитку міста. Мапа повинна відображати ключові події, важливі пам'ятки, зміни у міському плануванні та розширенні Кривого Рогу в різні історичні періоди.

2. Інтерактивність елементів. Користувачі мають можливість клацнути на певні об'єкти або райони на мапі, щоб отримати докладну інформацію, фотографії, історичні довідки чи статистику.

3. Пошук за різними критеріями. Мапа має надавати зручний пошук з можливістю фільтрації об'єктів за часовими періодами, типами споруд, історичним значенням тощо.

4. Можливість оновлення даних. База даних мапи має бути запроектована таким чином, щоб її було легко оновлювати за необхідності додавання нової інформації.

5. Інтеграція з соціальними мережами та сайтами. Має бути можливість ділитися знайденою інформацією в соціальних мережах, а також здійснення переходів з інших ресурсів.

6. Можливість одночасно переглядати старі зображення міста та його сучасне відображення.

Нефункціональні вимоги до інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу:

1. Зручність користування. Інтерфейс має бути інтуїтивно зрозумілим та придатним для користувачів різних вікових категорій.

2. Швидкість роботи. Мапа повинна швидко завантажуватися та забезпечувати оперативну відповідь на запити користувачів без тривалих затримок.

3. Мобільна адаптація. Мапа повинна коректно відображатися та бути зручною для використання на мобільних пристроях.

4. Безпека. Система повинна забезпечувати захист даних від несанкціонованого доступу, зокрема має бути реалізовано шифрування даних в базі та під час їх передачі.

5. Сумісність з різними браузерами. Мапа повинна коректно працювати в усіх основних браузерах, що використовують користувачі.

6. Масштабованість. Система має бути запроектована з можливістю легкого розширення функціоналу та об'єму даних без втрати продуктивності.

Ці вимоги будуть важливими в ході планування, розробки та впровадження інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу, що допоможуть забезпечити її зручність, корисність та популярність серед кінцевих користувачів.

2.2 Моделювання програмного забезпечення інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу

Моделювання програмного забезпечення інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу почнемо з проектування діаграми потоків даних.

Контекстна діаграма (рис. 2.1) є 0-м рівнем побудови діаграми потоків даних.

1. Користувач:

- Запити інформації про історію забудови міста.
- Запити на паралельне відображення старовинної та сучасної мап.
- Запити на відображення колекції старовинних мап.

2. Інтерактивна ретроспективна мапа міста:

- Відображає відповідну інформацію згідно з режимом роботи.

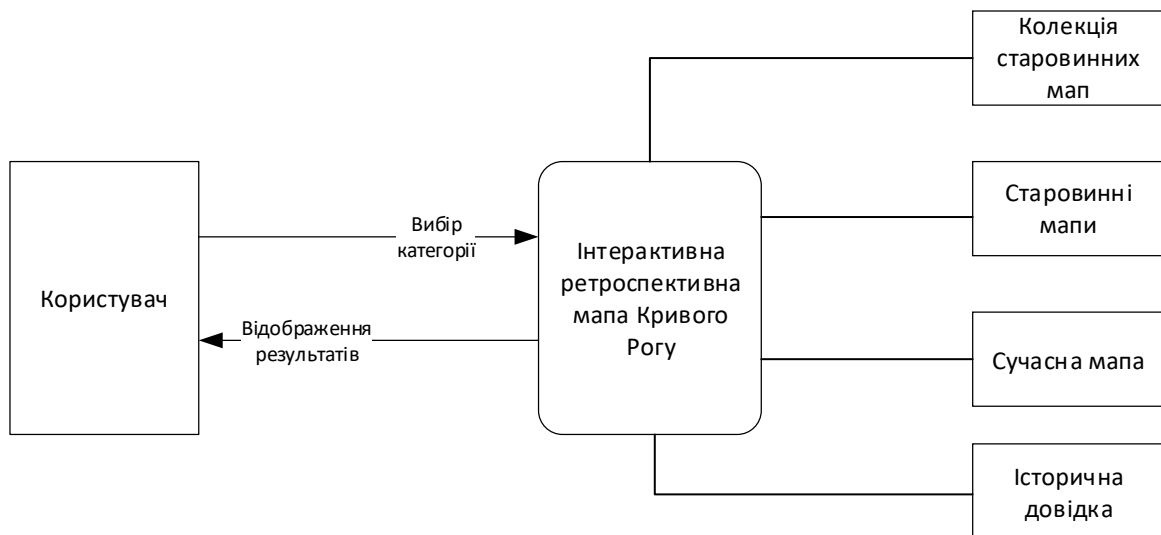


Рисунок 2.1 – Контекста діаграма Інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу

Деталізована діаграма (рис. 2.2) більш детально розкриває компоненти програмної системи та потоки даних між ними.

1. Режим "Історія забудови міста":

- Користувач:
 - Запитує інформацію про історію забудови міста.
- Система:
 - Отримує запит від користувача.
 - Звертається до бази даних для отримання історичної інформації.
 - Відображає історичну інформацію користувачу.

2. Режим "Паралельне відображення старовинної та сучасної мапи":

- Користувач:
 - Запитує паралельне відображення старовинної та сучасної мап.
- Система:
 - Отримує запит від користувача.
 - Звертається до бази даних для отримання відповідних мап.
 - Відображає мапи одночасно для порівняння.

3. Режим "Колекція старовинних мап":

- Користувач:
 - Запитує колекцію старовинних мап.
- Система:
 - Отримує запит від користувача.
 - Звертається до бази даних для отримання колекції мап.
 - Відображає колекцію старовинних мап користувачу.

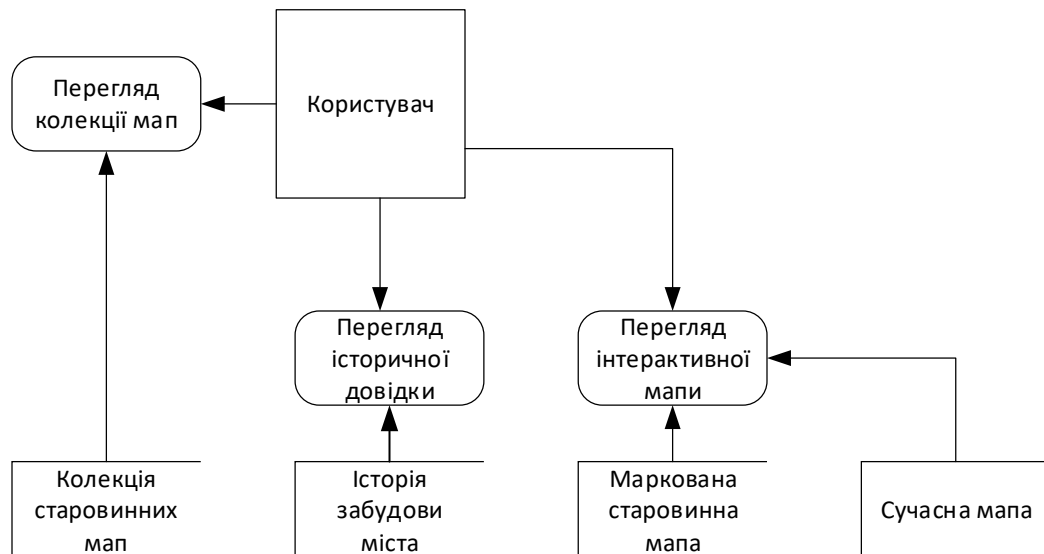


Рисунок 2.2 – Деталізована діаграма потоків даних

Режим "Історія забудови міста"

1. Користувач

- Надсилає запит на інформацію про історію забудови міста.

2. Інтерактивна ретроспективна мапа міста

- Отримує запит від користувача.
- Звертається до Бази даних для отримання історичної інформації про забудову міста.
- Збирає інформацію і відправляє її користувачу.

3. База даних

- Зберігає історичні дані про забудову міста.
- Відправляє відповідну інформацію за запитом системи.

Режим "Паралельне відображення старовинної та сучасної мапи"

1. Користувач

- Надсилає запит на паралельне відображення старовинної та сучасної мап.

2. Інтерактивна ретроспективна мапа міста

- Отримує запит від користувача.
- Звертається до Бази даних для отримання відповідних мап.
- Відображає старовинну і сучасну мапи паралельно для порівняння.

3. База даних

- Зберігає старовинні і сучасні мапи міста.
- Відправляє відповідні мапи за запитом системи.

Режим "Колекція старовинних мап"

1. Користувач

- Надсилає запит на відображення колекції старовинних мап.

2. Інтерактивна ретроспективна мапа міста

- Отримує запит від користувача.
- Звертається до Бази даних для отримання колекції старовинних мап.
- Відображає колекцію старовинних мап користувачу.

3. База даних

- Зберігає колекції старовинних мап міста.
- Відправляє відповідні мапи за запитом системи.

Окремої деталізації потребує діаграма потоків даних, що описує роботу модуля відображення інтерактивної мапи (рис. 2.3), через те, що тут передбачено більше інтерактивної взаємодії з користувачем.

До такої взаємодії зокрема відносяться наступні дії:

1. Користувач

- Надсилає запит на відображення інтерактивної мапи.
- Надсилає запит на зсув мапи.
- Надсилає запит на збільшення масштабу.

- Надсилає запит на зменшення масштабу
2. Інтерактивна ретроспективна мапа міста
- Отримує запит від користувача.
 - Опрацьовує запит користувача.
 - Відображає синхронізовані сучасну та старовинну мапи.

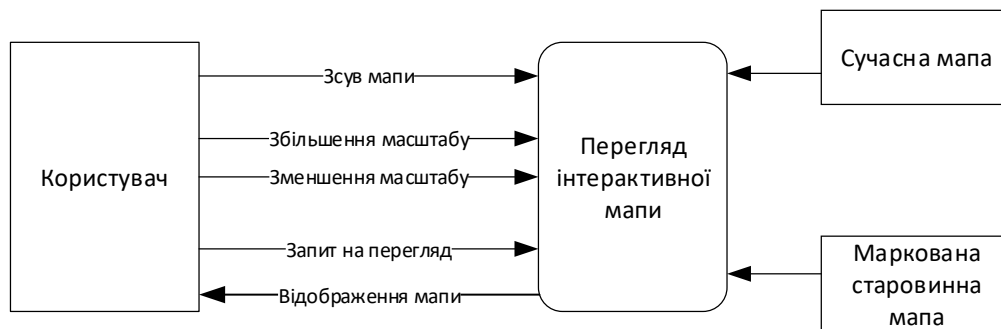


Рисунок 2.3 – Діаграма потоків даних режиму перегляду інтерактивної мапи

2.3 Математичні засоби реалізації проєкту

Для узгодження геокоординат з точками на зображенні та корекції зображення використовуються різні математичні методики та програмні інструменти. Це процес, який відомий під назвою геоприв'язка, і він дуже важливий в областях, таких як дистанційне зондування, картографія, ГІС (геоінформаційні системи) і фотограмметрія.

Один із способів узгодження - це встановлення відповідності між відомими географічними точками на землі (наприклад, відмітними ознаками чи спеціально встановленими контрольними точками) та їх представленням на зображенні. Ці знання дозволяють створити математичну модель, щоб прецизійно перетворити координати зображення у географічні координати.

Математичні методи можуть включати афінні перетворення, які дозволяють здійснювати масштабування, обертання та переміщення зображення, а також більш складні перетворення, такі як проєктивні

перетворення або поліноміальні трансформації вищих порядків, які можуть компенсувати дисторсію зображення та інші види помилок.

Процес геоприв'язки зазвичай включає кілька основних кроків: вибір контрольних точок на зображенні, приписування відповідних географічних координат цим точкам, обрання моделі геометричної корекції та виконання перетворення координат. Після цього здійснюється оцінка точності геоприв'язки, яку зазвичай проводять через перевірку додаткових контрольних точок, які не були використані під час процесу корекції.

Геореференція - це процедура прив'язки інформації, яка представлена у вигляді карт, знімків, сканів або інших видів географічних даних, до конкретних географічних координат на земній поверхні. Це дозволяє різним видам даних бути відображеними і аналізованими у рамках єдиної географічної координатної системи, такої як WGS 84 чи інших систем.

Система WGS 84 (World Geodetic System 1984) є глобальною геодезичною системою координат, розробленою і контрольованою Міністерством оборони США. Вона використовується для картографії, навігації та геодезичних обчислень.

Основні характеристики системи WGS 84:

1. Еліпсоїд: WGS 84 використовує спеціалізований еліпсоїд, який найкраще відповідає формі Землі на глобальному рівні (рис. 2.4). Еліпсоїд має сплюснуті полюси і збільшений екваторіальний радіус.

GRAVIMETRIC DATUM ORIENTATION

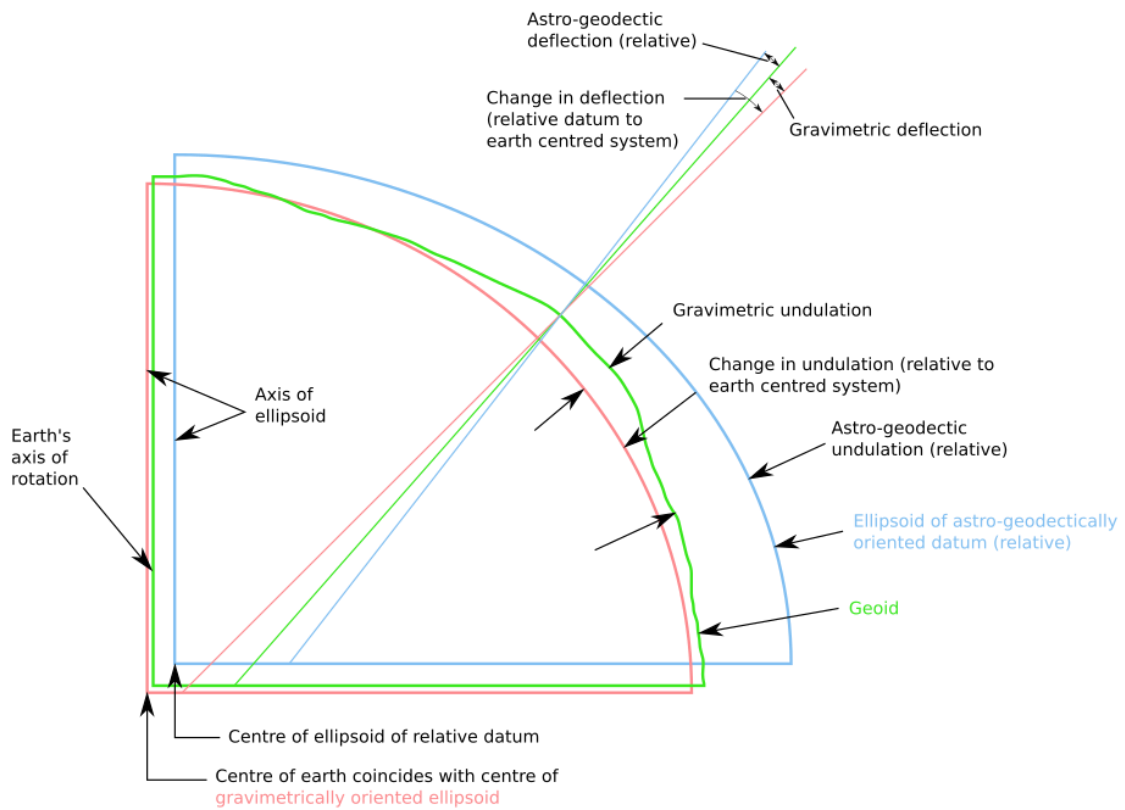


Рисунок 2.4 – Гравіметрична орієнтація бази даних

2. Датум: Визначає положення відліку координат на Землі, у випадку WGS 84 датум орієнтований так, що центр мас Землі (центроїд) служить як початкова точка відліку (рис. 2.5).

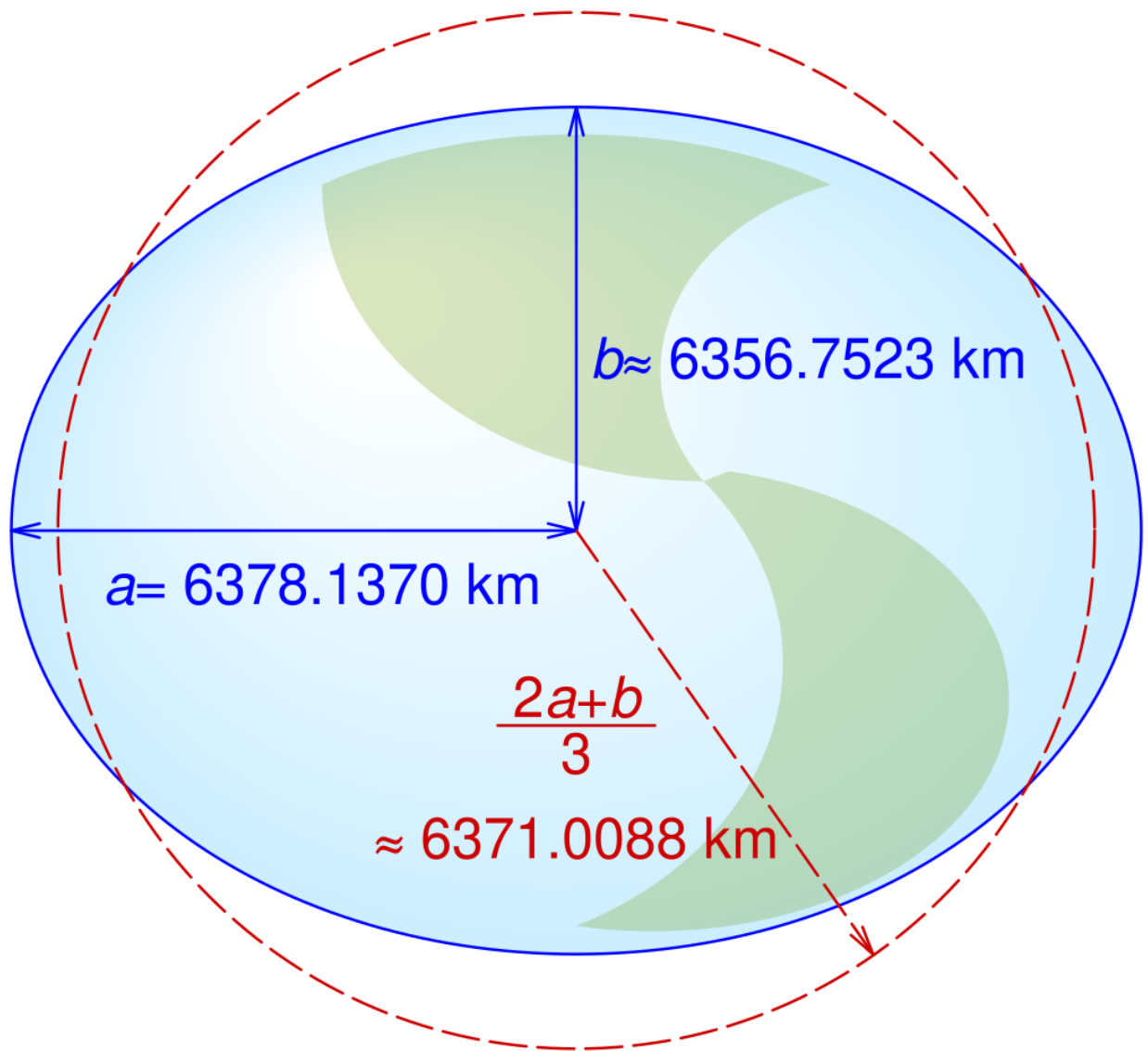


Рисунок 2.5 – Система відліку WGS 84

3. Координати: Географічні координати в системі WGS 84 виражаються через широту і довготу. Широта міряється від екватора до 90 градусів північного або південного напрямку. Довгота міряється від нульового меридіана, що проходить через Гринвіч у Лондоні, до 180 градусів на захід або схід.

4. Точність та застосування: Завдяки використанню супутникової геодезії, WGS 84 пропонує високу точність для глобальних позиціонувальних завдань (рис. 2.6). Система широко використовується у глобальних

навігаційних супутникових системах, таких як GPS (Global Positioning System).

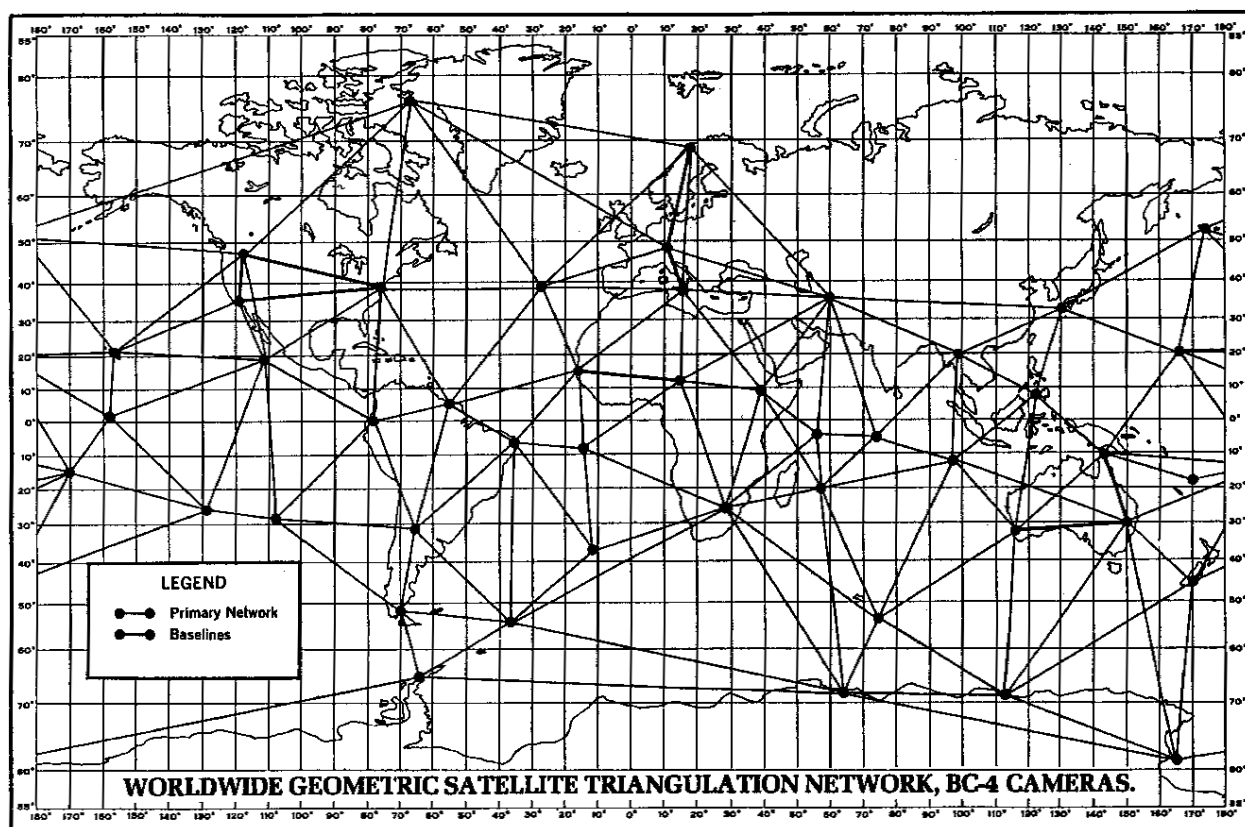


Рисунок 2.6 – Всесвітня геометрична супутникова мережа тріангуляції

5. Оновлення: WGS 84 періодично оновлюється, щоб відображати зміни в геодинаміці Землі та технологічний прогрес, що забезпечує точність системи для майбутніх застосувань.

Для виконання геореференції використовуються так звані контрольні точки, які є визначальними позиціями - явищами чи об'єктами, чії географічні координати (широта та довгота) вже відомі з достатньою точністю. Ці контрольні точки можуть бути отримані за допомогою GPS-вимірювань, з офіційних карт чи інших надійних джерел.

Процес геореференції передбачає вибір на зображенні (чи іншому геоданиму) тих самих контрольних точок, що й у реальному світі, та вказання їхніх точних координат. Потім, за допомогою спеціального програмного забезпечення, виконується трансформація зображень таким чином, щоб їхнє положення відповідало реальному розташуванню на поверхні землі. Це може

включати масштабування, поворот, перекося та інші види трансформацій. Завдяки цьому процесу, карти та знімки стають корисними для географічного моделювання, аналізу просторових даних та інтеграції з іншими геопросторовими наборами даних.

Афінні перетворення - це клас геометричних перетворень, використовуваних в обробці зображень та комп'ютерній графіці, які здійснюють прямолінійне відображення точок у координатній площині або просторі та зберігають при цьому колінеарність та відносні відстані між точками. Афінні перетворення включають в себе такі операції, як:

1. Масштабування: зміна розміру об'єктів шляхом розтягування або стиснення вздовж осей координат. Масштабування може бути однаковим по всіх напрямках або різним, що дає змогу трансформувати об'єкт непропорційно.

2. Обертання: поворот об'єкта навколо центральної точки (центр обертання) або осі обертання у тривимірному просторі. Це перетворення змінює орієнтацію об'єкта, не змінюючи його форму або розмір.

3. Зсув (трансляція): переміщення кожної точки об'єкта на сталу відстань у заданому напрямку. Зсув не змінює розмірів чи форми об'єкта, як і його орієнтації - він просто переміщує об'єкт у просторі.

Афінні перетворення часто використовуються для вирівнювання зображень - узгодження різних зображень за координатами, також вони є основою для більш складних перетворень, таких як проєктивні та неафінні перетворення.

Поліноміальні перетворення є розширенням афінних перетворень і застосовуються в обробці зображень та геодезії для досягнення більш точної корекції дисторсії, яку не можна виправити за допомогою простих лінійних перетворень. На відміну від афінних перетворень, які враховують лише перенесення, масштабування, обертання та зсув, поліноміальні перетворення включають математичні вирази вищих степенів, дозволяючи моделювати більш складні іскривлення та зміни в геометрії зображення.

Вищі порядки поліномів (наприклад, другого, третього чи навіть більшого порядку) використовуються для додаткових коригувальних здатностей. Кожне додаткове поліноміальне рівняння допомагає вирівняти конкретні нелінійні викривлення. Таким чином, застосування поліноміальних перетворень може драматично покращити відповідність між зображеннями або між зображеннями та географічними координатами у випадках, коли необхідно внести корективи до складних і нерегулярних викривлень.

Процес включає створення математичної функції, яка мапує вхідні координати на вихідні, і може включати декілька змінних та коефіцієнтів, які потрібно точно визначити для досягнення детального відтворення геометрії вихідного зображення або простору. Застосування цих перетворень можливе у різних дисциплінах, включаючи аерофотозйомку, супутникову картографію, медичну візуалізацію та інші галузі, де важлива висока точність візуальної репрезентації.

Метод найменших квадратів є статистичним методом оптимізації, який використовується для визначення найкращих параметрів моделі, що наближає емпіричні дані. Його основна мета полягає в мінімізації суми квадратів відхилень, які виникають між спостереженнями і модельними прогнозами.

У контексті обробки зображень, метод найменших квадратів може використовуватися для вирівнювання зображення або геометричної корекції, зокрема, при калібруванні камери або стереоскопічному зорі. При цьому, контрольні точки на зображенні (наприклад, точки, які визначають певний об'єкт або кути маркерів), порівнюються з їхніми реальними координатами в просторі чи на карті. Метод найменших квадратів шукає оптимальну трансформацію (як правило, лінійну чи афінну), щоб максимально точно співставити зображення з реальними координатами, мінімізуючи сумарну помилку, тобто суму квадратів різниць між спостережуваними і прогнозованими положеннями контрольних точок.

Цей метод важливий у фотограмметрії, дистанційному зондуванні Землі, картах і в багатьох інших галузях, де необхідно точно визначити положення

об'єктів на основі оптичних зображень. Окрім того, метод найменших квадратів широко застосовується в регресійному аналізі для підгонки регресійних ліній чи кривих, що дозволяє аналізувати взаємозв'язок між змінними.

Програмні засоби, що застосовуються для геоприв'язки та геопросторової корекції зображень, дозволяють інтегрувати растрові дані з векторними карти і геоданими, забезпечуючи точне накладення зображень на картографічні проєкції. Серед таких програмних засобів виділяються:

- ArcGIS: Це комплексне рішення для ГІС-завдань, яке створено компанією Esri. ArcGIS включає повний набір інструментів для роботи з картографією, аналізу даних, управління базами даних та геоприв'язки. Воно дозволяє проводити трансформації координат, масштабування та виправлення спотворень, що є необхідними для точної геоприв'язки зображень.

- QGIS (Quantum GIS): Це відкрите програмне забезпечення, яке надає широкий спектр інструментів для редагування, обробки та аналізу геоданих. QGIS підтримує різноманітні формати даних та стандарти, включаючи растрові, векторні та бази даних. Він також дозволяє користувачам розширювати його функціональність за допомогою плагінів, які можуть бути створені спільнотою користувачів або окремими розробниками.

- ENVI (the Environment for Visualizing Images): Програма ENVI спеціалізується на аналізі та обробці супутникових та аерофотознімків. Завдяки розширеним алгоритмам обробки зображень, ENVI допомагає вирішувати задачі виявлення змін, класифікації, а також кількісного аналізу. Програма підтримує широкий спектр супутникових та аерофотоданих і пропонує інструменти для геоприв'язки за допомогою різних методів, зокрема контрольних точок.

- ERDAS IMAGINE: Це ще одне могутнє програмне забезпечення призначене для обробки та аналізу растрових геоданих. ERDAS IMAGINE включає інструменти для геоприв'язки, класифікації образів, а також для кількісного геопросторового аналізу. Програма має гнучкі можливості

обробки великих обсягів даних, а також надає інструментарій для автоматизації процесів завдяки модульному підходу до розробки робочих процесів.

Використання цих ГІС-програмних засобів не лише підвищує точність картографічних даних, але й значно спрощує процеси планування, аналізу та прийняття рішень у багатьох областях, таких як екологія, управління природними ресурсами, містобудування, оборона та національна безпека.

2.4 Проєктування інтерфейсу інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу

Згідно з вимогами, ми розробимо інтерфейс інтерактивної ретроспективної мапи, який буде не лише простим у використанні, але й інтуїтивно зрозумілим та візуально привабливим. Ця мапа забезпечить користувачам легкий доступ до історичних даних, дозволяючи їм візуально прослідкувати розвиток або зміни в певних регіонах чи за певними показниками протягом обраного періоду часу.

Інтерфейс буде розроблений з урахуванням кращих практик юзабіліті та UX-дизайну, що забезпечить легке навігування та швидке розуміння інформації, яка відображається. Для забезпечення кращого користувацького досвіду мапа включатиме інтерактивні елементи, такі як зумування, вибір часових проміжків, фільтри за категоріями та інструменти для розширення даних, що допоможе користувачам зосередитися на тій інформації, яка їх насправді цікавить.

При розробці також врахуємо доступність для осіб з особливими потребами, щоб забезпечити рівний доступ до інформації для всіх користувачів. В кінцевому інтерфейсі будуть використовуватись чіткі інструкції, відповідні підказки та зрозумілі іконки для спрощення взаємодії із системою.

Загальну схему інтерфейсу представимо на рисунку 2.7.

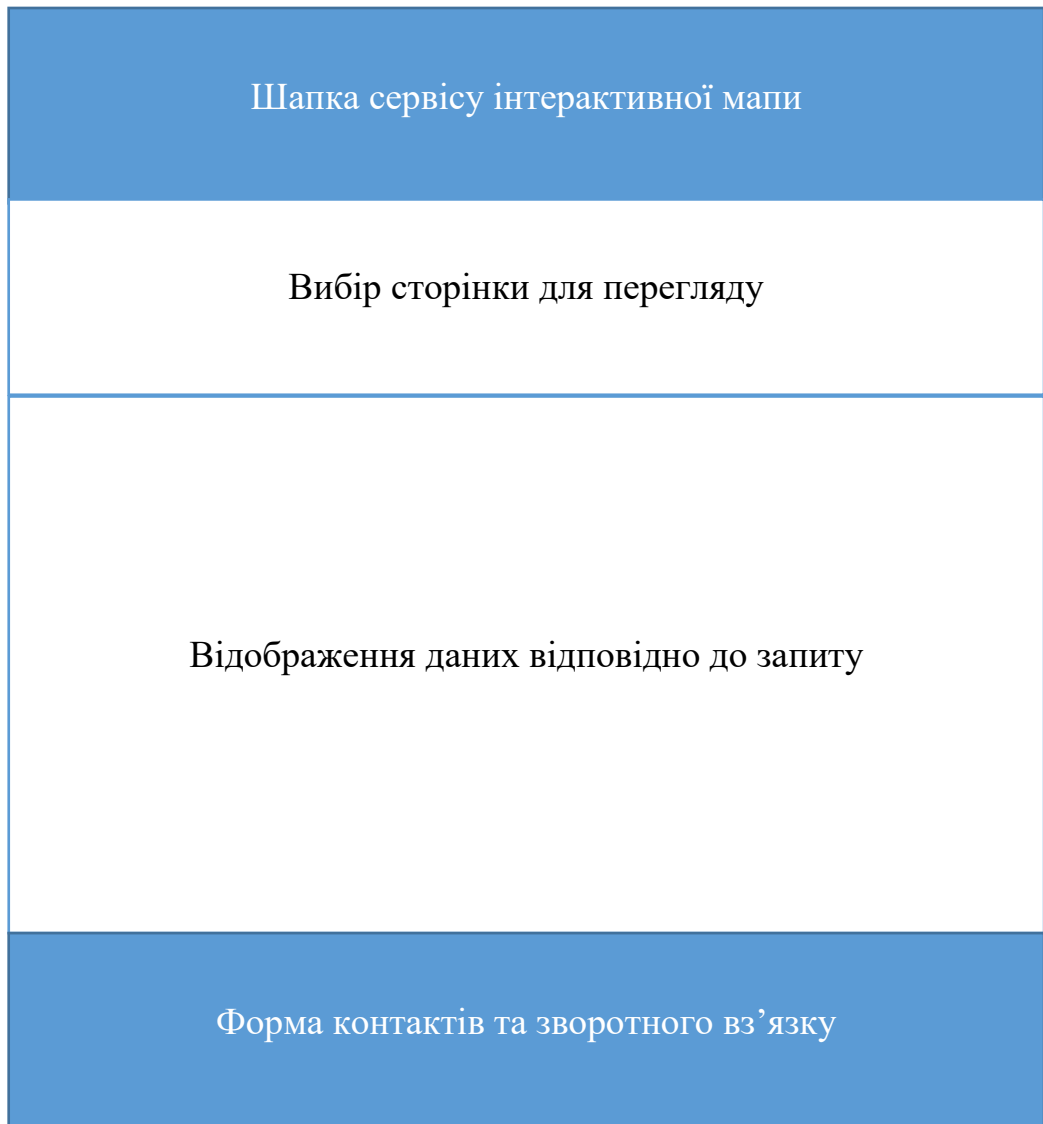


Рисунок 2.7 – Загальна схема інтерфейсу

Так як ми проектуємо веб-сервіс, доцільно розмістити інформаційні блоки у вертикальній послідовності для зручної прокрутки.

Першим блоком йде так звана шапка сервісу інтерактивної мапи для швидкого ознайомлення користувача з сутністю сервісу. Наступним є навігаційний блок, в якому користувач може обрати режим для перегляду та подальшої роботи. Блок з відображенням основних даних знаходиться нижче. А завершує сторінку блок з формою для відображення контактів та формою зворотного зв'язку.

Окремого огляду потребує дизайн інтерфейсу інтерактивної мапи (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Загальна схема інтерфейсу

Інтерфейс передбачає паралельне відображення в сусідніх блоках ретро-мапи міста та сучасної мапи. Відображення синхронізовані за масштабом та координатами відображення. Спільні елементами цих мап розміщені окрем блоком нижче самих мап.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ МАПИ КРИВОГО РОГУ

3.1. Аналіз бібліотек та фреймворків для реалізації геоінформаційних ресурсів

Розглянемо наявні на сьогодні бібліотеки та фреймворки, що відповідають нашим задачам та вимогам до програмного забезпечення.

GeoBase — це геопросторове програмне забезпечення, розроблене компанією Telogis (тепер частина Verizon Connect), що використовується для створення карт і аналізу геоданих (рис. 3.1). Воно доступне як комплексний набір інструментів для розробки програмного забезпечення (SDK), що дозволяє розробникам втілювати широкий спектр геопросторових функцій в свої додатки.

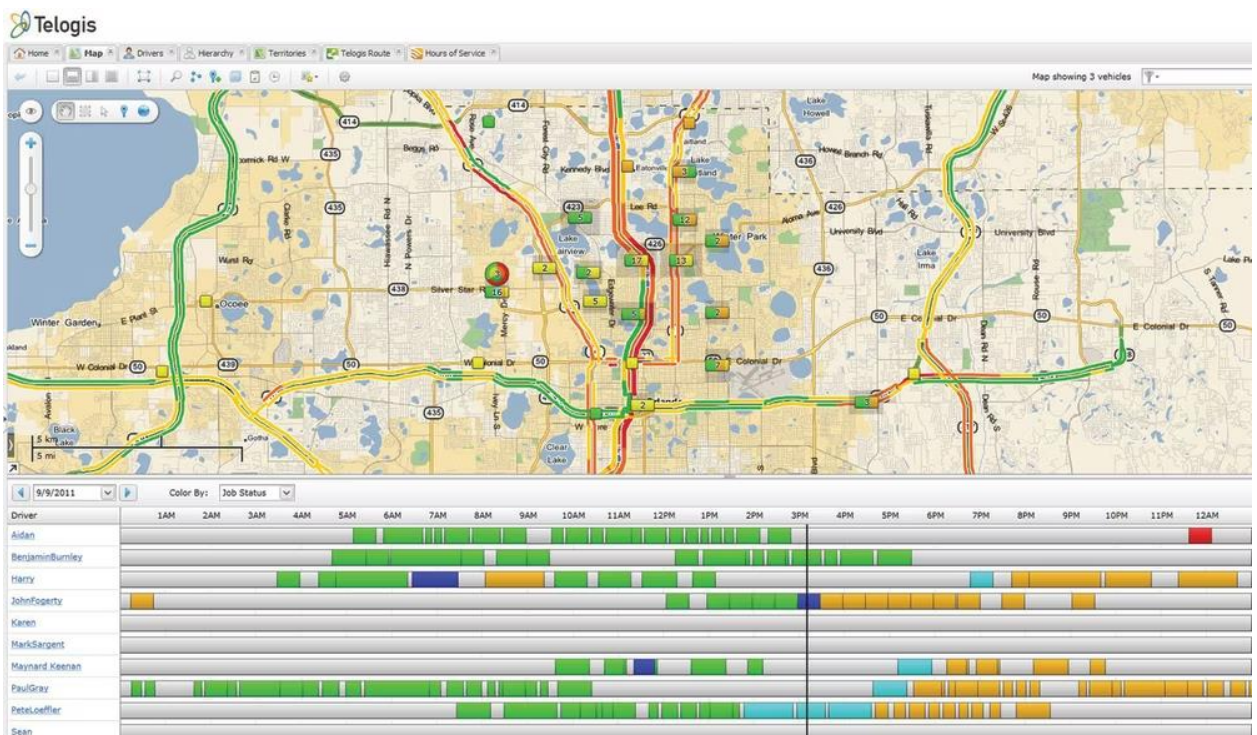


Рисунок 3.1 – Telogis GIS

GeoBase SDK забезпечує потужні можливості для маршрутизації, картографування, геокодування, реверсивного геокодування, оптимізації маршрутів та управління просторовими даними, які можна інтегрувати в

логістичні, транспортні та інші бізнес-додатки. Також GeoBase надає бібліотеки для роботи з координатами, відстеженням транспортних засобів та управлінням територіями.

Завдяки широкому набору API і контрольним точкам кастомізації, розробники можуть легко масштабувати і адаптувати свої додатки до будь-яких специфічних вимог відносно обробки геопросторових даних. GeoBase також має компоненти для роботи в онлайн та офлайн режимах, що робить його зручним рішенням для мобільних застосунків, яким потрібен доступ до карт і навігаційної інформації без сталого з'єднання з інтернетом.

OpenLayers є потужною бібліотекою на JavaScript для роботи з різноманітними географічними картографічними даними на веб-сторінках (рис. 3.2). Вона є продуктом з відкритим вихідним кодом і надає широкий набір функцій для інтерактивної роботи з картою, що дозволяє використовувати різноманітні джерела геоданих, такі як тайловані карти, векторні дані та інші стандарти картографічних інформаційних сервісів.

Завдяки своїй гнучкості та можливості інтеграції з великою кількістю інформаційних сервісів і форматів, включаючи сервіси від OpenStreetMap, Google Maps, Bing Maps та багато інших, OpenLayers є популярним вибором серед розробників для створення веб-додатків з картографічними можливостями.

Хоча бібліотека була спочатку розроблена та спонсорована компанією MetaCarta, вона зараз підтримується великою спільнотою розробників і є частиною проєкту Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), який підтримує розвиток відкритих і вільних геопросторових технологій і даних. OpenLayers дає змогу легко додавати інтерактивні карти на веб-сайти, забезпечуючи користувачу динамічний географічний інтерфейс.

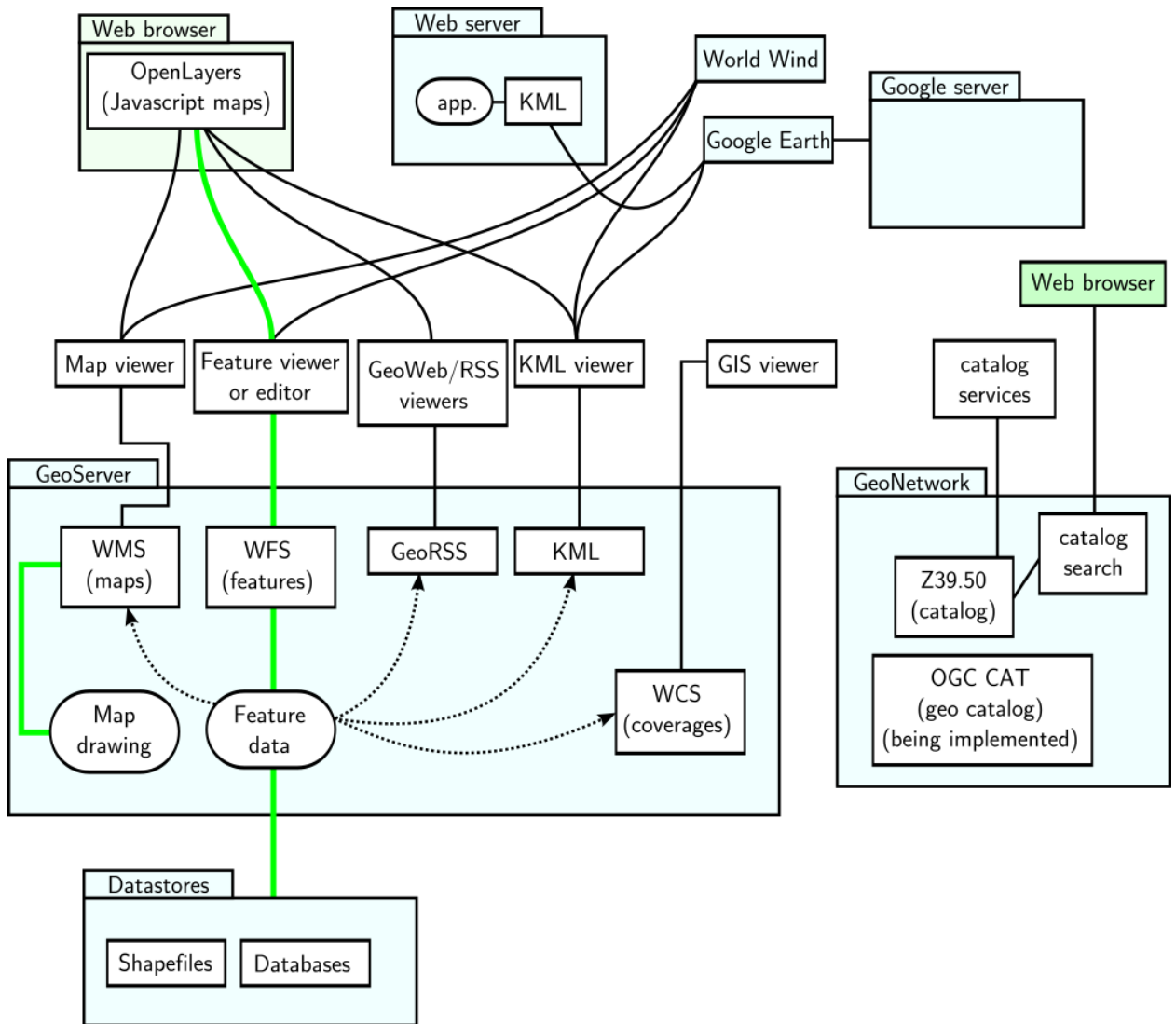


Рисунок 3.2 – Схематичне зображення роботи OpenLayers

Leaflet.js є сучасною бібліотекою JavaScript із відкритим вихідним кодом, яка використовується для створення інтерактивних карт, оптимізованих для роботи на мобільних пристроях та десктопах. Вона забезпечує прості та зручні інструменти для роботи з картографією, дозволяючи безпроблемно інтегрувати різноманітні типи карт, такі як вуличні карти, супутникові знімки, топографічні карти та інше, в веб-проекти.

Легкість Leaflet полягає в її малому розмірі (тільки близько 39 кілобайтів, Gzipped) та високій продуктивності. Бібліотека надає широкий набір функцій, як-от підтримка тайлових та векторних шарів, інструменти для геопросторового аналізу, підтримка розширення через плагіни, події, інтерактивність об'єктів (наприклад, маркери, полілінії, полігони) і мотивні

контролі. Користувачі можуть легко налаштувати та розширити функціональність Leaflet за допомогою великої кількості доступних плагінів.

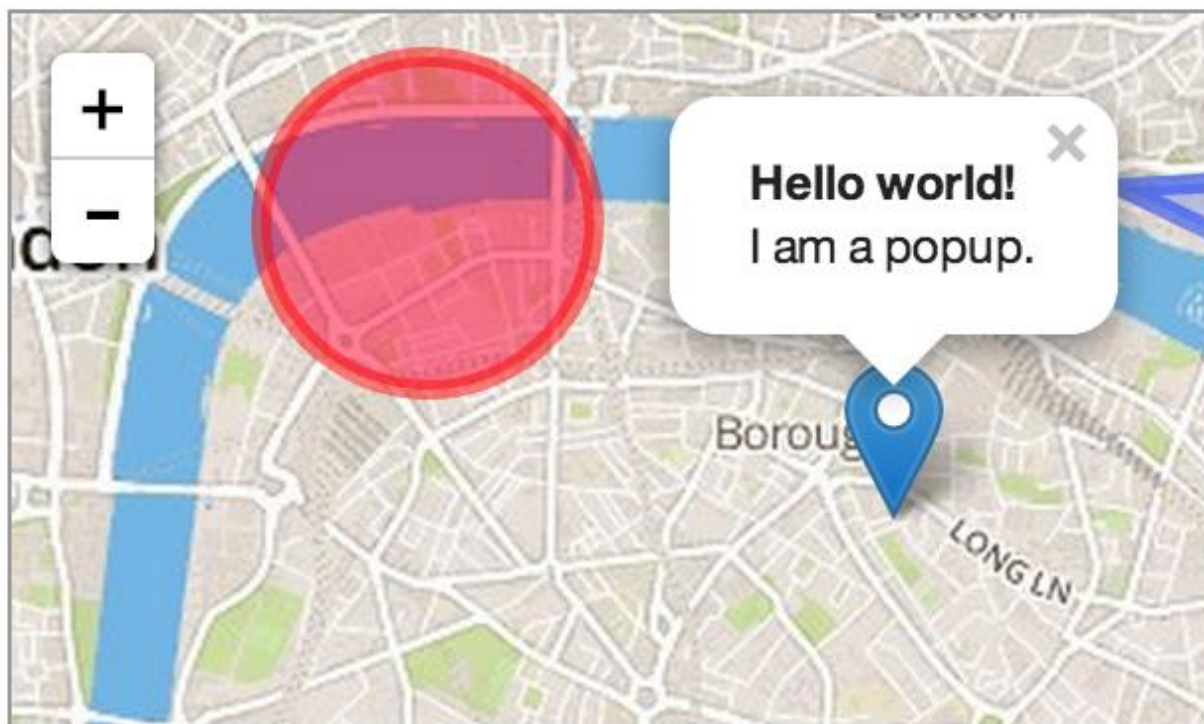


Рисунок 3.3 – Демонстрація роботи Leaflet

Розробляючи інтерфейс зручний для користувача, Leaflet використовує простий API, що заснований на відомих принципах HTML та JavaScript, що робить його доступним навіть для тих, у кого невеликий досвід роботи з програмуванням. Це робить Leaflet популярним вибором для створення карти на веб-сайтах, включаючи великі корпорації, некомерційні організації і владні агенції, котрі потребують надійного та гнучкого рішення для карти.

Підтримка спільноти відіграє ключову роль у розвитку Leaflet, з частими оновленнями і постійним доопрацюванням плагінів. Таким чином, бібліотека виявляється в авангарді веб-картографії, а її простота, гнучкість і відкритість підтримують широке та зростаюче спільноту користувачів та розробників.

3.2 Вибір засобів реалізації програмного забезпечення інтерактивної мапи

З огляду на специфічні вимоги нашого проєкта, який передбачає створення інтерактивної ретроспективної карти, доступної для широкої аудиторії в онлайн-форматі, ми прийняли рішення використовувати JavaScript як ключову технологію розробки. JavaScript є універсальною мовою програмування, що підтримується всіма сучасними веб-браузерами, забезпечуючи високий рівень інтерактивності користувацького інтерфейсу. Ця мова є одним із стандартів для розробки клієнтських частин веб-додатків і тому є оптимальним вибором для створення динамічних веб-сайтів і додатків. Крім того, велика кількість бібліотек і фреймворків на базі JavaScript, таких як React, Angular та Vue.js, спрощує розробку складних інтерактивних функцій, що є важливим для нашого проєкту, дозволяючи нам створити привабливий і зручний для користувача інтерфейс.

Для створення користувацького інтерфейсу нашого веб-проєкту ми використовуватимемо HTML (HyperText Markup Language) і CSS (Cascading Style Sheets) як основні технології. HTML становитиме каркас веб-сторінок, оскільки він відповідає за структурування контенту, включаючи текст, зображення та інші медіа-елементи, а також за створення гіперпосилань між сторінками інтернету.

CSS буде використовуватися для визначення стилю і дизайну веб-сторінок. Це мова стилів, яка дозволяє задавати кольори, шрифти, розміри елементів, відступи, анімації та інші аспекти візуального представлення сторінки. Використання CSS сприяє покращенню користувацького досвіду і робить веб-інтерфейс більш естетичним і зручним для навігації.

Об'єднання HTML та CSS є необхідним для створення функціонального та привабливого веб-інтерфейсу, який буде відповідати сучасним стандартам і задовольняти вимоги користувачів. Ці технології дають нам потужні інструменти для реалізації творчих і технічних завдань в рамках проєкту.

Для реалізації відображення геоданих ми скористаємося Leaflet.js - це невелика, але потужна JavaScript-бібліотека, призначена для створення інтерактивних карт у веб-проектах. Leaflet легко інтегрується з різноманітними платформами та сервісами і дозволяє з легкістю впроваджувати, наприклад, тайлові карти, розміщувати маркери, відстежувати місцезнаходження користувача, і навіть відображати карти з допомогою різних постачальників даних, таких як OpenStreetMap, Mapbox, або ж локальні тайл-сервери.

Leaflet переваги включають його простоту у використанні, гнучкість та легкий вагу (розмір файлу бібліотеки становить всього близько 39 кБ, стиснутий та зібраний). Також вона має велику спільноту розробників та велику кількість плагінів, що розширюють її базову функціональність.

Розробникам легко працювати з API Leaflet, яке добре документоване та має численні tutorіали та приклади коду. Використання бібліотеки Leaflet для реалізації відображення геоданих на веб-мапах є популярним вибором завдяки її здатності швидко створювати візуально привабливі, інтерактивні карти, які можуть бути просто інтегровані в будь-який веб-сайт або веб-застосунок.

Ми обрали сервіс Google Maps як постачальника зображень для наших сучасних мап, оскільки він вирізняється серед конкурентів своєю високою якістю супутникових знімків. Google Maps забезпечує детальні та точні візуалізації місцевості, що включає: вулиці, будівлі, ландшафти і навіть зміни, які відбуваються в реальному часі. Ця інформація є надзвичайно корисною для різноманітних застосувань, від навігації та планування маршрутів до аналізу земельних ділянок та урбаністичного планування. Крім того, Google Maps пропонує розширені функції, такі як Street View, які надають панорамні зображення з рівня вулиці, дозволяючи користувачам відчувати ніби вони самі присутні у вказаному місці. Ці можливості дозволять нам створити більш інтерактивний та інформативний продукт для наших користувачів.

API Google Maps доволі детально описано і має ґрунтовну документацію, надаючи розробникам доступ до широкого спектра функцій і

можливостей. Цей інструмент надає можливість інтегрувати карти в вебсайти та мобільні додатки, управляти маркерами та маршрутами, проводити географічні пошуки і геокодування, а також отримувати детальну інформацію про місцевості і об'єкти. Окрім базового відображення карт, API пропонує також розширені функції, як-от Street View, трафік в реальному часі, профілі місцевості для планування маршрутів та інше. Завдяки широкому спектру документації, розробники можуть швидко розпочати роботу з API та адаптувати його під свої специфічні потреби.

3.3. Програмна реалізація інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу

В результаті розробки ми створили веб-сервіс ретроспективної мапи Кривого Рогу, що складається з головної сторінки, на якій представлена загальна інформація про сервіс та розміщені навігаційні блоки. А також декілька тематичних сторінок сервісу.

Головна сторінка сервісу показана на рисунку 3.4.

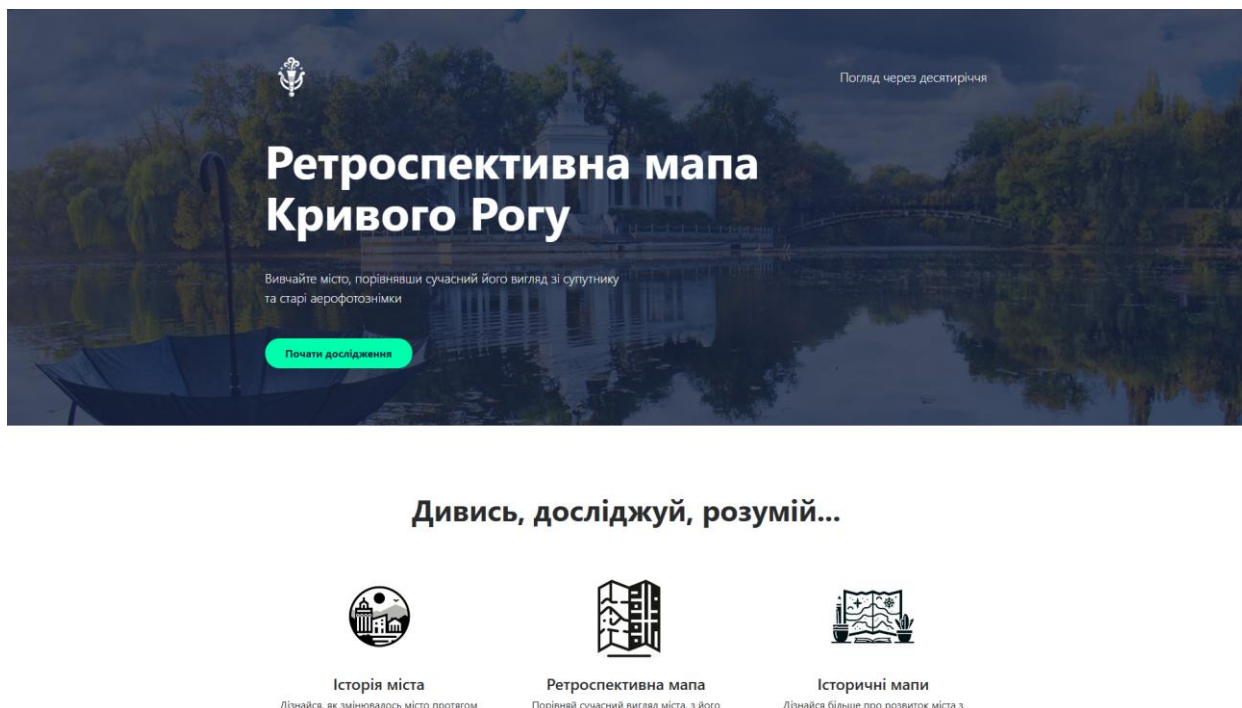


Рисунок 3.4 – Стартова сторінка та головне меню ретроспективної мапи

Користувач може натиснути на кнопку «Почати дослідження», щоб перейти відразу до перегляду ретроспективної мапи. Або прокрутити сторінку, щоб побачити всі режими роботи сервісу ретроспективної мапи (рис. 3.5):

- перегляд сторінки з історією забудови міста;
- перегляд ретроспективної мапи;
- перегляд збірки історичних мап.

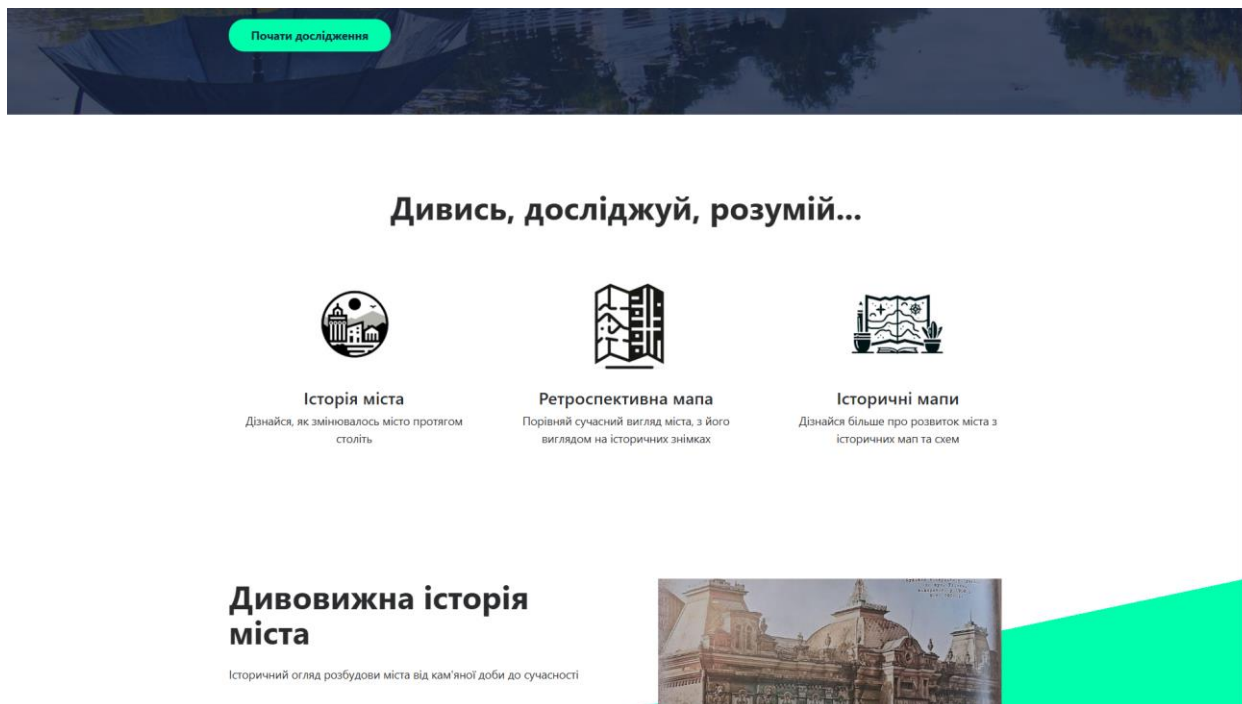


Рисунок 3.5 – Вибір одного з режимів роботи сервісу ретроспективної мапи

Для додаткових інформаційних сторінок, таких як історія забудови міста та збірка старовинних мап, передбачено також окремий розділ навігації (рис. 3.6).

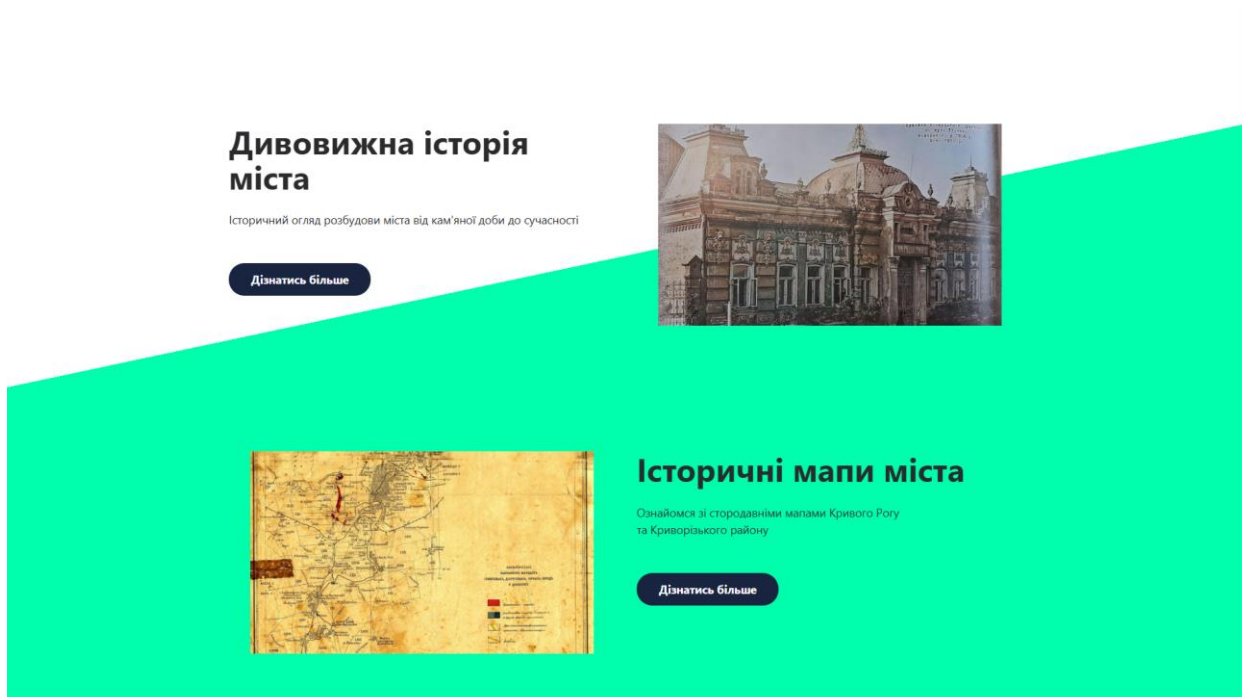


Рисунок 3.6 – Навігація по додатковим матеріалам сервісу

Завершує головну сторінку блок для зворотного зв'язку, завдяки якому можн залишити повідомлення з відгуком, зауваженнями або пропозиціями до сервісу (рис. 3.7).

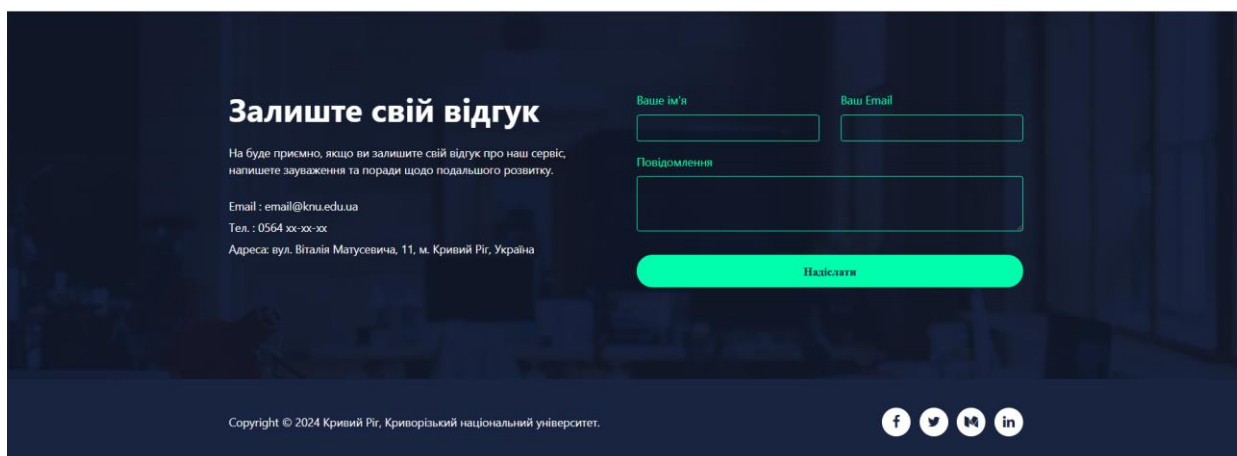


Рисунок 3.7 – Розділ зворотного зв'язку

Основним розділом є сторінка перегляду ретроспективної мапи (рис. 3.8). На цій сторінці ми одночасно бачимо старий вигляд міста ліворуч (в даному випадку використано аерофотознімок центральної частини міста 1980-го року) та сучасний вигляд цього ж району, відображений за допомогою сервісу Google Maps, праворуч.

Завдяки тому, що для обраного зображення зроблена прив'язка до геокоординат, ми можемо синхронізувати його відображення разом з відображенням сучасної мапи. Можемо одночасно прокручувати, збільшувати та зменшувати обраний фрагмент мапи для кращого дослідження того, як змінилось місто за останні 40 років (актуальність супутникових знімків, що використовуються в Google Maps відповідає приблизно 2021 року).



Рисунок 3.8 – Режим ретроспективної мапи

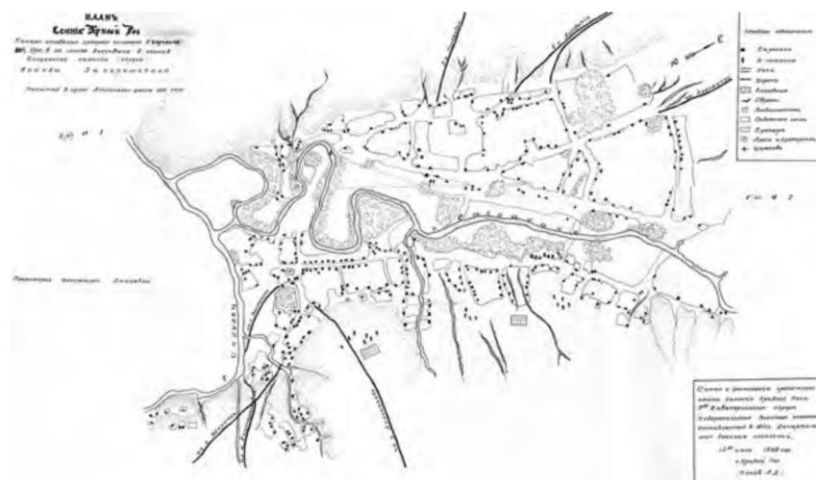
Для того, щоб краще можна було зрозуміти, як розвивалось та забудовувалось місто, як воно змінювалось з роками, користувачам доступна сторінка з описом історії міста (рис. 3.9).

Для створення цієї сторінки використовувались статті дослідників історії міста і охоплює період від козацьких часів, коли з'являються перші згадки про козацький зимовник Кривий Ріг, і до сучасності.

Історія міста

Розвиток Кривого Рогу був тісно пов'язаний із історичними, зокрема, політичними, подіями та соціально-економічними факторами (насамперед, розвитком промисловості). Розглядаючи в цьому аспекті історію м. Кривий Ріг, можна визначити такі етапи його архітектурно-містобудівного розвитку: XVII–XVIII ст., XIX – початок XX ст., XX–XXI ст.

З XV–XVII ст. Криворіжжя належало до земель Війська Запорозького Низового. Тут на той час споруджувалися окремі житла запорозьких козаків – курені, будьогі, зимівники, які започаткували розвиток поселень, що пізніше ввійшли до складу майбутнього міста Кривий Ріг.



На злитті рік Саксагані та Інгульця, за переказами, був зимівник кульгавого (кривого) козака Рога, що став ядром сучасного міста. Ім'я цього козака ототожнюється з ім'ям реального козака Івана Рога, який у 60–70-ті роки XVII ст. був вибраний кошовим отаманом Запорозької Січі. Водночас, слід зазначити, що урочище Кривий Ріг у документах Запорозького Коша значилося ще до виникнення поселення. Злиття рік у вказаному місці утворювала

Рисунок 3.9 – Розділ історичної довідки про етапи забудови міста

Доповнює цей розділ збірка старовинних мап, що збереглися до наших часів (рис. 3.10). Вони не такі точні, як супутникові знімки, або світлини, зроблені за допомогою аерофотозйомки, проте надають більш ґрунтовне уявлення про розбудову міста протягом століть.

Старі мапи

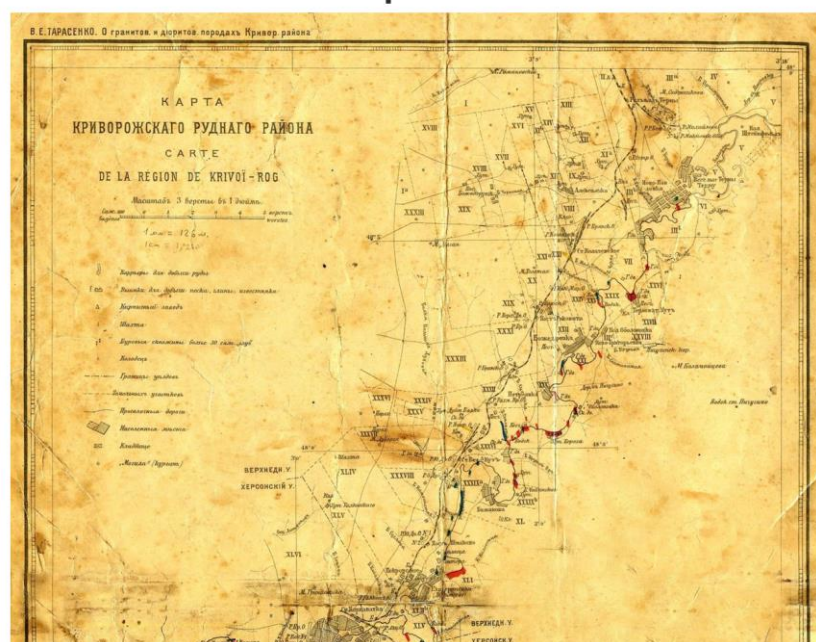


Рисунок 3.10 – Розділ зі збіркою старих мап міста

В результаті розробки ми створили повнофункціональний веб-сервіс, що надає користувачу можливість ознайомитись з детальним описом етапів розвитку та забудови міста Кривий Ріг, колекцією старих мап міста та з інтерактивною ретроспективною мапою, на якій одночасно можна оглядати старий вигляд міста та порівнювати його з новим.

У проєкта є значний «запас» для подальшого розвитку: додавання нових старих мап до колекції та створення нових геомаркованих мап на основі старих мап та аерофотознімків різних періодів.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

4.1 Інноваційна ефективність проєкту інтерактивної ретроспективної мапи

Інноваційна ефективність будь-якого ІТ-проєкту є ключовим показником, який визначає, наскільки проєкт впроваджує новітні рішення та покращує існуючі практики. Вона в першу чергу вимірюється якістю розробленого продукту або послуги, що охоплює виконання всіх вимог до функціоналу, надійності, зручності використання, ефективності та безпечності.

Окрім того, важливим аспектом є успішне втілення проєкту, що передбачає ефективну реалізацію планованих задумів в установлені терміни та межах передбаченого бюджету. Втілення також оцінюється за здатністю проєкту адекватно реагувати на зміни умов ринку, гнучкості адаптації до змінних вимог замовника та кінцевих користувачів, а також за ступенем задоволення очікувань інтересантів.

Забезпечення інноваційної ефективності вимагає від команди проєкту високого рівня професійності, грамотного управління проєктом, ефективного використання ресурсів, а також здатності передбачати та мінімізувати потенційні ризики. Ретельний аналіз ринку та вимог, неперервне вдосконалення процесів, проведення випробувань і тестувань, які забезпечують швидке виправлення помилок та покращення продукту, також вносять свій вклад у підвищення інноваційної ефективності ІТ-проєктів.

Функціональна ефективність являє собою показник, який відображає, наскільки добре продукт або проєкт задовольняє поставлені перед ними функціональні вимоги. Це включає здатність системи виконувати необхідні задачі та процеси у відповідності з вимогами, які були визначені замовником або кінцевим користувачем. Для досягнення високого рівня функціональної ефективності, важливо ретельно збирати та аналізувати вимоги до проєкту, а

також забезпечувати їхню відповідність на кожному етапі розробки і тестування продукту.

Функціональна ефективність включає в себе такі аспекти, як коректність функціонування визначених можливостей, відповідність заявленим специфікаціям, легкість у використанні, надійність, безпеку і простоту обслуговування продукту. Також вона може оцінюватися за допомогою збору зворотного відгука від користувачів, щоб зрозуміти, наскільки добре продукт виконує свою роль у реальних умовах.

Враховуючи стрімкий розвиток технологій і зміни вимог ринку, підтримка функціональної ефективності часто вимагає регулярних оновлень та удосконалень продукту, щоб він міг адекватно реагувати на змінні потреби користувача або бізнесу. Висока функціональна ефективність, в остаточному підсумку, сприяє підвищенню задоволеності користувачів і успіху проекту на ринку.

З іншого боку, економічна ефективність виступає як інструмент оцінки проекту, який дозволяє визначити його вигідність і доцільність з фінансової точки зору. Цей аналіз включає в себе ретельний розгляд очікуваних доходів та витрат, а також порівняння планованих фінансових потоків з альтернативними варіантами вкладень капіталу. Економічна ефективність також оцінює чисту приведену вартість (NPV), внутрішню норму прибутку (IRR), період окупності проекту, а також враховує можливі ризики та невизначеності. Ця оцінка дозволяє інвесторам та менеджерам вирішувати, чи варто інвестувати в певний проект, виходячи із його потенціалу збільшення капіталу та генерації доходу в порівнянні з іншими опціями розміщення коштів.

4.2 Розрахунок собівартості проєкту інтерактивної ретроспективної мапи

Провівши оцінювання економічної ефективності проєкту, ми змогли визначити вартість програмного забезпечення, яка була необхідною для точного планування і бюджетування. Процедура оцінювання була комплексною та враховувала широкий спектр факторів, які мають вплив на загальну вартість володіння програмним продуктом (Total Cost of Ownership, TCO).

Зокрема, ми аналізували прямі витрати, до яких відносяться вартість придбання програмного забезпечення, його інсталяції, а також вартість необхідного апаратного забезпечення для його ефективної роботи. Також були враховані витрати на навчання персоналу, технічну підтримку та оновлення.

Непрямі витрати теж були частиною оцінки, включаючи витрати на швидкодію змін інтеграції з іншими системами та потенційний простій, пов'язаний з впровадженням нового програмного забезпечення. Ми також врахували експлуатаційні витрати, які включають вартість управління ПЗ, його налагодження та регулярного обслуговування.

Ризики, зумовлені технологічною застарілістю та необхідністю адаптації до змінюваних регулярних вимог, також увійшли в оцінювання загальних витрат. Економічна ефективність програмного забезпечення була розрахована з урахуванням періоду його використання та припустимих витрат на його утилізацію або заміну.

В таблиці 4.1. показано початкові дані для розрахунку собівартості.

Таблиця 4.1 — Початкові дані для розрахунку собівартості

Найменування початкових даних	Показник	Джерело отримання
Трудоміскість створення дизайну	100	Фактичні витрати часу на розробку дизайну
Трудоміскість розробки програмного забезпечення	320	Фактичні витрати часу на розробку програмного забезпечення
Трудоміскість тестування	240	
Тарифна ставка, грн	16352	Усереднення тарифна ставка
Кількість годин в місяці, год	160	Кількість робочих днів: 20
Додаткова заробітня плата (%)	10	
Відрахування до соціальних фондів (%)	15	
ПДВ (податок на додану вартість) (%)	20	

Основну заробітну плату визначимо за формулою 4.1:

$$Z_{\text{осн}} = l_{\text{год}} * T_{\text{год}} \quad (4.1)$$

де $l_{\text{год}}$ – погодинна тарифна ставка, грн.;

$T_{\text{год}}$ — кількість годин у місяці.

Годинну тарифну ставку дизайнера, програміста та тестувальника приймаємо за 102,2 грн.

Тоді основна заробітна плата складатиме:

$$Z_{\text{осн}} = 102,2 * 660 = 67452 \text{ грн} \quad (4.2)$$

Додаткову заробітну плату визначимо за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = \frac{Z_{\text{осн}} * D\%}{100} \quad (4.3)$$

де $D\%$ — відсоток додаткової заробітної плати.

Визначимо додаткову заробітну плату:

$$Z_{\text{дод}} = \frac{67452 * 10}{100} = 6745,20 \text{ грн} \quad (4.4)$$

Відрахування в соціальні фонди:

$$Z_{\text{соц}} = \frac{(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}) * C\%}{100} \quad (4.5)$$

де $Z_{\text{соц}}$ — відрахування в соціальні фонди, грн.;

$$Z_{\text{соц}} = \frac{(67452 + 6745,2) * 15}{100} = 11129,58 \text{ грн} \quad (4.6)$$

Таким чином відрахування склали 11129,58 грн.

Податок на додану вартість розрахуємо за формулою:

$$Z_{\text{пдв}} = \frac{(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}) * \text{ПДВ}\%}{100} \quad (4.7)$$

$$Z_{\text{пдв}} = \frac{(67452 + 6745,2) * 20}{100} = 14839,44 \text{ грн} \quad (4.8)$$

Таблиця 4.2 надає детальний плановий розрахунок виробничої вартості для розробки програмних продуктів. Вона показує не лише загальну виробничу вартість, але й ціну, за якою компанія готова надавати свої послуги. Таблиця також включає інформацію про кінцеву ціну для клієнта, з урахуванням всіх націнок і вартості обслуговування. Ця інформація є надзвичайно корисною як для компанії, так і для клієнтів, оскільки це допомагає краще розуміти виробничі процеси та формування вартості.

Таблиця 4.2 — Калькуляція собівартості

Статті	Сума, грн.
Основна заробітна плата програміста	67452,00
Додаткова заробітна плата	6745,2
Відрахування в соціальні фонди	11129,58
ПДВ	14839,44
Собівартість ПЗ	100166,22

Отже, після аналізу всіх витрат, було визначено, що собівартість створення програмного забезпечення інтерактивної ретроспективної мапи Кривого Рогу становить 100166,22 гривень.

ВИСНОВКИ

В ході роботи над кваліфікаційною роботою було ретельно досліджено методи та засоби, які використовуються в рамках сучасних геоінформаційних технологій. Було проведено аналіз історичних аспектів, що дозволило визначити еволюцію і витoki сучасних ГІС-технологій та їх фундаментальні принципи. Також, в ході дослідження, було виявлено найбільш поширені платформи та сервіси, які пропонують геоінформаційні послуги – такі як Google Maps, ArcGIS, QGIS та інші, де кожен з них має свої унікальні функції та характеристики для задоволення потреб користувачів у різноманітних сферах, включно з картографією, урбаністикою, екологією, керуванням ресурсами та плануванням розвитку територій.

Ретроспективні мапи є одним із найважливіших інструментів для вивчення історичного розвитку та географічних змін рідного краю. Ці мапи відображають територію на певні історичні дати, що дозволяє дослідникам виявляти зміни в ландшафті, в населених пунктах, у користуванні землею, а також в соціально-економічному розвитку на протязі часу.

Вони створюються на основі різноманітних джерел: старих карт, історичних документів, описів очевидців, археологічних знахідок тощо. За допомогою ретроспективних карт можна прослідкувати розвиток доріг, зміну русел річок, процеси міського планування та багато іншого. Така візуалізація є незамінною при вивченні історії, адже допомагає не тільки вченим, але й студентам, школярам і всім зацікавленим особам краще зрозуміти історичні процеси і перетворення, що відбулися в їхньому регіоні.

Ретроспективні мапи також застосовують у сучасному плануванні міст та регіонів, оскільки вони можуть вказувати на історично важливі ареали, які потребують охорони або консервації. Крім того, вони часто використовуються і для ілюстрування навчальних матеріалів, наприклад, при підготовці шкільних підручників з історії та географії.

Таким чином, ретроспективні мапи є не лише показником історичної спадщини, а й засобом для її дослідження та збереження, що сприяє кращому розумінню минулого і формуванню поваги до історії та культури рідного краю.

Ми розробили програмне забезпечення для інтерактивної ретроспективної мапи міста Кривий Ріг, яке дозволяє користувачам візуально досліджувати історичні зміни в міській забудові та ландшафті. На початковому етапі було визначено ключові вимоги до системи, включаючи точність історичних даних, користувацький інтерфейс, масштабованість та можливість інтеракції із картографічними даними.

На основі цих вимог ми провели моделювання програмного забезпечення, визначивши структуру та алгоритми обробки даних. Для коректної роботи програми були застосовані спеціалізовані математичні методи та інструменти, які забезпечують високу точність відображення історичної інформації на мапі та ефективне управління великими обсягами даних.

Далі ми запроектували інтерфейс користувача для інтерактивної ретроспективної мапи. Він має інтуїтивно зрозумілу навігацію, прості інструменти пошуку та зручні функції для перегляду історичних знімків і картографічних матеріалів. В інтерфейсі передбачена можливість перемикання між різними історичними періодами, що дає користувачам змогу візуалізувати зміни у розвитку міської інфраструктури та архітектури.

В результаті інтерактивна ретроспективна мапа Кривого Рогу тепер є доступною для використання дослідниками, істориками, місцевими мешканцями, а також гостями міста, які цікавляться його історією і хочуть дізнатися більше про його еволюцію.

Проект має значний потенціал для подальшого розширення та розвитку, що відкриває широкі перспективи для поповнення колекції. Одним із напрямків є додавання нових екземплярів старих карт, що не тільки збагатить існуючу колекцію, але й допоможе максимально точно відтворити історичні

та культурні зміни в різних регіонах. Крім того, існує можливість створення нових геомаркованих мап. Цей процес передбачає ретельну роботу з перенесенням даних зі старих карт та аерофотознімків різних періодів на цифрові платформи, з подальшим прив'язуванням до сучасних картографічних координат. Такий підхід дозволить не тільки зберегти цінну інформацію для майбутніх поколінь, але й поліпшити розуміння історичної динаміки ландшафтів та освоєння територій, що є незамінним для дослідників, істориків, культурологів та урбаністів.

Розроблений модуль інтерактивної ретроспективної мапи можна також використовувати окремо від створеного веб-сервісу, вбудовувати його в інші веб-проєкти, навчальні ресурси тощо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Photozincography: Advances in Cartography [Електронний ресурс].
– Режим доступу:
<https://www.geographyrealm.com/photozincography-advances-cartography/>
2. Evolution of GIS [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.esri.in/content/dam/distributor-share/esri-in/pdf/arc-india-stories-25th-year/cover-story.pdf>
3. World Geodetic System [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/World_Geodetic_System
4. Туристичні карти-схеми міст: ретроспекція [Електронний ресурс].
– Режим доступу:
https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGZ_2023_02_4_4.pdf
5. Криворізький район [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://freemap.com.ua/dnepropetrovskaya-oblast/krivorozhskij-rajon/>
6. Етапи містобудівного розвитку м. Кривий Ріг [Електронний ресурс].
– Режим доступу:
<http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/14287/24-Tuamin.pdf?sequence=1>
7. SAGA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>
8. Canada Geographic Information System [Електронний ресурс]. –
Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/Canada_Geographic_Information_System
9. MOSS GIS Archives [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://mossgis.org/>
10. GRASS GIS [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://grass.osgeo.org/>

11. Esri builds ArcGIS, the world's leading GIS mapping software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.esri.com/en-us/home>
12. MapInfo Pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro>
13. gvSIG Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gvsig.org/en/web/guest>
14. A GIS Framework for Eclipse [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://udig.refrains.net/>
15. GenericMappingTools [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.generic-mapping-tools.org/>
16. FalconView [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.gatech.edu/falconview/>
17. Google Maps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.com/maps>
18. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.openstreetmap.org/>
19. GeoNetwork [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geonetwork-opensource.org/>
20. GeoTools [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geotools.org/>
21. Leaflet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://leafletjs.com/>

Додаток А

Текст програми

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1,
shrink-to-fit=no">
  <title>Ретроспективна мапа Кривого Рогу</title>
  <meta name="description" content="Free bootstrap template Atlas">
  <link rel="icon" href="img/favicon.png" sizes="32x32"
type="image/png">
  <!-- custom.css -->
  <link rel="stylesheet" href="css/custom.css">
  <!-- bootstrap.min.css -->
  <link rel="stylesheet" href="css/bootstrap.min.css">
  <!-- font-awesome -->
  <link rel="stylesheet" href="font-awesome-4.7.0/css/font-
awesome.min.css">

  <!-- AOS -->
  <link rel="stylesheet" href="css/aos.css">

</head>

<body>
  <!-- banner -->
  <div class="jumbotron jumbotron-fluid" id="banner"
style="background-image: url(img/banner-bk.jpg);">
    <div class="container text-center text-md-left">
      <header>
        <div class="row justify-content-between">
          <div class="col-2">
            
          </div>
          <div class="col-6 align-self-center text-right">
            <a href="#" class="text-white lead">Погляд
через десятиріччя</a>
          </div>
        </div>
      </header>
      <h1 data-aos="fade" data-aos-easing="linear" data-aos-
duration="1000" data-aos-once="true" class="display-3 text-white font-
weight-bold my-5">
        Ретроспективна мапа<br>
        Кривого Рогу
      </h1>
      <p data-aos="fade" data-aos-easing="linear" data-aos-
duration="1000" data-aos-once="true" class="lead text-white my-4">
        Вивчайте місто, порівнявши сучасний його вигляд зі
супутнику
        <br> та старі аерофотознімки
      </p>
    </div>
  </div>
</body>
</html>
```

```

        <a href="#" data-aos="fade" data-aos-easing="linear" data-
aos-duration="1000" data-aos-once="true" class="btn my-4 font-weight-
bold atlas-cta cta-green">Почати дослідження</a>
    </div>
</div>
<!-- three-blcok -->
<div class="container my-5 py-2">
    <h2 class="text-center font-weight-bold my-5">Дивись,
досліджуй, розумій... </h2>
    <div class="row">
        <div data-aos="fade-up" data-aos-delay="0" data-aos-
duration="1000" data-aos-once="true" class="col-md-4 text-center">
            
            <h4>Історія міста</h4>
            <p>Дізнайся, як змінювалось місто протягом століть</p>
        </div>
        <div data-aos="fade-up" data-aos-delay="200" data-aos-
duration="1000" data-aos-once="true" class="col-md-4 text-center">
            
            <h4>Ретроспективна мапа</h4>
            <p>Порівняй сучасний вигляд міста, з його виглядом на
історичних знімках</p>
        </div>
        <div data-aos="fade-up" data-aos-delay="400" data-aos-
duration="1000" data-aos-once="true" class="col-md-4 text-center">
            
            <h4>Історичні мапи</h4>
            <p>Дізнайся більше про розвиток міста з історичних мап
та схем</p>
        </div>
    </div>
</div>
<!-- feature (skew background) -->
<div class="jumbotron jumbotron-fluid feature" id="feature-first">
    <div class="container my-5">
        <div class="row justify-content-between text-center text-
md-left">
            <div data-aos="fade-right" data-aos-duration="1000"
data-aos-once="true" class="col-md-6">
                <h2 class="font-weight-bold">Дивовижна історія
міста</h2>
                <p class="my-4">Історичний огляд розбудови міста від
кам'яної доби до сучасності</p>
                <a href="#" class="btn my-4 font-weight-bold atlas-
cta cta-blue">Дізнатись більше</a>
            </div>
            <div data-aos="fade-left" data-aos-duration="1000"
data-aos-once="true" class="col-md-6 align-self-center">
                
            </div>
        </div>
    </div>
</div>
<!-- feature (green background) -->

```

```

<div class="jumbotron jumbotron-fluid feature" id="feature-last">
  <div class="container">
    <div class="row justify-content-between text-center text-
md-left">
      <div data-aos="fade-left" data-aos-duration="1000"
data-aos-once="true" class="col-md-6 flex-md-last">
        <h2 class="font-weight-bold">Історичні мапи
міста</h2>
        <p class="my-4">
          Ознайомся зі стородавними мапами Кривого Рогу
          <br> та Криворізького району
        </p>
        <a href="#" class="btn my-4 font-weight-bold atlas-
cta cta-blue">Дізнатись більше</a>
      </div>
      <div data-aos="fade-right" data-aos-duration="1000"
data-aos-once="true" class="col-md-6 align-self-center flex-md-first">
        
      </div>
    </div>
  </div>
</div>

<!-- Історія міста -->
<div class="container my-5 py-2" id="price-table">
  <h2 class="text-center font-weight-bold d-block mb-3">Історія
міста</h2>
  <div class="row">
    <p>
      Розвиток Кривого Рогу був тісно пов'язаний із
історичними, зокрема,
політичними, подіями та соціально-економічними факторами (насамперед,
розвитком промисловості). Розглядаючи в цьому аспекті історію м. Кривий
Ріг, можна визначити такі етапи його архітектурно-містобудівного
розвитку:
XVII-XVIII ст., XIX – початок XX ст., XX-XXI ст.
    </p>
    <p>З XV-XVII ст. Криворіжжя належало до земель Війська
Запорозького
Низового. Тут на той час споруджувалися окремі житла запорозьких козаків
– курені, бурдюги, зимівники, які започаткували розвиток поселень, що
пізніше ввійшли до складу майбутнього міста Кривий Ріг.
    </p>
    
    <p>На злитті рік Саксагані та Інгульця, за переказами,
був зимівник кульгавого (кривого) козака Рога, що став ядром сучасного
міста. Ім'я цього козака
ототожнюється з ім'ям реального козака Івана Рога, який
у 60-70-ті роки
XVII ст. був вибраний кошовим отаманом Запорозької Січі. Водночас, слід
зазначити, що урочище Кривий Ріг у документах Запорізького Коша значилося
ще до виникнення поселення. Злиття рік у вказаному місці утворювала
довгий
мис у вигляді рогу. Цю територію і вважають ядром зародження м. Кривий
Ріг.
    </p>
  </div>

```

<p>Сучасна територія міста належала частково до Бугогардівської (правий берег р. Інгулець) та Інгульської (Перевізької) паланок. Центри цих паланок знаходилися поза межами сучасного міста: центром Бугогардівської паланки був Гард на р. Південний Буг, Інгульської – Перевізка (біля правого берега Дніпра) чи Кам'янка. На території Інгульської паланки знаходилися поселення та зимівники, серед яких згадуються Шестерня, Кривий Ріг, Тернівка (сучасний Тернівський район міста), Ракове [1, с. 160]. Слід зазначити, що поселення Кривий Ріг мало особливе значення для розвитку сучасного міста.</p>

```
</div>
</div>

<!-- Старі мапи -->
<div class="container my-5 py-2" id="price-table">
  <h2 class="text-center font-weight-bold d-block mb-3">Старі мапи</h2>
  <div class="row">
    <img src= "img/Kryvyi_Rih_Region_Map_1914.jpg">
  </div>
</div>
```

```
<!-- Ретроспективна мапа -->
<div class="container my-5 py-2" id="price-table">
  <h2 class="text-center font-weight-bold d-block mb-3">Ретроспективна мапа</h2>
  <div class="row">
    <!-- Відображення мапи -->
    <div class="container">
      <div class="image">
        
        <div id="overlay-map" class="overlay-map"></div>
      </div>
      <div class="map" id="map"></div>
    </div>
    <input type="range" id="slider" min="1" max="20" value="15">
    <button id="street-toggle">Включити відображення вулиць</button>
```

```
<script>
  let streetLayerEnabled = false;

  function initMap() {
    const location = { lat: 47.905127470473566, lng: 33.33767321407732 };

    const map = new
google.maps.Map(document.getElementById("map"), {
  zoom: 15,
  center: location,
  mapTypeId: 'satellite'
```

```

    });

    const overlayMap = new
    google.maps.Map(document.getElementById("overlay-map"), {
        zoom: 15,
        center: location,
        mapTypeId: 'roadmap',
        disableDefaultUI: true,
        styles: [
            {
                featureType: 'all',
                elementType: 'labels',
                stylers: [{ visibility: 'off' }]
            }
        ]
    });

    const marker = new google.maps.Marker({
        position: location,
        map: map
    });

    const slider = document.getElementById('slider');
    const img = document.getElementById('photo');
    const streetToggleBtn = document.getElementById('street-
toggle');

    slider.addEventListener('input', () => {
        const zoomLevel = parseInt(slider.value);
        map.setZoom(zoomLevel);
        overlayMap.setZoom(zoomLevel);
        img.style.transform = `translate(-50%, -50%)
scale(${zoomLevel / 10})`;
    });

    streetToggleBtn.addEventListener('click', () => {
        if (streetLayerEnabled) {
            overlayMap.setMap(null);
            streetToggleBtn.textContent = "Включити
відображення вулиць";
        } else {
            overlayMap.setMap(map);
            streetToggleBtn.textContent = "Виключити
відображення вулиць";
        }
        streetLayerEnabled = !streetLayerEnabled;
    });

    let isDragging = false;
    let startX, startY, initialX, initialY;

    img.addEventListener('mousedown', (e) => {
        isDragging = true;
        startX = e.clientX;
        startY = e.clientY;
        initialX = parseFloat(img.style.left) || 50;
        initialY = parseFloat(img.style.top) || 50;
        img.style.cursor = 'grabbing';
    });

```



```

    });

    document.addEventListener('mouseup', () => {
        isDragging = false;
        img.style.cursor = 'grab';
    });

    document.addEventListener('mousemove', (e) => {
        if (isDragging) {
            const dx = e.clientX - startX;
            const dy = e.clientY - startY;
            img.style.left = `${initialX + dx}px`;
            img.style.top = `${initialY + dy}px`;
        }
    });

    img.addEventListener('touchstart', (e) => {
        isDragging = true;
        startX = e.touches[0].clientX;
        startY = e.touches[0].clientY;
        initialX = parseFloat(img.style.left) || 50;
        initialY = parseFloat(img.style.top) || 50;
        img.style.cursor = 'grabbing';
    });

    document.addEventListener('touchend', () => {
        isDragging = false;
        img.style.cursor = 'grab';
    });

    document.addEventListener('touchmove', (e) => {
        if (isDragging) {
            const dx = e.touches[0].clientX - startX;
            const dy = e.touches[0].clientY - startY;
            img.style.left = `${initialX + dx}px`;
            img.style.top = `${initialY + dy}px`;
        }
    });
}
</script>
<script async defer
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyCzrECMmd7PC6eQl
xoQgO32UJN6VW4tZ3k&callback=initMap"></script>

</div>
</div>

<!-- contact -->
<div class="jumbotron jumbotron-fluid" id="contact"
style="background-image: url(img/contact-bk.jpg);">
    <div class="container my-5">
        <div class="row justify-content-between">
            <div class="col-md-6 text-white">
                <h2 class="font-weight-bold">Залиште свій
відгук</h2>
                <p class="my-4">

```

На буде приємно, якщо ви залишите свій відгук про наш сервіс,
напишете зауваження та поради щодо подальшого розвитку.

```
</p>
<ul class="list-unstyled">
  <li>Email : email@knu.edu.ua</li>
  <li>Тел. : 0564 xx-xx-xx</li>
  <li>Адреса: вул. Віталія Матусевича, 11, м.
Кривий Ріг, Україна </li>
</ul>
</div>
<div class="col-md-6">
  <form>
    <div class="row">
      <div class="form-group col-md-6">
        <label for="name">Ваше ім'я</label>
        <input type="name" class="form-
control" id="name">
      </div>
      <div class="form-group col-md-6">
        <label for="Email">Ваш Email</label>
        <input type="email" class="form-
control" id="Email">
      </div>
    </div>
    <div class="form-group">
      <label for="message">Повідомлення</label>
      <textarea class="form-control"
id="message" rows="3"></textarea>
    </div>
    <button type="submit" class="btn font-weight-
bold atlas-cta atlas-cta-wide cta-green my-3">Надіслати</button>
  </form>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
<!-- copyright -->
<div class="jumbotron jumbotron-fluid" id="copyright">
  <div class="container">
    <div class="row justify-content-between">
      <div class="col-md-6 text-white align-self-center text-
center text-md-left my-2">
        Copyright © 2024 Кривий Ріг, Криворізький
національний університет.
      </div>
      <div class="col-md-6 align-self-center text-center
text-md-right my-2" id="social-media">
        <a href="#" class="d-inline-block text-center ml-
2">
          <i class="fa fa-facebook" aria-hidden="true"></i>
</a>
        <a href="#" class="d-inline-block text-center ml-
2">
          <i class="fa fa-twitter" aria-hidden="true"></i>
</a>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
```

```
2">
    <a href="#" class="d-inline-block text-center ml-
    <i class="fa fa-medium" aria-hidden="true"></i>
    </a>
2">
    <a href="#" class="d-inline-block text-center ml-
    <i class="fa fa-linkedin" aria-hidden="true"></i>
    </a>
    </div>
    </div>
    </div>
</div>

<!-- AOS -->
<script src="js/aos.js"></script>
<script>
    AOS.init({
        });
    </script>
</body>

</html>
```