

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка програмного забезпечення для аналізу
геопросторових даних мовою Python та з використанням GIS
технології»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми «Інженерія програмного забезпечення»
(назва)

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

_____ Данило ЛІСНЯК
(підпис)

Виконав: здобувач вищої освіти групи ПД-43

_____ Данило ЛІСНЯК

Керівник: _____ Ігор АВЕРІЧЕВ
к.е.н,

Рецензент: _____

Київ 2024

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення

Освітньо-професійна програма «Інженерія програмного забезпечення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Інженерії програмного забезпечення

_____ Ірина ЗАМРІЙ

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Лісняку Данилу Романовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Розробка програмного забезпечення для аналізу геопросторових даних мовою Python та з використанням GIS технологій»

керівник кваліфікаційної роботи к.е.н., доцент кафедри ІІЗ Ігор АВЕРІЧЕВ

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «10» квітня 2024 р. №.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «20» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, вимоги до програмного забезпечення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд наявних геоінформаційних технологій

2. Дослідження існуючих рішень для оброблення геопросторової інформації

3. Python у програмному забезпеченні для ГІС

4. Огляд наявних геоінформаційних технологій
5. Перелік графічного матеріалу: *презентація*
1. Аналіз аналогів.
 2. Блок-схема резервного копіювання.
 3. Діаграма прецедентів.
 4. Діаграма класів.
 5. Екранні форми.
6. Дата видачі завдання «10» квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	10.04-20.04.24	
2	Вивчення матеріалів для аналізу існуючих геопросторових рішень для створення мапи заповідників	20.04-25.04.24	
3	Моделювання вимог до програмного забезпечення	25.04-28.04.24	
4	Реалізація мапи за допомогою мови програмування Python	28.04-05.05.24	
5	Аналіз та перевірка наведених даних щодо заповідників	05.05-10.05.24	
6	Тестування програмного застосунку	10.05-15.05.24	
7	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	15.05-19.05.24	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	19.05-20.05.24	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Данило ЛІСНЯК

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Ігор АВЕРІЧЕВ

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 52 стор., 3 табл., 12 рис., 8 джерел.

Мета роботи – каталогізація заповідників України на мапі.

Об'єкт дослідження – процес розробки та впровадження ГІС-сервісу для відображення та довідкової інформації про природні заповідники України.

Предмет дослідження – програмне забезпечення для автоматизованої побудови тематичної мапи заповідників.

Короткий зміст роботи: У роботі проаналізовано алгоритми та методи для обробки геоданих для створення інтерактивної мапи. Проаналізовано інструментальні засоби для формування карт: ArcGIS, QGIS. Розроблено алгоритм роботи застосунку та програмно реалізовані ключові функціональні можливості, . Проведено функціональне та модульне тестування додатку. В роботі використано мову програмування Python та бібліотеки Folium, Django .

Розроблений сервіс дозволить користувачам легко ознайомитися з місцезнаходженням та основними характеристиками природних заповідників, що сприятиме підвищенню

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МАПА ЗАПОВІДНИКІВ, ГІС ТЕХНОЛОГІЇ, ЗАСТОСУНОК МОВОЮ PYTHON.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОГЛЯД НАЯВНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	11
1.1 Історія та розвиток ГІС-технологій.....	11
1.2 Основні поняття та терміни у ГІС.....	12
1.3 Дистанційне зондування.....	13
1.4 Дані висот.....	18
1.5 Типи геопросторових даних.....	20
1.6 Архітектура та компоненти сучасних ГІС.....	21
1.7 Важливість геопросторового аналізу.....	22
1.8 Тенденції розвитку геоінформаційних технологій.....	23
2 Дослідження існуючих рішень для оброблення геопросторової інформації ...	26
2.1 Огляд популярних програмних засобів для аналізу геопросторових даних...	26
2.2 Порівняння функціональних можливостей різних ГІС-рішень.....	28
2.3 Аналіз продуктивності та ефективності існуючих рішень.....	30
2.4 Визначення критеріїв вибору програмних засобів для обробки геопросторових даних.....	30
2.5 Огляд загальних форматів даних.....	31
2.6 Огляд відкритих та комерційних ГІС-рішень.....	35
3 Python у програмному забезпеченні для ГІС.....	38
3.1 Комп'ютерне автоматизоване проектування.....	38
3.2 Об'єктно-орієнтоване програмування для геопросторового аналізу.....	39
3.3 Переваги використання Python для обробки геопросторових даних.....	41
3.4 Огляд бібліотек Python для ГІС.....	42
3.5 Автоматизація обробки геопросторових даних за допомогою бібліотеки Python.....	45
3.6 Інтеграція Python з іншими ГІС-платформами.....	46
3.7 Робота з векторними та растровими даними одночасно в середовищі Python.	47
3.8 Геоаналітика та геопрогнозування з використанням Python.....	48

3.9 Візуалізація геопросторових даних за допомогою бібліотеки Folium	49
4 Огляд наявних геоінформаційних технологій	51
4.1 Інструменти розробки.....	51
4.2 Структура проекту	53
4.3 Реалізація основних функціональних модулів.....	54
4.4 Тестування та валідація ГІС сервісу	58
4.5 Приклади використання розробленого ГІС сервісу	58
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТОК А. ДЕМООНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ	63

ВСТУП

Завдяки стрімкому розвитку геоінформаційних систем (ГІС) та технологій дистанційного зондування, сьогодні ми маємо можливість отримувати й обробляти геопросторові дані на абсолютно новому рівні. Технології, які раніше здавалися науковою фантастикою, стали реальністю, забезпечуючи високоточне вимірювання і картографування територій. Від фотограмметрії до мікрохвильового дистанційного зондування, від традиційних паперових карт до сучасних цифрових моделей — усі ці методи надають унікальні можливості для вивчення нашої планети.

ГІС та дистанційне зондування дозволяють збирати дані з різних платформ і сенсорів, у різних часових рамках та з різною роздільною здатністю. Це включає аерофотознімання, геологічні й топографічні карти та багато іншого. Однак, не дивлячись на наявність такої великої кількості інформації, ми стикаємося з парадоксом: з одного боку існує значний попит на знання, а з іншого — велика кількість геопросторових даних залишається невикористаною.

Проблема полягає у невідповідності між швидкістю розвитку технологій збору даних та можливостями їх аналізу. Застосування ГІС та технологій дистанційного зондування дозволяє подолати цей розрив, але все ще існує значний дефіцит у технологіях просторового аналізу. Це явище часто називають "вибухом даних, але бідністю знань". Тому важливо розвивати не лише методи збору даних, але й удосконалювати технології їх обробки та аналізу, щоб максимально використовувати потенціал наявної інформації.

Сучасні ГІС та технології дистанційного зондування мають потенціал для революційних змін у різних сферах людської діяльності, від екологічного моніторингу до планування міст, управління природними ресурсами та реагування на надзвичайні ситуації. Проте, щоб досягти цього, необхідно вирішити проблему неефективного використання наявних даних та зосередитися на розвитку

технологій просторового аналізу, що дозволить перетворити масиви даних у корисні знання.

Протягом останніх десятиліть обсяги даних, до яких ми легко можемо отримати доступ через Інтернет, зросли величезними. З легкістю доступу до даних стає все більш привабливим виконання аналізу великих наборів даних для вилучення важливих факторів, зареєстрованих в даних на різних часових і просторових шкалах, таких як глобальні зміни клімату. Незважаючи на потенціал, який можуть надати всі ці легкодоступні дані, аналізувати та інтерпретувати ці дані таким чином, щоб люди могли легко їх зрозуміти, залишається значним викликом.

Як ви можете уявити, навички програмування можуть допомогти з деякими аспектами виклику аналізу даних. Зокрема, навіть базові навички програмування можуть допомогти обробити масивний текстовий файл даних таким чином, що довгий список чисел, наприклад, стає чимось, що ми можемо переглянути та майже миттєво зрозуміти.

1 ОГЛЯД НАЯВНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Історія та розвиток ГІС-технологій

Геоінформаційні системи (ГІС) пройшли значний шлях розвитку від своїх витоків до сучасних потужних інструментів, що використовуються в різних галузях. Історія та розвиток ГІС-технологій можна розділити на кілька ключових етапів.

У ранньому періоді, до 1960-х років, картографія та геодезія використовувалися для навігації та планування. Ранні карти створювалися вручну і не мали точності, властивої сучасним картографічним матеріалам. У середині 20-го століття з'явилися перші спроби автоматизації процесу створення карт, зокрема використання комп'ютерів для обробки географічних даних.

Початок розвитку ГІС-технологій відбувся в 1960-х роках. У 1963 році Роджер Томлінсон, відомий як "батько ГІС", розробив Канадську географічну інформаційну систему (CGIS) для Канадського уряду. CGIS була першою системою, яка використовувала комп'ютер для зберігання, аналізу та відображення геопросторових даних. CGIS дозволяла проводити аналіз та обробку великого обсягу географічних даних, що включало накладення шарів даних та створення комплексних картографічних продуктів.

У 1970-х та 1980-х роках ГІС-технології розвивалися та комерціалізувалися. У цей період з'явилися перші комерційні ГІС-продукти, такі як ArcInfo від ESRI (Environmental Systems Research Institute), що стали доступними на ринку. Паралельно з розвитком програмного забезпечення удосконалювалося й апаратне забезпечення, що дозволило ГІС почати застосовувати у різних галузях, таких як урбаністичне планування, управління природними ресурсами, транспорт та логістика.

У 1990-х та 2000-х роках значно зросла роль Інтернету у розвитку ГІС-технологій. Інтернет розширив можливості ГІС, зокрема з'явилися веб-ГІС, що

дозволили користувачам доступ до геопросторових даних через інтернет. ГІС почали інтегрувати з GPS (Global Positioning System), що дозволило створювати точніші карти та покращити навігаційні системи. Було розроблено багато стандартів для геопросторових даних, що полегшило обмін даними між різними системами та організаціями.

Сучасний етап розвитку ГІС-технологій розпочався з 2010-х років. Сучасні ГІС використовують технології великих даних та штучного інтелекту для аналізу складних геопросторових даних. Використання хмарних обчислень дозволило зберігати та обробляти великі обсяги даних, забезпечуючи доступ до ГІС-сервісів з будь-якого місця у світі. Зростання популярності смартфонів призвело до створення мобільних ГІС-додатків, що дозволяють користувачам збирати та аналізувати дані на місцевості.

Зараз існують десятки настільних додатків з графічним інтерфейсом користувача (GUI) для роботи з геопросторовими даними, розроблених такими компаніями, як Esri, ERDAS, Intergraph, ENVI тощо. Esri є найстарішою постійно діючою компанією, що розробляє ПЗ для ГІС, яка почала свою діяльність наприкінці 1960-х років. У сфері відкритого програмного забезпечення широко використовуються такі пакети, як Quantum GIS (QGIS) та Geographic Resources Analysis Support System (GRASS). Крім комплексних настільних програм, існують тисячі програмних бібліотек для створення нового програмного забезпечення.

1.2 Основні поняття та терміни у ГІС

Основні поняття та терміни у геоінформаційних системах (ГІС) є важливими для розуміння принципів та функціоналу цих систем.

Геопросторові дані є інформацією, що пов'язана з конкретним місцезнаходженням на Землі, такими як точки, лінії або полігони, які визначають об'єкти та їх властивості на мапі.

Шари даних в ГІС організовані у вигляді окремих шарів, кожен з яких може містити певний тип географічної інформації, наприклад, дороги, річки, межі земельних ділянок тощо.

Просторовий аналіз використання геопросторових даних потрібен для отримання нової інформації або розуміння географічних явищ, наприклад, буферизація, наочна аналітика, визначення відстаней тощо.

Геокодування для розміщення об'єктів на карті.

Метадані - це інформація про дані у ГІС, така як джерело, дата збору, масштаб, точність тощо, що допомагає користувачам зрозуміти та правильно інтерпретувати географічні дані.

Цифрова топографічна карта (DTM) - це цифрова модель рельєфу, яка відображає висоти земної поверхні у кожній точці і використовується для аналізу та візуалізації рельєфу.

Геореференція - це процес призначення координат географічним об'єктам або картам, що дозволяє їх точно відобразити на земній поверхні.

Геопроцеси - це операції, які застосовуються до геопросторових даних, такі як об'єднання, розрізання, агрегування тощо.

1.3 Дистанційне зондування

Дистанційне зондування – це збір інформації про об'єкт без фізичного контакту з ним. У контексті геопросторового аналізу цей об'єкт зазвичай є Землею. Дистанційне зондування також включає обробку зібраної інформації. Потенціал геоінформаційних систем обмежується лише наявними географічними даними. Вартість геодезичних робіт, навіть із використанням сучасного GPS для заповнення ГІС, завжди була ресурсомісткою.

Винахід дистанційного зондування не лише значно знизив вартість геопросторового аналізу, а й направив цю галузь у абсолютно нові напрями. Крім потужних референційних даних для ГІС, дистанційне зондування зробило

можливою автоматизовану та напіваавтоматизовану генерацію ГІС-даних шляхом вилучення об'єктів з зображень та географічних даних. Ексцентричний французький фотограф Гаспар-Фелікс Турнашон, також відомий як Надар, зробив першу аерофотозйомку у 1858 році з повітряної кулі над Парижем.

Цінність справжнього виду з висоти пташиного польоту стала одразу очевидною. Вже у 1920 році почали з'являтися книги з інтерпретації аерофотознімків. Коли після 1945 року вступили в Холодну війну з Радянським Союзом, аерофотозйомка для моніторингу військових можливостей стала масовою з винаходом американського літака-шпигуна U-2. Літак U-2 міг літати на висоті 75 000 футів, що ставило його поза досяжністю існуючих зенітних систем, які могли досягати лише 50 000 футів. Полети U-2 над СРСР закінчилися, коли радянські війська збили U-2 і захопили пілота.

Однак аерофотозйомка мала невеликий вплив на сучасний геопросторовий аналіз. Літаки могли захоплювати лише невеликі ділянки території. Фотографії прикріплювали до стін або вивчали на світлових столах, але не в контексті іншої інформації. Хоча інтерпретація аерофотознімків була надзвичайно корисною, це було лише ще одне візуальне сприйняття.

Все змінилася 4 жовтня 1957 року, коли Радянський Союз запустив супутник "Супутник-1". Радянські війська відмовилися від набагато складнішого і вдосконаленого прототипу супутника через труднощі у виробництві. Після виправлення цей прототип пізніше став "Супутником-3". Натомість вони обрали просту металеву сферу з чотирма антенами і простим радіопередавачем. Інші країни, включаючи Сполучені Штати, також працювали над супутниками. Ці ініціативи щодо супутників не були цілком секретними. Вони були під керівництвом наукових мотивів у рамках Міжнародного геофізичного року (IGY).

Розвиток ракетної технології зробив штучні супутники природною еволюцією для наук про Землю. Однак у майже кожному випадку велику роль відігравали оборонні агенції. Як і радянські, інші країни також боролися зі складними проектами супутників, насичених науковими приладами. Рішення

радянських вчених переключитися на найпростіший можливий пристрій було зроблено виключно для того, щоб запустити супутник до того, як це зроблять американці. "Супутник" був видимий у небі, коли пролітав, і його радіосигнал могли чути аматорські радіооператори. Незважаючи на простоту "Супутника", він надав цінну наукову інформацію, яка могла бути отримана з його орбітальної механіки та радіочастотної фізики.

Найбільший вплив програми "Супутник" був на американську космічну програму. Головний супротивник Америки здобув величезну перевагу в космічних перегонах. Сполучені Штати зрештою відповіли програмою висадки на Місяць "Аполлон". Однак до цього США запустили програму, яка залишалася національним секретом до 1995 року. Секретна програма CORONA призвела до перших знімків з космосу. США і Радянський Союз підписали угоду про припинення польотів літаків-шпигунів, але супутники були помітно відсутні в переговорах.

Перший супутник CORONA був чотирирічним зусиллям з багатьма невдачами. Однак програма зрештою досягла успіху. Складність із супутниковим зображенням, навіть сьогодні, полягає в отриманні зображень з космосу. Супутники CORONA використовували касети з чорно-білою плівкою, які викидалися з апарата після експозиції. Коли плівкова касета спускалася на Землю на парашуті, військовий літак США ловив її в повітрі. Якщо літак пропускав касету, вона плавала на воді протягом короткого періоду часу, перш ніж затонути в океані для захисту чутливої інформації.

США продовжували розвивати супутники CORONA, поки їх роздільна здатність і якість фотографій не зрівнялися з фотографіями, зробленими літаком-шпиуном U-2. Основними недоліками інструментів CORONA були повторне використання та своєчасність. Після закінчення плівки супутник більше не міг бути використаний. Крім того, відновлення плівки відбувалося за встановленим графіком, що робило систему непридатною для моніторингу в реальному часі.

Загальний успіх програми CORONA, однак, проклав шлях для наступної хвилі супутників, які почали сучасну еру дистанційного зондування.

Через секретний статус програми CORONA її вплив на дистанційне зондування був непрямим. Фотографії Землі, зроблені на пілотованих місіях США, надихнули ідею цивільного супутника дистанційного зондування. Переваги такого супутника були очевидними, але ідея все ще була суперечливою. Державні чиновники ставили під сумнів, чи супутник є так само економічно ефективним, як аерофотозйомка. Військові турбувалися, що публічний супутник може поставити під загрозу секретність програми CORONA. Інші чиновники хвилювалися про політичні наслідки зображення інших країн без дозволу. Однак Міністерство внутрішніх справ (DOI) нарешті отримало дозвіл для NASA створити супутник для моніторингу ресурсів поверхні Землі.

23 липня 1972 року NASA запустило супутник Earth Resources Technology Satellite (ERTS). ERTS швидко перейменували на Landsat 1. Платформа містила два датчики. Першим був датчик Return Beam Vidicon (RBV), який по суті був відеокамерою. Його виготовила компанія Radio Corporation of America (RCA), відома як радіо- та телевізійний гігант. RBV відразу мав проблеми, включаючи відключення системи орієнтації супутника. Другою спробою став високоекспериментальний багатоспектральний сканер (MSS). MSS працював бездоганно і давав кращі результати, ніж RBV. MSS захоплював чотири окремі зображення на чотирьох різних довжинах хвиль світла, відбитого від поверхні Землі.

Цей датчик мав кілька революційних можливостей. Найважливішою була перша глобальна візуалізація планети, що сканувала кожну ділянку Землі кожні 16 днів. Наступне зображення від NASA ілюструє цей політ та схему збору даних, що являє собою серію перекриваючих смуг, коли датчик обертається навколо Землі, захоплюючи плитку даних кожного разу, коли датчик зображує місцезнаходження на Землі.

Він також записував світло за межами видимого спектра. Хоча він захоплював зелене і червоне світло, видиме для людського ока, він також сканував ближнє інфрачервоне світло на двох різних довжинах хвиль, невидимих для людського ока. Зображення зберігалися і передавалися цифровим способом до трьох різних наземних станцій у Меріленді, Каліфорнії та Алясці. Його багатоспектральна можливість і цифровий формат означали, що повітряний вид, наданий Landsat, не був просто черговою фотографією з неба. Він передавав дані. Ці дані могли бути оброблені комп'ютерами для отримання похідної інформації про Землю так само, як ГІС надавав похідну інформацію про Землю, аналізуючи одну географічну ознаку в контексті іншої. NASA просувала використання Landsat у всьому світі і робила дані доступними за дуже прийнятними цінами для кожного, хто просив.

Ця глобальна можливість візуалізації призвела до багатьох наукових відкриттів, включаючи відкриття раніше невідомої географії, яке сталося ще в 1976 році. Наприклад, використовуючи зображення Landsat, уряд Канади виявив невеликий незвіданий острів, населений білими ведмедями. Вони назвали нову земельну ділянку островом Landsat.

Landsat 1 був наступним після шести інших місій, які були передані Національному управлінню океанічних і атмосферних досліджень (NOAA) як відповідальній агенції. Landsat 6 не зміг вийти на орбіту через розривний колектор, який вимкнув його двигуни маневрування. Під час деяких з цих місій супутники керувалися компанією Earth Observation Satellite (EOSAT), тепер відомою як Space Imaging, але були повернуті під урядове управління місією Landsat 7. Наступне зображення від NASA є зразком продукту Landsat 7.

Місія Landsat Data Continuity Mission (LDCM) була запущена 13 лютого 2013 року і почала збір зображень 27 квітня 2013 року в рамках калібрувального циклу, щоб стати Landsat 8. LDCM є спільною місією NASA та Геологічної служби США (USGS).

Дистанційне зондування, починаючи з аерофотозйомки в 1858 році і закінчуючи сучасними супутниковими місіями, справді революціонізувало геопросторовий аналіз. Винаходи, які виникли в цій області, значно знизили вартість та зробили доступними великі масштаби географічних даних, що дозволило розвиток геоінформаційних систем.

Починаючи з перших аерофотозйомок та американських супутникових програм, таких як CORONA та Landsat, дистанційне зондування надало можливість отримувати цінну інформацію про Землю, яка була використана в наукових, військових і цивільних сферах. Вплив цих технологій привів до великих наукових відкриттів і сприяв розвитку сучасних геопросторових аналітичних інструментів.

1.4 Дані висот

Дані дистанційного зондування можуть вимірювати Землю в двох вимірах. Але ми також можемо використовувати дистанційне зондування для вимірювання Землі в трьох вимірах за допомогою цифрових моделей висоти, які включаємо в Цифрову Модель Висот (ЦМВ). Цифрова Модель Висот (ЦМВ) - це тривимірне зображення рельєфу планети. Історія цифрових моделей висот набагато менш складна, ніж історія зображень, отриманих за допомогою дистанційного зондування, але не менш значуща. До появи комп'ютерів представлення даних висоти обмежувалося топографічними картами, створеними за допомогою традиційних наземних обстежень. Технологія існувала для створення тривимірних моделей з стереоскопічних зображень або фізичних моделей з матеріалів, таких як глина або дерево, але ці підходи не були широко використовувані для географії.

Концепція цифрових моделей висот виникла у 1986 році, коли Французьке космічне агентство, Centre National d'études Spatiales (CNES) або Національний центр космічних досліджень, запустило свій супутник SPOT-1, який включав стереоскопічний радар. Ця система створила першу корисну ЦМВ. Кілька інших

американських і європейських супутників наслідували цей приклад з подібними місіями.

У лютому 2000 року космічний шаттл Endeavour провів Місію Радарної Топографії Шаттла (SRTM), яка збрала дані висот понад 80% поверхні Землі за допомогою спеціальної конфігурації радарної антени, що дозволила зібрати дані за один прохід. Ця модель була перевершена у 2009 році спільною американською та японською місією з використанням датчика Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer на борту супутника NASA Terra. Ця система охопила 99% поверхні Землі, але виявила незначні проблеми з даними. Оскільки орбіта космічного шаттла не перетинала полюси Землі, він не зміг охопити всю поверхню. SRTM залишається золотим стандартом.

Нещодавно було розпочато більш амбіційні спроби створити світовий набір даних висот у вигляді супутників TerraSAR-X та TanDEM-X, які були запуснені Німеччиною у 2007 і 2010 роках відповідно. Ці два радарні супутники висот працювали разом для створення глобальної ЦМВ під назвою WorldDEM, яка була випущена 15 квітня 2014 року. Цей набір даних має відносну точність 2 метри і абсолютну точність 4 метри.

Цифрові моделі висот (ЦМВ) відіграють важливу роль у вимірюванні Землі в трьох вимірах, доповнюючи дані, отримані за допомогою зображень дистанційного зондування. Історія їх розвитку від перших спроб у 1986 році до сучасних проєктів, таких як WorldDEM, свідчить про значний прогрес у цій області. За допомогою цих цифрових моделей, які мають високу точність і охоплюють великі території, можна здійснювати детальний аналіз рельєфу Землі та використовувати цю інформацію для різних цілей, від наукових досліджень до планування місцевих інфраструктурних проєктів.

1.5 Типи геопросторових даних

Геопросторові дані, які використовуються у геоінформаційних системах (ГІС), можуть бути поділені на кілька категорій, що відображають різноманітні аспекти географічної інформації та її представлення. Додатково до згаданих типів, існують ще деякі важливі класифікації геопросторових даних.

Один з таких аспектів - тематична класифікація. Геопросторові дані можна поділити за темами, які вони відображають. Наприклад, це можуть бути дані про транспортну інфраструктуру (дороги, залізниці), гідрографію (річки, озера), природні ресурси (ліси, поля, гірські масиви), а також соціально-економічні дані (місця проживання, школи, лікарні). Ця класифікація дозволяє організувати геопросторові дані залежно від їхнього призначення та використовувати їх для вирішення конкретних завдань.

Іншим важливим аспектом є масштаб геопросторових даних. Дані можуть бути представлені на різних масштабах, від великих територій, таких як континенти або країни, до детальних карт міських районів або навіть окремих будинків. Залежно від потреб користувача та конкретної задачі, може знадобитися використання геопросторових даних різних масштабів для отримання необхідної деталізації.

Необхідно також враховувати формати даних. Геопросторові дані можуть бути представлені у різних форматах файлів, таких як Shapefile, GeoJSON, KML, а також у спеціалізованих форматах для растрових зображень (наприклад, GeoTIFF). Вибір формату даних залежить від конкретної програми або середовища, у якому планується використання цих даних.

Отже, геопросторові дані - це різноманітний та складний об'єкт, що включає в себе різні типи, тематики, масштаби та формати. Розуміння цих аспектів дозволяє ефективно використовувати геоінформаційні системи для аналізу та вирішення географічних завдань у різних галузях діяльності.

1.6 Архітектура та компоненти сучасних ГІС

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) складаються зі складної архітектури, що включає різноманітні компоненти, спрямовані на збір, зберігання, обробку, аналіз та візуалізацію геопросторової інформації.

Користувацький інтерфейс це інтерактивна частина системи, яка надає можливість користувачеві взаємодіяти з ГІС. Вона може бути веб-додатком, десктопною програмою або мобільним додатком, що дозволяє вводити дані, виконувати аналіз та спостереження за географічними явищами. На рис.1 наведено схема роботи архітектури.

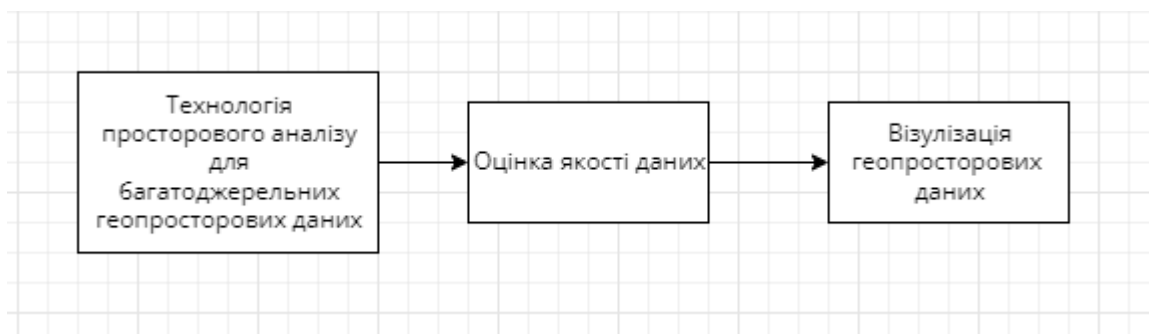


Рис.1 Схема роботи архітектури

Система управління базами даних (СУБД) цей компонент відповідає за зберігання та управління геопросторовими даними. Він може використовувати різні типи баз даних, такі як реляційні або нереляційні, для забезпечення ефективного доступу до даних.

Геоаналітичні модулі ці модулі використовуються для виконання аналізу та обробки геопросторових даних. Вони містять алгоритми для виконання різних операцій, таких як буферизація, перетин, підрахунок площі тощо.

Серверні компоненти це компоненти, які забезпечують обробку запитів користувачів та взаємодію з базою даних. Вони можуть включати веб-сервери, сервіси обробки даних та інші складові для забезпечення ефективності системи.

Геоданий сервіси це веб-сервіси, які надають доступ до геопросторових даних через Інтернет. Вони можуть включати сервіси картографування, геокодування, маршрутизації та інші.

Бібліотеки та фреймворки це програмні засоби, які дозволяють розробникам створювати власні геоінформаційні додатки та розширювати функціонал існуючих систем. Вони можуть містити геоінформаційні бібліотеки, SDK для веб-карт та інші інструменти для розробки.

1.7 Важливість геопросторового аналізу

Геопросторовий аналіз допомагає людям приймати кращі рішення. Він не приймає рішення за вас, але може відповісти на критичні питання, які лежать в основі прийняття вибору і часто не можуть бути відповідані будь-яким іншим способом. До недавнього часу технологія та дані геопростору були інструментами, доступними лише для урядів та добре фінансованих дослідників. Однак за останнє десятиліття дані стали набагато більш доступними, а програмне забезпечення стало більш доступним для всіх.

Крім безкоштовних урядових зображень з супутників, багато місцевих урядів тепер проводять аерофотознімання та надають дані в Інтернеті. Поширений Google Earth надає перегляд земного шару з супутниковими та аерофотоданими, вулицями, цікавими місцями, фотографіями та багато іншого.

Користувачі Google Earth можуть створювати власні файли формату Keyhole Markup Language (KML), які використовуються для завантаження та стилізації даних на глобус. Цю програму та подібні інструменти часто називають географічними дослідницькими інструментами, оскільки вони є відмінними переглядачами даних, але надають дуже обмежені можливості аналізу даних.

Амбіційний проект OpenStreetMap є загальносупільною, глобальною базовою картою, що містить більшість шарів, які зазвичай знаходяться в ГІС. Майже кожний мобільний телефон має GPS, а також мобільні програми для збору

GPS-треків у вигляді точок, ліній або полігонів. Більшість телефонів також автоматично позначають фотографії, зроблені камерою телефону, географічними координатами GPS. Загалом, кожен може бути геопросторовим аналітиком.

Глобальне населення досягло 7 мільярдів людей. Світ змінюється швидше, ніж будь-коли раніше. Планета переживає середовищні зміни, які не були зафіксовані в історії. Швидше спілкування та транспорт збільшують взаємодію між нами та середовищем, в якому ми живемо. Керувати людьми та ресурсами безпечно та відповідально нині складніше, ніж будь-коли. Геопросторовий аналіз - це найкращий підхід до більш ефективного та глибшого розуміння нашого світу.

Чим більше політиків, активістів, рятувальників, батьків, вчителів, першої допомоги, медичних працівників та малих підприємств, які використовують силу геопросторового аналізу, тим більше потенціалу у нас на створення кращого, здоровішого, безпечнішого та справедливішого світу. Концепції ГІС Для початку геопросторового аналізу нам потрібно зрозуміти деякі ключові базові концепції, які є унікальними для цієї галузі. Список не дуже довгий, але практично кожен аспект аналізу може бути відведений до однієї з цих ідей.

1.8 Тенденції розвитку геоінформаційних технологій

Тенденції розвитку геоінформаційних технологій в останні роки визначають напрямки розвитку та інновацій у цій галузі.

Однією з основних тенденцій є розширення і машинне навчання, які стають все більш важливими для аналізу геопросторових даних. Методи ШІ та ML можуть використовуватися для автоматизації процесів обробки даних, виявлення закономірностей та прогнозування подій у геопросторі.

Ще однією важливою тенденцією є збільшення використання дронів та аерофотозйомки. Завдяки зростанню доступності дронів та технології аерофотозйомки, збільшується обсяг геопросторових даних, доступних для

аналізу. Це відкриває нові можливості для картографування, моніторингу середовища та розробки нових додатків ГІС.

Значний інтерес викликає зростання використання віртуальної та доповненої реальності. Віртуальна та доповнена реальність надають можливості для візуалізації геопросторових даних у нових форматах. Вони можуть використовуватися для створення іммерсивних додатків для навігації, навчання та аналізу даних.

Ще однією тенденцією є розвиток інтернету речей (IoT). Підключені до Інтернету сенсори та пристрої IoT надають величезний обсяг геопросторових даних. Інформація, зібрана від IoT-пристроїв, може бути використана для моніторингу навколишнього середовища, управління ресурсами та вирішення інших завдань у геопросторі.

Також слід зазначити збільшення застосування геоданих у різних галузях. Геодані стають все більш важливими для прийняття рішень у різних галузях, включаючи транспорт, логістику, сільське господарство, міське планування та інші. Розвиток технологій ГІС дозволяє використовувати ці дані для ефективного управління ресурсами та оптимізації процесів.

Після проведення огляду наявних геоінформаційних технологій можна зробити наступні висновки.

Перш за все, розглянута історія та розвиток ГІС-технологій демонструє, що ця галузь зазнала значного прогресу від свого початку до сьогодні. Від перших систем, обмежених функціональністю та доступністю даних, до сучасних, що пропонують широкий спектр функцій та можливостей для аналізу та візуалізації геопросторової інформації.

Розуміння основних понять та термінів у ГІС є ключовим для коректного використання та інтерпретації геопросторових даних. Чітке уявлення про типи геопросторових даних дозволяє ефективно працювати з різноманітними джерелами інформації та використовувати їх для рішення реальних завдань.

Архітектура та компоненти сучасних ГІС відображають складність та різноманітність систем, які використовуються сьогодні. Розуміння цих компонентів допомагає розробникам та користувачам вибрати та використовувати найбільш підходящі рішення для їх конкретних потреб.

Нарешті, вивчення тенденцій розвитку геоінформаційних технологій вказує на постійне зростання їх ролі та значущості в різних галузях. Використання сучасних технологій та поширення застосування ГІС у нових сферах діяльності підтверджують, що область продовжує активно розвиватися та еволюціонувати.

Узагальнюючи, огляд наявних геоінформаційних технологій відображає багатогранність та потенціал цієї галузі, підкреслюючи її важливість у сучасному світі та перспективи подальшого розвитку.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

2.1 Огляд популярних програмних засобів для аналізу геопросторових даних

Огляд популярних програмних засобів для аналізу геопросторових даних дозволить розглянути широкий спектр інструментів, які використовуються у цій області.

Перш за все, ArcGIS, розроблений компанією Esri, є одним найпотужніших програмних засобів для аналізу геопросторових даних. Він надає велику кількість інструментів для створення карт, візуалізації даних та виконання геопросторового аналізу.

QGIS є ще одним важливим інструментом, який широко використовується у геоінформатиці. Це безкоштовний та відкритий програмний засіб, який надає аналогічний функціонал до ArcGIS, але за доступнішою ціною.

GRASS GIS - це інший відкритий програмний засіб, який геопросторових даних. Він включає в себе модулі для обробки зображень, аналізу рельєфу та багато іншого.

Google Earth Engine - це хмарна платформа, розроблена Google, яка надає доступ до великого обсягу геоданих та інструментів для їх аналізу та візуалізації. Ця платформа особливо корисна для великомасштабних досліджень та моніторингу змін у природних екосистемах.

Крім згаданих інструментів, варто зазначити ще деякі новаторські платформи, такі як CARTO, яка надає можливості візуалізації та аналізу геопросторових даних у реальному часі. Також, інтеграція геопросторового аналізу у веб-сервіси, такі як Mapbox або Leaflet, стає все популярнішою. На рис.2 наведено схема збір даних.

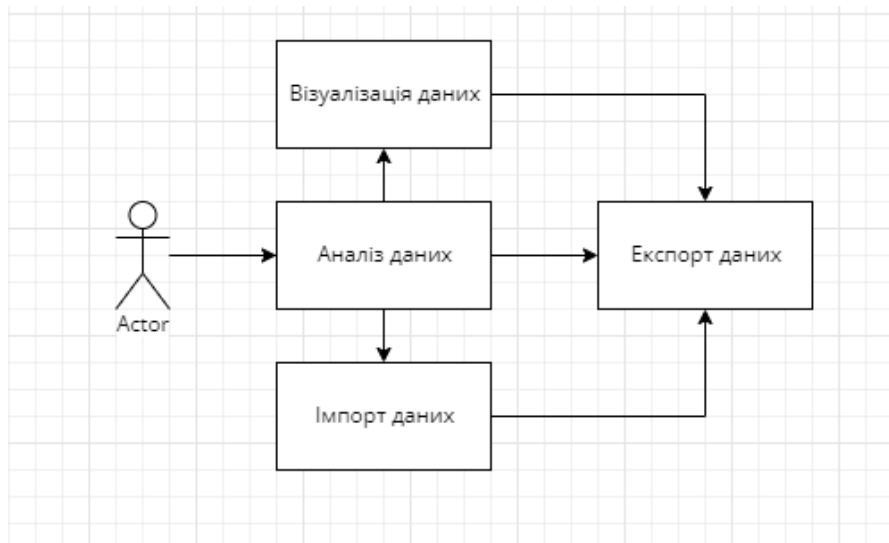


Рис. 2.1 Схема збір даних

Інструменти дозволяють користувачам створювати власні інтерактивні карти та додатки для аналізу геоданих. З розвитком штучного інтелекту та машинного навчання також з'являються нові інструменти, які використовуються для прогнозування та аналізу геопросторових даних. Такі інновації відкривають нові перспективи для розвитку геоінформаційних технологій.

Нарешті, програмування на мовах R та Python також є популярними в геоінформатиці. У цих мовах існують різні бібліотеки, які надають зручний інтерфейс для роботи з геопросторовими даними та виконання різних аналітичних завдань.

Розглянуті програмні засоби відображають різноманітність та доступність інструментів для аналізу геопросторових даних у сучасному світі. Вони дозволяють дослідникам, геоінформатикам та іншим спеціалістам ефективно працювати з геоданими та вирішувати реальні завдання у різних галузях

2.2 Порівняння функціональних можливостей різних ГІС-рішень

Порівняння функціональних можливостей різних ГІС-рішень є важливим кроком у виборі оптимального інструменту для конкретних потреб користувача. Коли мова йде про порівняння, важливо враховувати ряд ключових аспектів.

Функціонал включає в себе широкий спектр можливостей, від аналізу та візуалізації геоданих до взаємодії з базами даних та інтеграції з іншими системами. Деякі рішення можуть мати більше інструментів для аналізу, тоді як інші можуть бути більш спрямовані на створення та публікацію веб-карт.

Ліцензійні умови також можуть значно відрізнятись. Комерційні ГІС-рішення можуть мати більше функцій та підтримку, але вони часто потребують платну ліцензію. З іншого боку, відкриті або безкоштовні рішення можуть мати обмежену функціональність, але вони можуть бути більш доступними для користувачів з обмеженим бюджетом.

В таблиці 1 представлено порівняння бібліотек.

Таблиця 2.1

Порівняння бібліотек

Особливості	ArcGIS	QGIS
Користувацькі доповення	Так	Так
Підтримка різних форматів	Так	Ні
Функціональність	Так	Так
Комплексність	Так	Ні

Інтеграція та сумісність є ще одним важливим аспектом. Деякі ГІС-рішення можуть бути легко інтегровані з іншими програмами та сервісами, що полегшує обмін даними та співпрацю між різними системами.

В таблиці 2 представлено порівняння програм.

Таблиця 2.2

Порівняння програм

Особливості	ArcGIS	QGIS
Користувацький інтерфейс	Так	Так
Спільнота та підтримка	Так	Так
Відкритий код	Ні	Так
Масштабованість	Так	Ні

Інтерфейс користувача може значно вплинути на продуктивність користувача та швидкість навчання. Зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс може значно полегшити використання програми та підвищити ефективність користувачів.

Нарешті, підтримка та наявність документації можуть бути важливими для користувачів, які потребують допомоги або навчання. Якісна підтримка може значно полегшити роботу з програмою та допомогти вирішувати можливі проблеми швидко та ефективно.

2.3 Аналіз продуктивності та ефективності існуючих рішень

Аналіз продуктивності та ефективності існуючих геоінформаційних систем (ГІС), таких як ArcGIS і QGIS, відіграє ключову роль у правильному виборі програмного забезпечення для конкретних завдань.

ArcGIS привабливий для великих підприємств та користувачів завдяки широкій функціональності та інтегрованістю з іншими продуктами Esri. Однак його висока вартість та закритий код можуть відігравати важливу роль для деяких користувачів, зокрема, тих, хто має обмежений бюджет або шукає відкрите програмне забезпечення.

З іншого боку, QGIS, як відкрита та безкоштовна платформа з активною спільнотою користувачів, привертає увагу тих, хто шукає доступні інструменти для аналізу геоданих. Його гнучкість і висока сумісність з форматами даних дають можливість користувачам налаштовувати програму під свої потреби.

У порівнянні продуктивності та швидкості обробки даних, ArcGIS, як правило, має перевагу, особливо в управлінні великими обсягами даних та високоскладним аналізі.

2.4 Визначення критеріїв вибору програмних засобів для обробки геопросторових даних

Вибір програмного забезпечення для обробки геопросторових даних є ключовим етапом у розвитку та впровадженні геоінформаційних систем. При цьому важливо враховувати різноманітні аспекти та критерії, які допоможуть здійснити оптимальний вибір для конкретного проекту або завдання.

Один із основних критеріїв - це функціональність програмного забезпечення. Кількість та різноманітність інструментів для аналізу, обробки та візуалізації геоданих може суттєво вплинути на можливості та ефективність роботи з даними. Також важливо враховувати продуктивність програми та її швидкодію при обробці

великого обсягу даних, особливо якщо мається справа з великими проєктами або реальними часовими обмеженнями.

Гнучкість та налаштовуваність програмного забезпечення є іншим важливим аспектом, особливо для проєктів з унікальними потребами або специфічними вимогами. Можливість розширення функціональності або налаштування програми під конкретні потреби користувача може збільшити його ефективність та рівень задоволення від використання.

Вартість програмного забезпечення також може бути важливим фактором при виборі. Деякі програми можуть мати високу вартість ліцензування або підписки, що може стати перешкодою для бюджетів з обмеженими ресурсами. У таких випадках важливо враховувати баланс між функціональністю та вартістю програмного забезпечення.

Окрім того, підтримка та спільнота користувачів можуть виявитися важливими для забезпечення надійності та швидкого розвитку програмного забезпечення. Активна спільнота користувачів може забезпечити доступ до різноманітних ресурсів та допомогти вирішувати проблеми, які можуть виникнути під час використання програми.

2.5 Огляд загальних форматів даних

Існують такі загальні типи даних:

Таблиці та файли з розділеними комами (CSV) або з розділеними табуляціями (TSV).

Фотографії з геотегами.

Легкі бінарні точки, лінії та полігони.

Багатогігабайтні супутникові або повітряні знімки.

Дані висоти, такі як сітки, хмари точок або цілочисельні зображення.

XML файли.

JSON файли.

Бази даних (як сервери, так і файлові бази даних).

Веб-сервіси.

Геобазы даних.

Кожен формат містить свої власні виклики для доступу та обробки. Під час аналізу даних вам зазвичай потрібно виконати якусь форму попередньої обробки. Ви можете обрізати або обмежити супутникове зображення великої області до вашої цільової області, або зменшити кількість точок у колекції лише до тих, що відповідають певним критеріям у вашій моделі даних. Набір даних про міста містив лише три приклади міст, що демонструють три рівні населення, а також різні відносні розташування.

Важливо зазначити, що в галузі геопросторового аналізу спостерігається поступовий зсув у бік легкодоступних базових карт. До 2004 року геопросторові дані були важко отримувати, а потужності настільних комп'ютерів були набагато менше, ніж сьогодні. Попередня обробка даних була абсолютною першою кроком для будь-якого геопросторового проекту.

Однак у 2004 році Google випустив Google Maps, що сталося недовго після Google Earth. Також у цей час Microsoft розробляв технологію під назвою TerraServer, яку вони перезапустили приблизно в цей час. У 2004 році Консорціум відкритого геопросторового консорціуму (OGC) оновив версію своєї веб-служби карт (WMS), яка зростала використанням і популярністю.

Esri випустив версію 9 своєї системи серверів ArcGIS. Ці інновації були зумовлені моделлю мозаїчних карт Google, яка дозволяла плавно прокручувати глобальні карти на багатьох різних роздільних здатностях і часто називалася плаваючими картами.

Люди використовували сервери карт в Інтернеті перед Google Maps, найвідоміше з веб-сайтом напрямків руху MapQuest. Проте ці сервери карт пропонували лише невеликі обсяги даних одночасно і зазвичай на обмежених територіях. Система мозаїчних карт Google перетворювала глобальні карти на

мозаїку для зображень та картографічних даних. Ці дані обслуговувалися динамічно за допомогою JavaScript та інтерфейсу XMLHttpRequest, відомого як асинхронний JavaScript та XML (AJAX), що працює у браузері.

Значні приклади розподілених геопросторових шарів - це OpenLayers, які надають відкритий API, схожий на Google, який тепер вийшов за межі API Google, пропонуючи додаткові функції. Доповненням до OpenLayers є OpenStreetMap, яке є відповіддю з відкритим кодом на послуги тайлованих карт, споживаних системами, такими як OpenLayers.

OpenStreetMap має глобальні векторні дані на рівні вулиць та інші просторові особливості, які були зібрані з доступних джерел даних уряду та внесками тисяч редакторів з усього світу. Модель обслуговування даних OpenStreetMap схожа на те, як Вікіпедія, онлайн-енциклопедія, збирає інформацію та оновлює статті. Недавно з'явилося ще більше API для картографування, включаючи Leaflet та Mapbox, які продовжують збільшувати гнучкість, простоту та можливості.

Геопросторові дані традиційно важко отримувати. Вартість збору, обробки та розподілу даних обмежувала геопросторовий аналіз тими, хто міг дозволити собі ці великі витрати на виробництво даних або їх придбання. Десятиліттями геопросторовий аналіз був інструментом урядів, дуже великих організацій та університетів.

Коли тенденція до веб-картографування змінилася на масштабні, глобально тайловані карти, організації почали забезпечувати базові шари карт безкоштовно, щоб привернути розробників до своєї платформи. Масштабна глобальна система карт потребувала масштабованих, високороздільних даних, щоб бути корисною. Виробники геопросторового програмного забезпечення та постачальники даних хотіли зберігати свою частку ринку та трималися за тенденцією технологій.

Геопросторові аналітики значно скористалися цим ринковим зрушенням кількома способами. По-перше, постачальники даних почали розповсюджувати дані в спільній проекції, яку називають Меркатором. Проекція Меркатора - це навігаційна проекція, яка була введена понад 400 років тому. Деформація в проекції

Меркатора полягає у її розмірі. У глобальному вигляді Гренландія виглядає більшою, ніж континент Південної Америки. Однак, як і у будь-якій проекції, вона має свої переваги. Меркатор зберігає кути.

Система Google масштабувалася для мільйонів користувачів за допомогою звичайних веб-браузерів. Ще важливіше, вона дозволяла програмістам використовувати програмування на JavaScript для створення машин, щоб вони могли використовувати API JavaScript Google Maps для додавання додаткових даних на карти. Концепція машинів насправді є системою спільних геопросторових шарів. Користувачі можуть комбінувати та перекомбінувати дані з різних веб-сервісів у єдину карту, поки дані доступні в Інтернеті. Інші комерційні та відкриті системи швидко підхопили цю концепцію.

Значні приклади розподілених геопросторових шарів - це OpenLayers, які надають відкритий API, схожий на Google, який тепер вийшов за межі API Google, пропонуючи додаткові функції. Доповненням до OpenLayers є OpenStreetMap, яке є відповіддю з відкритим кодом на послуги тайлованих карт, споживаних системами, такими як OpenLayers.

Незважаючи на те, що Google Maps не запускалося з проекцією Меркатора, швидко стало очевидно, що дороги в областях високих і низьких широт зустрічаються під дивними кутами на карті замість реальних 90 градусів.

Оскільки основна мета Google Maps - це вказівки для водіння на рівні вулиць, Google пожертвувала точністю глобального виду для значно кращої відносної точності між вулицями при перегляді одного міста. Конкуруючі системи картографування пішли по стопах. Google також стандартизував систему даних WGS 84.

Система даних визначає конкретну сферичну модель Землі, яка називається геоїдом. Ця модель визначає нормальний рівень моря. Важливою особливістю цього вибору Google є те, що глобальна система позиціонування (GPS) також використовує цю систему даних. Тому більшість GPS-пристроїв використовують

цю систему даних за замовчуванням, що робить Google Maps легко сумісними з необробленими даними ГІС.

Варіація проекції Меркатора від Google часто називається Google Mercator. Група європейських досліджень у сфері нафтової промисловості (EPSG) присвоює короткі числові коди проекціям як простий спосіб посилання на них. Замість очікування на те, щоб EPSG затверджував або присвоював код, який спочатку був відповідним лише для Google, вони почали називати проекцію EPSG:900913, що означає Google цифрами.

Пізніше EPSG присвоїла код EPSG:3857, застарівши старий код. Більшість ГІС-систем визнають обидва коди як синоніми. Слід зазначити, що Google трохи змінив стандартну проекцію Меркатора для своїх потреб; проте ця варіація майже непомітна. Google використовує сферичні формули на всіх масштабах карт, тоді як стандартний Меркатор передбачає еліпсоїдальну форму на великих масштабах.

Векторні дані: векторні дані включають будь-який формат, який мінімально представляє геолокаційні дані за допомогою точок, ліній або полігонів.

Растрові дані: растрові дані включають будь-який формат, який зберігає дані в сітці рядків і стовпців. Растрові дані включають всі формати зображень.

Це дві основні категорії, за якими відбувається групування більшість геопросторових наборів даних.

2.6 Огляд відкритих та комерційних ГІС-рішень

Огляд відкритих та комерційних геоінформаційних систем (ГІС) дозволить краще зрозуміти їхні особливості, переваги та недоліки, що допоможе користувачам зробити інформований вибір.

Відкриті ГІС-рішення, такі як QGIS, GRASS GIS та SAGA GIS, є безкоштовними та доступними для використання з відкритим вихідним кодом. Вони зазвичай мають активну спільноту розробників та користувачів, що сприяє їхньому постійному вдосконаленню та розвитку. Такі системи забезпечують

велику гнучкість та можливості налаштування, а також підтримують різноманітні формати даних. Проте, вони можуть бути менш продуктивними та масштабованими порівняно з комерційними аналогами.

Комерційні ГІС-рішення, такі як ArcGIS від Esri, ERDAS IMAGINE від Hexagon Geospatial та MapInfo від Pitney Bowes, надають широкий спектр функціональності та високий рівень продуктивності. Вони часто мають інтегровані екосистеми, що дозволяють ефективно використовувати різні інструменти та сервіси для аналізу та візуалізації геоданих. Проте, вони часто вимагають великих витрат на ліцензії та підтримку, що може стати перешкодою для деяких користувачів. Наведені типи ГІС-рішень мають переваги та недоліки, тому вибір залежить від бюджету та вимог користувача.

Відкриті рішення зазвичай найбільше підходять для індивідуальних користувачів або малих організацій з обмеженими бюджетами, тоді як комерційні рішення можуть бути більш підходящими для великих підприємств або професійних геоінформаційних проектів.

Вибір програмного забезпечення для обробки геопросторових даних є складним і багатогранним процесом, який вимагає врахування різноманітних аспектів та критеріїв. При аналізі продуктивності та ефективності існуючих геоінформаційних систем (ГІС), таких як ArcGIS і QGIS, важливо враховувати специфічні потреби та вимоги користувача, бюджет та функціональність програмного забезпечення.

ArcGIS від Esri, завдяки своїй широкій функціональності та інтеграції з іншими продуктами, є привабливим вибором для великих підприємств та користувачів, які потребують високої продуктивності та здатності обробляти великі обсяги даних. Однак його висока вартість і закритий код можуть бути обмежувачими факторами для деяких користувачів.

QGIS, як відкрите та безкоштовне програмне забезпечення з активною спільнотою користувачів, пропонує гнучкість, високу сумісність з різноманітними форматами даних та можливість налаштування під специфічні потреби

користувача. Це робить його привабливим вибором для користувачів з обмеженим бюджетом або тих, хто віддає перевагу відкритим рішенням.

При визначенні критеріїв вибору програмного забезпечення для обробки геопросторових даних, необхідно враховувати наступні фактори:

Функціональність: Кількість та різноманітність інструментів для аналізу, обробки та візуалізації геоданих.

Продуктивність: Швидкодія при обробці великих обсягів даних.

Гнучкість та налаштовуваність: Можливість розширення функціональності та налаштування під специфічні потреби.

Вартість: Вартість ліцензування або підписки, особливо при обмежених ресурсах.

Підтримка та спільнота: Доступ до ресурсів та допомога в розв'язанні проблем, які можуть виникнути під час використання програми.

Відкриті ГІС-рішення (QGIS, GRASS GIS, SAGA GIS) пропонують безкоштовність, доступність вихідного коду, гнучкість та активну спільноту користувачів, що сприяє їх постійному вдосконаленню. Проте вони можуть бути менш продуктивними та масштабованими порівняно з комерційними аналогами.

Комерційні ГІС-рішення (ArcGIS, ERDAS IMAGINE, MapInfo) надають широкий спектр функціональності, високий рівень продуктивності та інтегровані екосистеми, що дозволяють ефективно використовувати різні інструменти та сервіси для аналізу та візуалізації геоданих. Високі витрати на ліцензії та підтримку можуть бути значною перешкодою для деяких користувачів.

Таким чином, вибір між відкритими та комерційними ГІС-рішеннями залежить від конкретних потреб користувача, його бюджету та вимог до продуктивності та функціональності. Відкриті рішення найбільше підходять для індивідуальних користувачів або малих організацій з обмеженими бюджетами, тоді як комерційні рішення можуть бути більш підходящими для великих підприємств або професійних геоінформаційних проектів.

3 PYTHON У ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДЛЯ ГІС

3.1 Комп'ютерне автоматизоване проектування

Історія розвитку систем CAD паралельна та переплітається з історією геопросторового аналізу. CAD – це інженерний інструмент, який використовується для моделювання дво- та тривимірних об'єктів, зазвичай для інженерії та виробництва. Основна відмінність між геопросторовою моделлю та моделлю CAD полягає в тому, що геопросторова модель прив'язана до Землі, тоді як модель CAD може існувати в абстрактному просторі.

Наприклад, тривимірний план будівлі в системі CAD не матиме широти або довготи, але в ГІС та сама модель будівлі матиме місцезнаходження на Землі. Однак, протягом багатьох років, системи CAD взяли на себе багато функцій ГІС і часто використовуються для невеликих ГІС-проектів. Так само багато ГІС-програм можуть імпортувати дані CAD, які були геопросторово прив'язані. Традиційно, інструменти CAD були призначені переважно для розробки даних, що не були геопросторовими.

Однак інженери, які брали участь у геопросторових інженерних проєктах, таких як проєктування електричної системи міста, використовували інструменти CAD, з якими вони були знайомі, щоб створювати карти.

Згодом ГІС-програмне забезпечення еволюціонувало, щоб імпортувати геопросторово орієнтовані дані CAD, створені інженерами, а інструменти CAD еволюціонували для підтримки створення геопросторових даних і кращої сумісності з ГІС-програмним забезпеченням. AutoCAD від Autodesk і ArcGIS від Esri стали провідними комерційними пакетами для розробки цієї можливості, а розробники бібліотеки Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) OGR додали підтримку CAD також.

Історія розвитку систем CAD і геопросторового аналізу показує, що вони перепліталися і взаємодоповнювали один одного протягом багатьох років. Хоча

CAD традиційно був призначений для моделювання об'єктів у абстрактному просторі, інженери, які працювали у геопросторових проєктах, використовували інструменти CAD для створення геопросторових даних. З іншого боку, багато ГІС-програм еволюціонували, щоб імпортувати дані CAD і підтримувати їх геопросторову прив'язку. Цей процес взаємного впливу призвів до того, що сьогодні інструменти CAD і ГІС стали більш інтегрованими і сумісними, дозволяючи інженерам та дослідникам працювати з обома типами даних у зручний спосіб.

3.2 Об'єктно-орієнтоване програмування для геопросторового аналізу

Об'єктно-орієнтоване програмування – це парадигма розробки програмного забезпечення, в якій концепції моделюються як об'єкти, що мають властивості та поведінку, представлені атрибутами та методами відповідно. Мета цієї парадигми – створення більш модульного програмного забезпечення, в якому один об'єкт може успадковувати від одного або кількох інших об'єктів, що сприяє повторному використанню програмного забезпечення.

Мова програмування Python відома своєю здатністю виконувати кілька ролей: як добре спроектована, об'єктно-орієнтована мова, процедурна скриптова мова або навіть функціональна мова програмування. Проте, у Python ви ніколи повністю не відмовляєтесь від об'єктно-орієнтованого програмування, оскільки навіть його власні типи даних є об'єктами, і всі бібліотеки Python, відомі як модулі, дотримуються базової структури та поведінки об'єктів.

Геопросторовий аналіз є ідеальною діяльністю для об'єктно-орієнтованого програмування. У більшості проєктів об'єктно-орієнтованого програмування об'єкти є абстрактними концепціями, такими як з'єднання з базами даних, які не мають аналогів у реальному світі. Однак, у геопросторовому аналізі концепції, що моделюються, є реальними об'єктами! Домена геопросторового аналізу – це Земля

і все, що на ній знаходиться. Дерева, будівлі, річки і люди є прикладами об'єктів у геопросторовій системі.

Загальним прикладом у літературі для новачків в об'єктно-орієнтованому програмуванні є конкретна аналогія з котом. Книги з об'єктно-орієнтованого програмування часто використовують певну форму наступного прикладу.

Уявіть, що ви дивитеся на kota. Ми знаємо деяку інформацію про kota, наприклад, його ім'я, вік, колір і розмір. Ці особливості є властивостями kota. Кіт також демонструє поведінку, таку як їжа, сон, стрибки і муркотіння. В об'єктно-орієнтованому програмуванні об'єкти також мають властивості та поведінку. Ви можете змодельовати реальний об'єкт, такий як кіт у нашому прикладі, або щось більш абстрактне, наприклад, банківський рахунок.

Більшість концепцій в об'єктно-орієнтованому програмуванні є набагато більш абстрактними, ніж проста парадигма kota або навіть банківського рахунку. Однак у геопросторовому аналізі об'єкти, які моделюються, залишаються конкретними, як проста аналогія kota, і в багатьох випадках це саме коти. Геопросторовий аналіз дозволяє продовжувати з простою аналогією kota і навіть візуалізувати її.

Об'єктно-орієнтоване програмування (ООП) відмінно підходить для геопросторового аналізу, оскільки дозволяє моделювати реальні об'єкти та їх взаємодію у просторі. У геопросторовому аналізі об'єкти, такі як будівлі, річки, дерева та інші, можуть бути представлені як об'єкти з властивостями та методами. Концепція ООП допомагає в створенні більш модульного та повторно використовуваного програмного забезпечення, що є важливим у геопросторовому аналізі через складність його завдань.

Мова програмування Python, зокрема, відмінно підходить для цієї задачі, оскільки вона підтримує об'єктно-орієнтоване програмування та має багатий набір бібліотек для роботи з геопросторовими даними. У Python об'єктно-орієнтований підхід використовується не лише для створення власних класів та об'єктів, а й для роботи з вбудованими типами даних та бібліотеками.

Таким чином, використання об'єктно-орієнтованого програмування у геопросторовому аналізі сприяє покращенню структурованості, модульності та повторного використання програмного забезпечення.

3.3 Переваги використання Python для обробки геопросторових даних

Використання Python для обробки геопросторових даних має ряд переваг, які роблять його популярним інструментом серед фахівців з геоінформаційних систем (ГІС) та аналізу геопросторових даних.

Однією з основних переваг є відкритість та доступність Python. Ця мова програмування є відкритою та безкоштовною, що робить її доступною для всіх користувачів. Крім того, активна спільнота користувачів та розробників сприяє постійному вдосконаленню інструментів і надає доступ до широкого спектра ресурсів та підтримки.

Python має широкий спектр спеціалізованих бібліотек для роботи з геопросторовими даними. Серед них GDAL/OGR для читання і запису різних форматів геопросторових даних, Shapely для маніпуляції і аналізу геометричних об'єктів, Fiona для роботи з векторними даними, GeoPandas для аналізу геопросторових даних, Rasterio для роботи з растровими даними, а також PyProj для роботи з картографічними проекціями та трансформаціями координат.

Python легко інтегрується з популярними ГІС-платформами, такими як ArcGIS через ArcPy та QGIS через PyQGIS, що робить його зручним для взаємодії з іншими інструментами. Крім того, Python може бути використаний разом з фреймворками, такими як Flask або Django, для створення веб-додатків та сервісів ГІС.

Ще однією перевагою Python є можливість автоматизації процесів. Використання скриптів дозволяє автоматизувати рутинні завдання та процеси

обробки даних, що значно підвищує продуктивність та ефективність. Python також дозволяє обробляти великі обсяги даних та виконувати складні аналітичні задачі.

Python має потужні інструменти для візуалізації даних, такі як Matplotlib, Seaborn, Plotly та Vokeh, які дозволяють створювати високоякісні графіки та карти. Мова програмування є мультиплатформною, працюючи та Linux, і підходить для різноманітних задач - від простих скриптів до складних аналітичних проектів та машинного навчання.

Багато бібліотек Python мають детальну документацію та приклади використання, що полегшує навчання та впровадження. Крім того, існує велика кількість онлайн-курсів, навчальних матеріалів та підручників, які допомагають швидко освоїти Python для обробки геопросторових даних. Бібліотеки Python підтримують основні стандарти та формати даних, такі як GeoJSON, KML, GML, Shapefile та інші, що забезпечує сумісність з різними системами та інструментами.

Завдяки цим перевагам, Python став одним з найпопулярніших інструментів для обробки геопросторових даних, надаючи користувачам потужні можливості автоматизації процесів та інтеграції з іншими системами.

3.4 Огляд бібліотек Python для ГІС

За останні кілька десятиліть сфера геоінформаційних систем (ГІС) зазнала значного розвитку та стала важливим інструментом для різноманітних галузей, включаючи географічні дослідження, екологію, геологію, археологію, агрономію, містобудування та інші. Одним із ключових аспектів роботи з геопросторовими даними є використання відповідних програмних засобів для їх обробки, аналізу та візуалізації. У цьому контексті Python, завдяки своїй потужній екосистемі бібліотек та інструментів, став незамінним інструментом для розробки геоінформаційних додатків та вирішення геоінформаційних завдань. У цьому тексті ми докладно розглянемо ключові бібліотеки Python для роботи з геопросторовими даними, їх можливості та способи використання.

GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) та OGR (Simple Feature Library) - це дві ключові бібліотеки для роботи з геопросторовими даними. GDAL призначений для роботи з растровими даними, такими як зображення та цифрові моделі рельєфу, під час коли OGR спеціалізується на векторних даних, таких як точки, лінії та полігони. Вони підтримують широкий спектр форматів даних, включаючи GeoTIFF, Shapefile, GeoJSON, KML та багато інших. Ці бібліотеки надають потужні можливості для читання, запису, аналізу та трансформації геоданих.

Shapely - це бібліотека для обробки та аналізу геометричних об'єктів у двовимірному просторі. Вона дозволяє виконувати різноманітні геометричні операції, такі як об'єднання, перетин, визначення відстані між об'єктами, буферизація та інші. Shapely дуже зручний для роботи з точками, лініями та полігонами та надає потужні інструменти для аналізу геометричних взаємозв'язків.

Fiona - це простий інтерфейс Python для роботи з векторними геоданими. Він надає легкий спосіб читання та запису геоданих у векторних форматах, таких як Shapefile, GeoJSON та інші. Fiona базується на OGR і дозволяє ефективно працювати з великими обсягами даних. Вона забезпечує зручний інтерфейс для взаємодії з геоданими без необхідності вивчати складні деталі роботи з ними.

GeoPandas - це розширення бібліотеки Pandas для роботи з геопросторовими даними. Вона надає зручний інтерфейс для обробки та аналізу геоданих у форматі табличних даних. GeoPandas дозволяє виконувати різноманітні операції з геоданими, такі як об'єднання, фільтрація, групування та агрегація.

Rasterio - це бібліотека для роботи з растровими геоданими. Вона надає інтерфейс для читання та запису растрових зображень, таких як знімки з супутників та аерофотознімки. Rasterio дозволяє виконувати різноманітні операції з растровими даними, такі як обрізка, перетворення та статистичний аналіз.

В таблиці 3 представлено порівняння бібліотек.

Порівняння бібліотек

Бібліотека	Підтримка форматів даних	Зручний інтерфейс	Потужність функцій	Великі обсяги даних	Активна спільнота користувачів
GDAL/OGR	Так	Так	Так	Так	Так
Shapely	Ні	Так	Так	Ні	Ні
Бібліотека	Підтримка форматів даних	Зручний інтерфейс	Потужність функцій	Великі обсяги даних	Активна спільнота користувачів
Fiona	Так	Так	Ні	Так	Так
GeoPandas	Так	Так	Так	Так	Так
Rasterio	Так	Ні	Так	Так	Ні
folium	Ні	Так	Ні	Так	Так

Наведемо перелік `folium` - це бібліотека для створення веб-карт у Python. Вона базується на бібліотеці `Leaflet.js` та дозволяє створювати інтерактивні карти з різними шарами геоданих. `Folium` надає простий інтерфейс для створення та налаштування веб-карт, що робить її ідеальним інструментом для візуалізації геоданих у веб-середовищі.

Ці бібліотеки є ключовими компонентами екосистеми Python для роботи з геопросторовими даними. Вони надають різноманітні інструменти для читання, запису, аналізу, візуалізації та обробки геоданих, що робить їх незамінними для розробки геоінформаційних додатків та аналітичних рішень.

3.5 Автоматизація обробки геопросторових даних за допомогою бібліотеки Python

Автоматизація обробки геопросторових даних за допомогою бібліотек Python є важливою складовою багатьох геоінформаційних проєктів. Цей підхід дозволяє розробникам та дослідникам ефективно керувати великими обсягами геоданих та автоматизувати рутинні задачі обробки та аналізу.

Початковим етапом є зчитування даних. Python має ряд потужних бібліотек, таких як GeoPandas, Rasterio та GDAL/OGR, які дозволяють легко зчитувати геопросторові формати, таких як Shapefile, GeoJSON, GeoTIFF тощо. Це створює можливості для автоматизованого завантаження.

Після зчитування даних можна виконати різноманітні операції обробки. Наприклад, за допомогою GeoPandas можна фільтрувати, об'єднувати, агрегувати та аналізувати геодані на основі їхніх атрибутів. Це дозволяє ефективно виконувати різні операції над великими даними безпосередньо в середовищі Python.

Після обробки даних можна провести їх аналіз, що може включати в себе розрахунок різних статистичних показників, виявлення просторових взаємозв'язків, ідентифікацію географічних закономірностей тощо. Використання статистичних методів та методів геопросторового аналізу дозволяє здійснювати глибокий аналіз геоданих та виділяти важливі відомості.

На завершальному етапі автоматизації можна візуалізувати оброблені геодані за допомогою різноманітних бібліотек для візуалізації. Зокрема, Matplotlib, Seaborn, Folium та інші бібліотеки дозволяють створювати графіки, карти та інші візуальні елементи для подальшого аналізу та зрозуміння даних.

Цей підхід дозволяє автоматизувати обробку геопросторових даних у Python та робить процес розробки та дослідження геоінформаційних проектів більш ефективним та продуктивним.

3.6 Інтеграція Python з іншими ГІС-платформами

Інтеграція Python з різними геоінформаційними системами (ГІС) відкриває широкі можливості для розробників та аналітиків у сфері геопросторового аналізу та розвідки. Python, як мова програмування, заснована на принципах простоти, гнучкості та широкої підтримки, і з її допомогою можна ефективно виконувати різні завдання, пов'язані з обробкою та аналізом геоданих.

ArcGIS Python API: В ArcGIS Python API забезпечується повний доступ до функцій та можливостей ArcGIS, що дозволяє розробникам створювати різноманітні інструменти та застосунки для автоматизації геоаналітичних завдань, візуалізації даних та створення інтерактивних карт.

QGIS Python Console: У QGIS інтегрована Python-консоль, яка дозволяє виконувати скрипти та маніпулювати геоданими безпосередньо в середовищі QGIS. Це дає можливість розширення функціональності QGIS та створення власних плагінів та інструментів, що розширюють можливості платформи.

GRASS GIS Integration: Python може інтегруватися з GRASS GIS, надаючи доступ до функціоналу GRASS GIS через Python. Це дозволяє використовувати Python для створення скриптів та інструментів для обробки геоданих та виконання геоаналітичних операцій.

Спільні стандарти та формати: Python широко підтримується у роботі з різними форматами геоданих, такими як GeoJSON, Shapefile, GeoTIFF тощо. Це дозволяє легко переносити дані між різними ГІС-платформами та взаємодіяти з ними за допомогою Python.

Інтеграція з іншими сервісами та платформами: Python може бути використаний для взаємодії з іншими геопросторовими сервісами та платформами

через їх API. Наприклад, ви можете використовувати Python для роботи з Google Maps API, Mapbox API та іншими сервісами геоданих.

Ці інтеграції дозволяють розробникам та аналітикам ефективно використовувати Python у галузі геоінформатики та геоаналізу, незалежно від вибраної ГІС-платформи. Вони відкривають широкі можливості для автоматизації завдань, аналізу геоданих та створення інноваційних рішень у цій галузі.

3.7 Робота з векторними та растровими даними одночасно в середовищі Python.

Робота з векторними та растровими геоданими одночасно у середовищі Python відкриває безліч можливостей для аналізу та візуалізації геопросторової інформації. Python має ряд бібліотек, які дозволяють ефективно працювати як з векторними, так і з растровими даними. Ось кілька популярних бібліотек для роботи з цими типами геоданих:

GeoPandas: GeoPandas є потужним інструментом для роботи з векторними даними у Python. Вона базується на пандасі і надає зручний спосіб зчитування, запису та обробки географічних даних. GeoPandas дозволяє взаємодіяти з різними форматами векторних даних, такими як Shapefile, GeoJSON, а також може бути легко поєднана з іншими бібліотеками для аналізу та візуалізації.

Rasterio: Rasterio є основною бібліотекою для роботи з растровими даними у Python. Вона дозволяє зчитувати, записувати та обробляти растрові дані в різних форматах, таких як GeoTIFF. Rasterio забезпечує зручний інтерфейс для доступу до піксельних значень, обрізки, маскування та інших операцій з растрами.

GDAL/OGR: GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) та OGR (Simple Feature Library) - це дві потужні бібліотеки для роботи з геоданими у Python. Вони надають доступ до різних функцій та операцій з векторними та растровими даними, таких як зчитування, запис, обрізка, перетворення координат, аналіз та візуалізація.

Руррој: Руррој - це бібліотека для перетворення координатних систем у Python. Вона дозволяє здійснювати перетворення між різними системами координат, що є важливим для роботи з геоданими з різних джерел.

Комбінація цих бібліотек дозволяє вам працювати з векторними та растровими даними одночасно в середовищі Python. Наприклад, ви можете скористатися GeoPandas для аналізу та візуалізації векторних даних, а Rasterio - для роботи з растровими зображеннями та виконання аналізу, який потребує обох типів даних. Така інтеграція дозволяє вам ефективно вирішувати різноманітні завдання, пов'язані з геопросторовою аналітикою та обробкою геоданих.

3.8 Геоаналітика та геопрогнозування з використанням Python

Геоаналітика та геопрогнозування з використанням Python та ГІС є важливими інструментами для розуміння та передбачення географічно зумовлених явищ. За допомогою цих інструментів можна аналізувати складні взаємозв'язки між різними факторами, що впливають на географічні об'єкти, та враховувати їх при прийнятті рішень.

Python надає широкий спектр бібліотек та інструментів для роботи з географічними даними. Наприклад, бібліотека GeoPandas дозволяє зручно обробляти та аналізувати векторні дані, такі як полігональні та точкові об'єкти. Бібліотека rasterio дозволяє працювати з растровими даними, що часто використовуються для аналізу змін клімату та визначення властивостей поверхні землі.

Геоаналітика дозволяє виконувати різноманітні аналізи географічних даних, такі як ідентифікація географічних зон з певними характеристиками, виявлення зон ризику чи планування маршрутів. Геопрогнозування ж дозволяє прогнозувати майбутні зміни у географічних процесах на основі історичних даних та математичних моделей.

За допомогою цих методів можна аналізувати та передбачати різні явища, що відбуваються на земній поверхні, від змін клімату до розподілу ресурсів чи руху населення. Такий аналіз допомагає у прийнятті обґрунтованих рішень у сферах екології, урбаністики, транспорту та багатьох інших.

3.9 Візуалізація геопросторових даних за допомогою бібліотеки Folium

Folium – це бібліотека Python, яка дозволяє створювати інтерактивні карти за допомогою Leaflet.js, однієї з найпопулярніших JavaScript бібліотек для роботи з геопросторовими даними. Folium спрощує процес створення інтерактивних карт, роблячи його доступним для користувачів Python. Ця бібліотека особливо корисна для тих, хто працює з даними географічних інформаційних систем (ГІС) і хоче візуалізувати ці дані на веб-картах.

Основні можливості Folium

Інтерактивні карти: Folium дозволяє створювати інтерактивні карти, де можна масштабувати, перетягувати та клацати на елементи.

Різноманітні плити карт: Ви можете використовувати різні типи карт (наприклад, OpenStreetMap, Mapbox, Stamen) для візуалізації даних.

Підтримка GeoJSON та TopoJSON: Folium підтримує формат GeoJSON, що дозволяє легко додавати геопросторові дані до карти.

Маркерування: Додавання маркерів, спливаючих вікон та інших анотацій до карти.

Хлороплетичні карти: Підтримка створення хлороплетичних карт для візуалізації інтенсивності даних по регіонах.

Гарячі точки (Heatmaps): Підтримка створення теплових карт для візуалізації щільності даних.

Використання Python для обробки геопросторових даних має багато переваг. По-перше, Python є потужним і простим у використанні мовою програмування, що дозволяє ефективно працювати з різноманітними геоданими. Його велика

спільнота розробників постійно розширює набір інструментів для геопросторового аналізу.

Огляд бібліотек Python для ГІС показує, що існує широкий вибір інструментів для роботи з геоданими. Наприклад, `geopandas` дозволяє працювати з геоданими у форматі таблиць, `shapely` надає засоби для роботи з геометричними об'єктами, а `rasterio` дозволяє працювати з растровими даними.

Автоматизація обробки геоданих за допомогою Python дозволяє забезпечити ефективність та точність аналізу. Python може використовуватися для автоматизації рутинних задач, що дозволяє зекономити час та зусилля.

Інтеграція Python з іншими ГІС-платформами розширює можливості аналізу геоданих. Python може бути інтегрований з такими платформами, як ArcGIS або QGIS, що дозволяє використовувати їхні функціональність разом з можливостями Python.

Робота з векторними та растровими даними одночасно в середовищі Python дозволяє проводити комплексний аналіз геоданих. Python забезпечує можливість працювати як з векторними, так і з растровими даними, що дозволяє проводити різноманітний аналіз та моделювання.

Загалом, Python є потужним і універсальним інструментом для роботи з геопросторовими даними, що дозволяє здійснювати різноманітні аналізи та вирішувати завдання в галузі геоінформатики.

4 ОГЛЯД НАЯВНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

4.1 Інструменти розробки

Основним інструментом для створення ГІС мережі було обрано мову програмування Python. Це інтерпретована мова високого рівня, перша версія якої з'явилася у 1990 році.

Python підтримує різні парадигми програмування включно структурну, функціональну та об'єктно-орієнтовану. До недавнього часу існували дві версії мови - Python 2.0 і Python 3.0, які значно відрізнялися між собою синтаксисом та функціональними можливостями. Версія 3.0 не була повністю сумісною з версією 2.0, тому обидві розвивалися окремо. Проте, через 12 років після появи Python 3.0, підтримку Python 2.0 припинили через проблеми з безпекою, що могли призвести до отруєння веб-кешу. Закриття версії 2.0 забезпечило легкий перехід всіх програмних продуктів та модулів на стабільну версію 3.0.

На рис. 4.1 представлено головна сторінка офіційного сайту Python.

The screenshot shows the Python.org homepage. At the top, there's a navigation bar with links for Python, PSF, Docs, PyPI, Jobs, and Community. Below this is a search bar with a 'GO' button and a 'Socialize' button. The main content area is divided into two columns. The left column displays a code snippet for a Fibonacci function in Python 3, with the output '0 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233 377 610 987'. The right column is titled 'Functions Defined' and explains the core of extensible programming. At the bottom, there are four columns of quick links: 'Get Started', 'Download', 'Docs', and 'Jobs', each with a brief description and a link to further resources.

Рис. 4.1 Головна сторінка офіційного сайту Python

Python підтримує строгий динамічний тип даних, при якому тип значення визначається після його присвоєння змінній. Мова також має вбудованого збирача сміття, який автоматично видаляє невикористовувані дані з оперативної пам'яті під час виконання програми. Динамічна семантика та високорівневі структури даних у Python дозволяють швидко розробляти програми та інтегрувати готові рішення. Наступним знабитися бібліотека Folium. Вона базується на силах обробки даних у екосистемі Python та на силах мапування бібліотеки Leaflet.js. Маніпулюйте своїми даними у Python, а потім візуалізуйте їх на інтерактивній карті Leaflet за допомогою Folium.

Folium спрощує візуалізацію даних, які були оброблені у Python, на інтерактивній карті Leaflet. Вона дозволяє як прив'язувати дані до карти для візуалізації короплету, так і передавати багатовимірні векторні/растрові/HTML візуалізації як маркери на карті.

Бібліотека має кілька вбудованих наборів тайлів з OpenStreetMap, Mapbox і т.д., і підтримує користувацькі набори тайлів. Folium підтримує як накладання зображень, відео, GeoJSON та TopoJSON, так і має кілька вбудованих векторних шарів.

Для імплементації веб додатку знадобиться Django, який потрібен для полегшення та прискорення процесу розробки веб-додатків, забезпечуючи високий рівень продуктивності та масштабованості та являє собою відкритий веб-фреймворк.

Його основні переваги полягають у вбудованих інструментах для роботи з базами даних, шаблонами для організації вигляду сторінок, а також в потужній системі маршрутизації URL-адрес.

Django включає в себе вбудований об'єктно-орієнтованих конструкцій Python, що робить роботу з даними більш інтуїтивно зрозумілою та менш витратною часом.

Вбудований адміністративний інтерфейс автоматично створюється для моделей вмістом веб-додатку без необхідності написання власного адмін-інтерфейсу.

Загалом, Django - це потужний інструмент для швидкої та надійної користується популярністю серед розробників завдяки своїй простоті використання, високій продуктивності та багатofункціональності. На рис. 4.2 представлено сайт з документацією django.

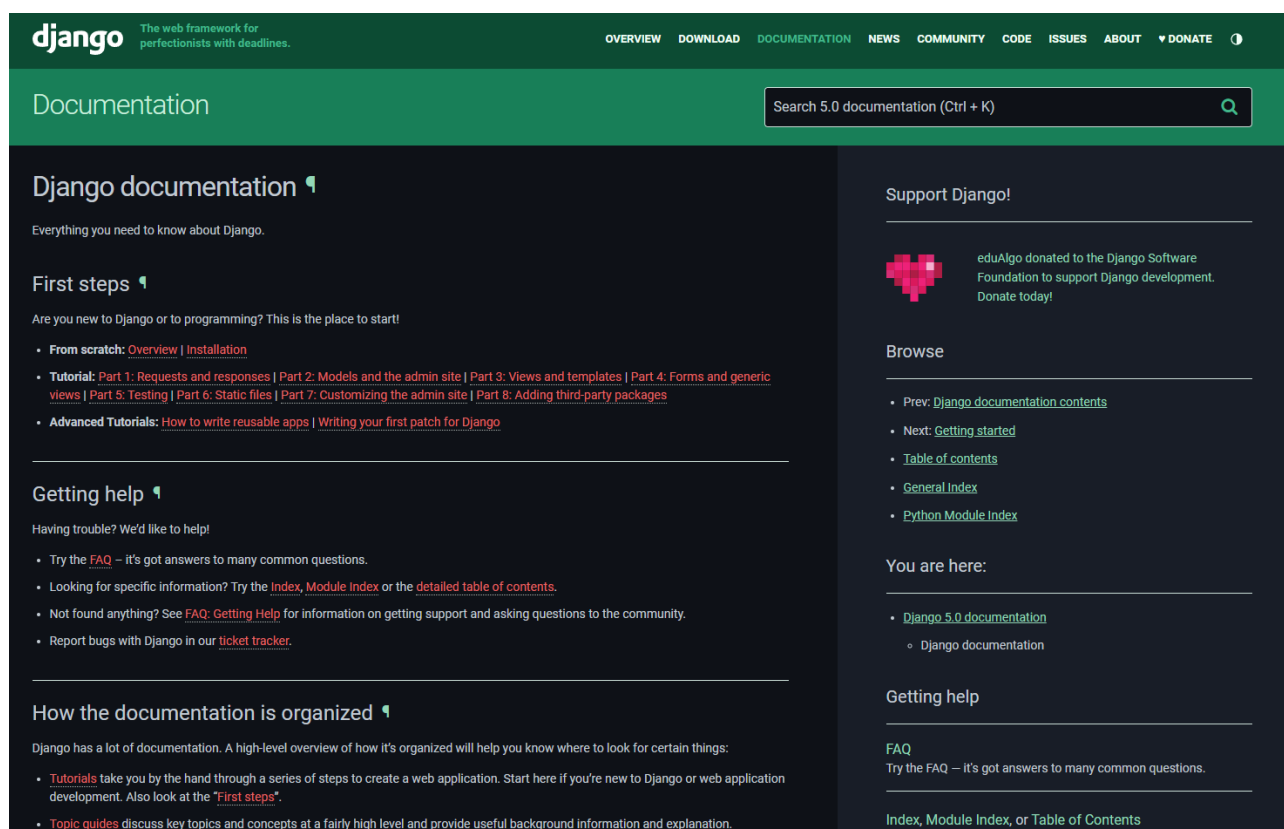


Рис. 4.2 Сайт з документацією django

4.2 Структура проекту

Для створення комплексного додатку з використанням Django, який включає постановку завдання, проектування архітектури, реалізацію функціональних модулів, тестування та валідацію

Архітектура:

Frontend: HTML/CSS для базового стилювання, інтеграція з Folium для відображення мапи.

Backend: Django для обробки запитів, логіки додатку та рендерингу шаблонів.

Основні компоненти:

Models: Модель для зберігання інформації про заповідники.

Views: Обробка запитів та рендеринг мапи з маркерами.

Templates: Шаблони для відображення мапи та інформації про заповідники.

URLs: Маршрути для доступу до мапи та іншої інформації. На рис. 4.3 представлена структура проекту.

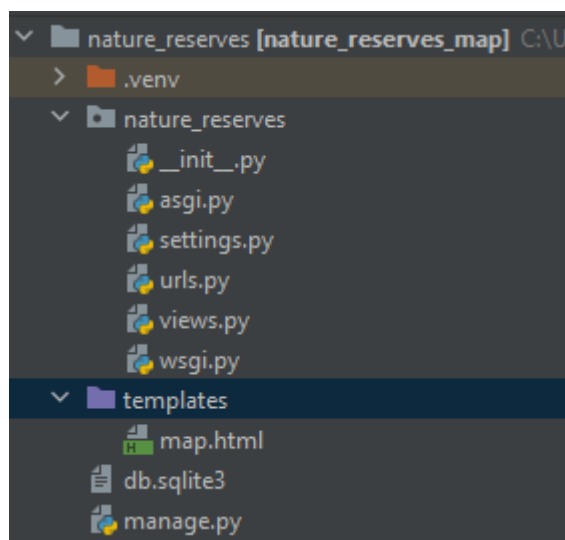


Рис. 4.3 Структура проекту

4.3 Реалізація основних функціональних модулів

Реалізацію основних модулів, я зробив у програмі PyCharm. PyCharm - це потужна інтегрована середовища розробки (IDE) для мов програмування Python. Нижче наведено ключові функції PyCharm, які роблять його одним з найпопулярніших інструментів серед розробників Python:

Редактор коду з підтримкою високого рівня:

PyCharm має потужний редактор коду, який підтримує автодоповнення, перехід до визначення функції, відстеження виклику допомагає розробникам швидко і ефективно писати код.

Аналіз коду:

PyCharm інструмент для аналізу коду, такої як перевірка синтаксису, виявлення помилок та підказки щодо покращень коду. Це допомагає уникнути потенційних проблем і покращити якість коду.

Управління проектами:

З PyCharm легко керувати вашими проектами, створюючи, видаляючи та переміщаючи файли та теки, використовуючи інтуїтивний інтерфейс користувача.

Підтримка віртуальних середовищ:

PyCharm інтегрується з інструментами створення віртуальних середовищ, такими як `venv` та `conda`, що дозволяє ізолювати залежності для кожного проекту.

Інтеграція з системами керування версіями:

PyCharm підтримує інтеграцію SVN та Mercurial, що дозволяє зручно вести роботу з кодом в командному середовищі.

Підтримка інструментів аналізу даних:

Для аналізу даних PyCharm має вбудовану підтримку інструментів, таких як `pandas`, `numpy` та `matplotlib`, що робить роботу з аналізом даних більш зручною та ефективною.

Розширення за допомогою плагінів:

PyCharm підтримує широкий вибір плагінів, які дозволяють розширити його функціональність, додавши нові можливості та інструменти для розробки. На рис. 4.4 представлено `settings`.

```
INSTALLED_APPS = [  
    'django.contrib.admin',  
    'django.contrib.auth',  
    'django.contrib.contenttypes',  
    'django.contrib.sessions',  
    'django.contrib.messages',  
    'django.contrib.staticfiles',  
    'nature_reserves',  
]
```

Рис.4.4 settings

В цілому, PyCharm - це ідеальний інструмент розробки програмного забезпечення на мові програмування Python, який надає всі необхідні інструменти та функціональність для ефективної роботи розробників.

Далі встановлюємо Folium, який представлений на рис. 4.5 та рис.4.6 та рис. 4.7. Введенням такої команди в терміналі або командному рядку: `pip install folium`.

```
from django.urls import path  
from . import views  
  
urlpatterns = [  
    path('', views.nature_reserves_map, name='nature_reserves_map'),  
]
```

Рис.4.5 urls


```

def nature_reserves_map(request):
    # Створення мапи
    m = folium.Map(location=[49.6, 31.5], zoom_start=6)

    # Додавання маркерів для кожного заповідника з короткою інформацією
    nature_reserve_info = {
        "Горгани": {"location": (49.116667, 24.483333), "info": "Гірські ліси та унікальна флора і фауна."},
        "Дніпровсько-Орільський": {"location": (49.242222, 32.678056), "info": "Великий водно-болотний масив."},
        "Древлянський": {"location": (51.670833, 33.1575), "info": "Унікальні лісові комплекси."},
        "Єланецький степ": {"location": (47.697222, 34.0075), "info": "Типові степи з рідкісними видами тварин."},
        "Казантипський": {"location": (45.938611, 35.359722), "info": "Унікальні узбережжя та морські болота."},
        "Канівський": {"location": (49.974722, 31.540556), "info": "Лісові масиви з численними пам'ятками природи."},
        "Карадазький": {"location": (46.062222, 35.883611), "info": "Гірські ліси та дикий Кримський ландшафт."},
        "Кримський": {"location": (44.621111, 33.549444), "info": "Морські ліси та гірські пейзажі."},
        "Луганський": {"location": (49.8725, 38.712778), "info": "Унікальні болота та піщані пустелі."},
        "Медобори": {"location": (50.584167, 30.306944), "info": "Збережені лісові масиви та багатий флористичний склад."},
        "Мис Мартьян": {"location": (45.3725, 36.383889), "info": "Унікальна природа півострова Крим."},
        "Михайлівська цілина": {"location": (47.978056, 31.713611), "info": "Степові ландшафти зі збереженими дикими травами."},
        "Опуцький": {"location": (49.201944, 34.8925), "info": "Унікальні геологічні утворення."},
        "Поліський": {"location": (51.245833, 30.733056), "info": "Великі лісові комплекси."},
        "Розточчя": {"location": (49.084722, 24.3825), "info": "Глибокі яри та лісові масиви."},
        "Рівненський": {"location": (51.516667, 25.999722), "info": "Озера та лісові угіддя."},
        "Український степовий": {"location": (47.928056, 35.0125), "info": "Степи та піщані дюни."},
        "Черемський": {"location": (48.534167, 34.499444), "info": "Лісові масиви та водні екосистеми."},
        "Ялтинський гірсько-лісовий": {"location": (44.5325, 34.243611), "info": "Гірські ліси південного Криму."}
    }

    for name, details in nature_reserve_info.items():
        folium.Marker(
            location=details["location"],
            popup=f"<name></name><br>{details['info']}",
            tooltip=name
        ).add_to(m)

    # Передача мапи у шаблон
    folium_map = m._repr_html_()

    return render(request, template_name='map.html', context={'folium_map': folium_map})

```

Рис.4.6 views

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3 <head>
4   <meta charset="UTF-8">
5   <title>Nature Reserves Map</title>
6   <!-- Підключення стилів та скриптів для Folium -->
7   {{ folium_map | safe }}
8 </head>
9 <body>
10  <h1>Nature Reserves Map</h1>
11  <!-- Вставлення мапи у веб-сторінку -->
12  <div id="map"></div>
13 </body>
14 </html>

```

Рис. 4.7 map.html

4.4 Тестування та валідація ГІС сервісу

Тестування:

Юніт-тести: Використовуйте Django Test Framework для створення юніт-тестів, щоб перевірити функціональність кожного компонента.

Юніт тест:

```
from django.test import TestCase
from .models import NatureReserve
class NatureReserveTestCase(TestCase):
    def setUp(self):
        NatureReserve.objects.create(name="Test Reserve", latitude=49.116667,
longitude=24.483333, description="Test Description")
    def test_reserve_creation(self):
        reserve = NatureReserve.objects.get(name="Test Reserve")
        self.assertEqual(reserve.description, "Test Description")
```

Інтеграційні тести: Переконайтеся, що всі компоненти інтегруються коректно та веб-додаток працює без помилок.

Функціональні тести: Тестування роботи основних функцій додатку, таких як завантаження мапи, відображення маркерів та попапів з інформацією.

4.5 Приклади використання розробленого ГІС сервісу

Приклад: Відображення мапи заповідників

- Користувач переходить на головну сторінку додатку.
- Веб-додаток завантажує мапу з маркерами природних заповідників.
- Користувач може клікнути на маркер, щоб побачити попап з інформацією про заповідник.

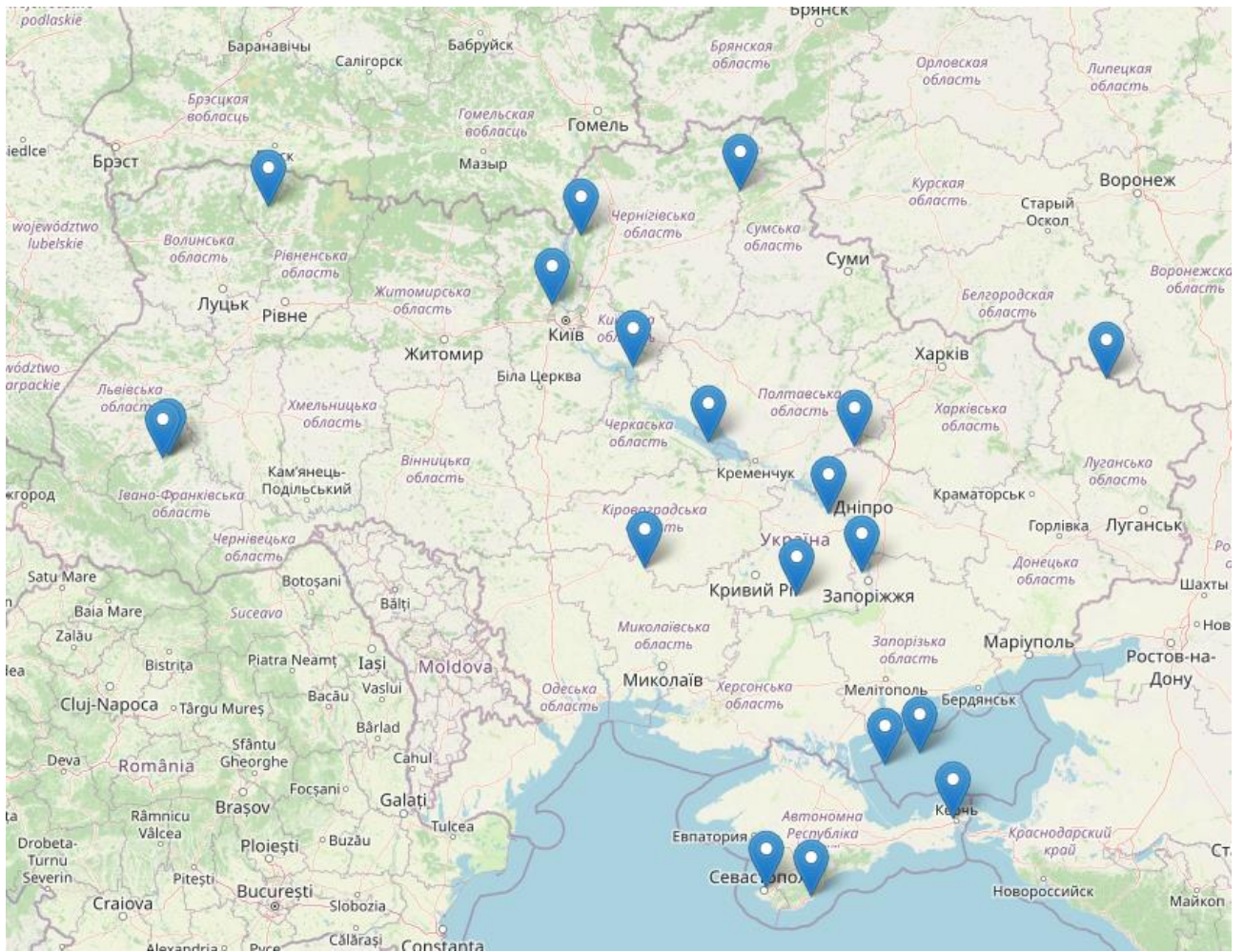


Рис. 4.8 работа додатку

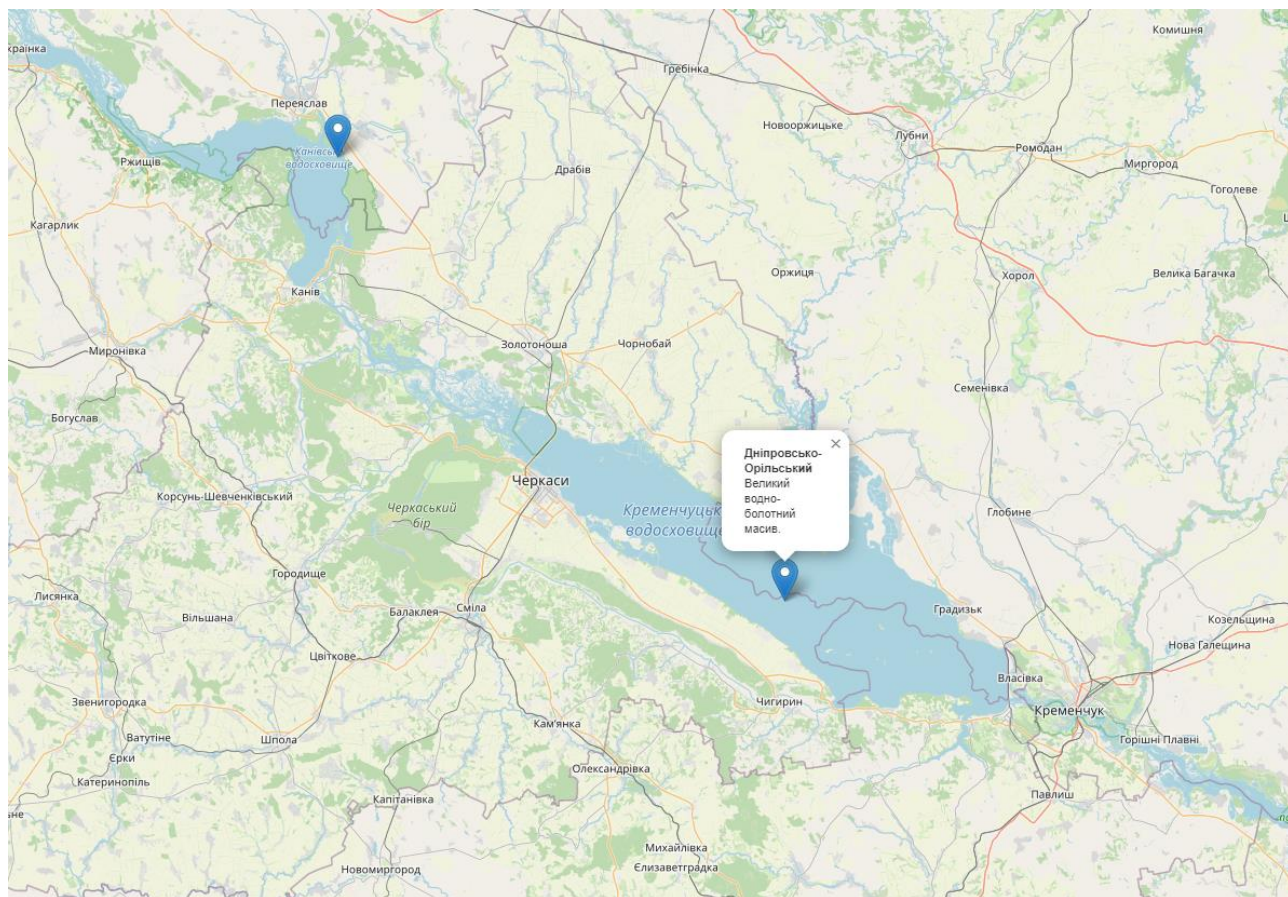


Рис. 4.9 більш детальне ознайомлення

В результаті розробки ГІС-сервісу для відображення природних заповідників України вдалося створити ефективний і корисний інструмент для користувачів, що цікавляться охороною природи та екологічною проблематикою. Завдяки використанню веб-фреймворку Django та бібліотеки Folium, сервіс отримав простий у використанні інтерфейс та забезпечує швидке та зручне відображення інформації про заповідники.

Створений додаток дозволяє не лише візуалізувати місцезнаходження природних заповідників на мапі, а й отримувати коротку інформацію про кожен із них. Це сприяє поширенню обізнаності про природне надбання країни та може викликати інтерес до відвідування та підтримки заповідників.

Загалом, розроблений ГІС-сервіс є важливим кроком у напрямку просування екологічних ініціатив та сприяє підвищенню.

ВИСНОВКИ

В результаті розробки програмного забезпечення для створення мапи заповідників України з використанням Django та бібліотеки Folium було досягнуто успішного результату. Використання цих технологій дозволило зручно та ефективно візуалізувати геопросторові дані про заповідники на карті.

Процес розробки додатку на основі Django дозволив ефективно керувати веб-застосунком, включаючи створення та обробку запитів користувачів. Використання Folium спростило відтворення інтерактивної мапи з можливістю додавання різноманітних шарів із геопросторовими даними.

Цей проект відображає важливість використання сучасних технологій для аналізу та візуалізації геопросторових даних. Він може бути корисним для широкого кола користувачів, включаючи дослідників, екологів та громадськість, які цікавляться станом природних заповідників в Україні.

Робота пройшла апробацію:

1. Лісняк Д.Р., Аверічев І.М. Застосування гіс-технологій для обробки геопросторових даних. Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасний стан та перспективи розвитку ІОТ». 18 березня 2024р., Київ, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій. Збірник тез. К.: ДУІКТ, 2024. С. 71-72

2. Лісняк Д.Р., Аверічев І.М. Розробка програмного забезпечення для аналізу геопросторових даних мовою Python та з використанням GIS-технології. IV Всеукраїнська науково-практична конференція «Застосування програмного забезпечення в ІКТ». 24 квітня 2024р., Київ, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій. Збірник тез. К.: ДУІКТ, 2024. С. 46-47.

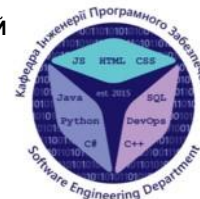
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Zambelli P., Gebbert S., Ciolli M. Pygrass: An object oriented python application programming interface (API) for geographic resources analysis support system (GRASS) geographic information system (GIS) //ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2013. – Т. 2. – №. 1. – С. 201-219.
2. Graser A., Olaya V. Processing: A python framework for the seamless integration of geoprocessing tools in QGIS //ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2015. – Т. 4. – №. 4. – С. 2219-2245.
3. Baykal T. M., Colak H. E. Producing climate boundary maps using GIS interface model designed with Python //Progress in Physical Geography: Earth and Environment. – 2022. – Т. 46. – №. 1. – С. 61-83.6. McGhee R. GOMap: A Python-developed GIS opportunity mapping tool for renewable energy technologies //SoftwareX. – 2023. – Т. 23. – С. 101511.
4. Butler H. A guide to the python universe for ESRI users //Annual ESRI International Conference, San Diego, California, USA. – 2004.
5. Mohammed M. G., Trauth K. M. GIS-Based Python Simulation of Infiltration over a Landscape //Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 2020. – Т. 146. – №. 9. – С. 06020008.
6. Shreemathi M. et al. Mastering Geospatial Analysis With Python: Understanding Geopandas, GDAL, Fiona, Matplotlib, Data Integration, and GIS Tools //Ethics, Machine Learning, and Python in Geospatial Analysis. – IGI Global, 2024. – С. 120-149.
7. Офіційний сайт фреймоврки Django [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – електронні дані. – Режим доступу: <https://www.djangoproject.com/>
8. Офіційний сайт фреймоврки Folium [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – електронні дані. – Режим доступу: <https://pythonvisualization.github.io/folium>

ДОДАТОК А. ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



Розробка програмного забезпечення для аналізу геопросторових даних мовою Python та з використанням GIS-технології

Виконав студент 4 курсу
групи ПД-43
Лісняк Данило Романович
Керівник роботи
доцент кафедри ІПЗ Аверічев Ігор Миколайович

Київ – 2024

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

- **Мета роботи** - каталогізація заповідників України на мапі.
- **Об'єкт дослідження**- процес розробки та впровадження ГІСсервісу для відображення та довідкової інформації про природні заповідники України.
- **Предмет дослідження** - програмне забезпечення для автоматизованої побудови тематичної мапи заповідників.

ЗАДАЧІ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1. Проаналізувати потреби користувачів щодо інтерактивних мап
2. Визначити переваги та недоліки існуючих програмних засобів.
3. Розробити функціональні та нефункціональні вимоги до застосунку для веб мапи.
4. Спроекувати архітектуру програмного забезпечення, визначити класи та методи для створення застосунку.
5. Розробити користувацький інтерфейс для взаємодії користувачів з мапою.
6. Розробити застосунок інтерактивної веб мапи.
7. Провести модульне та інтеграційне тестування програмного забезпечення.

3

АНАЛІЗ АНАЛОГІВ

Назва програмного забезпечення	Переваги	Ключові функції	Ключові функції
QGIS	Відкрите ПЗ, велика кількість інструментів для аналізу, активна спільнота	Високий поріг входу, вимогливість до ресурсів	Підтримка багатьох форматів даних, потужні інструменти аналізу, інтеграція з Python
ArcGIS	Широкий набір інструментів, висока точність, інтеграція з багатьма системами	Дороге ПЗ, високі вимоги до апаратного забезпечення	Підтримка хмарних сервісів, розширені можливості аналізу, велика бібліотека карт
Розробка	Інтеграція сучасних бібліотек Python, висока гнучкість, безкоштовне	Потреба в знаннях програмування, відсутність підтримки від великої спільноти	Підтримка різних форматів даних, потужний інструментарій для аналізу, інтерактивна візуалізація

4

ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Функціональні вимоги

1. Можливість експорту результатів аналізу у форматах, придатних для подальшої обробки та візуалізації.
2. Просторовий статистичний аналіз.
3. Інтерактивна карта для відображення та дослідження геопросторових даних.
4. API для доступу до функціональності додатку з інших програм.

Нефункціональні вимоги

1. Оптимізація обробки великих обсягів даних для забезпечення високої швидкодії.
2. Захист даних від втрати та пошкодження під час обробки та зберігання.
3. Можливість розширення функціональності без значних змін у існуючій архітектурі.
4. Підтримка роботи з різними обсягами даних, від малих до великих.
5. Використання технологій, що дозволяють легко адаптувати програму до різних середовищ.
6. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача з можливістю налаштування.
7. Структуроване проектування з розділенням функціональності на окремі модулі.

5

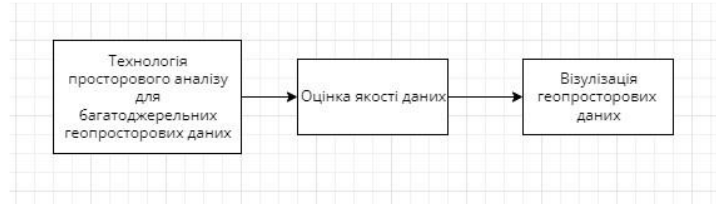
ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ



Folium

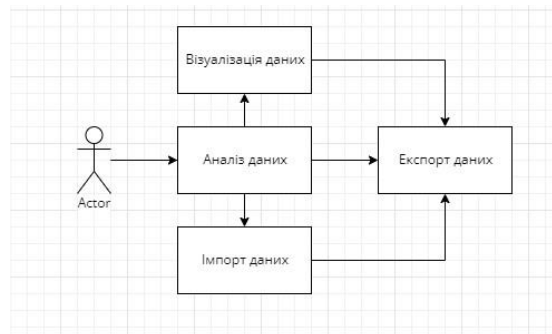
6

Схема роботи архітектури



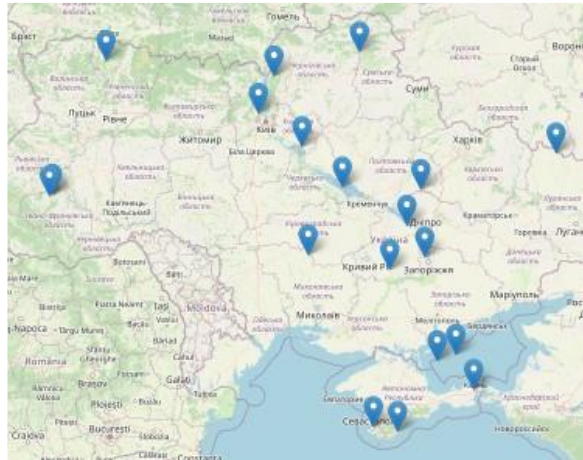
7

Діаграма варіантів використання



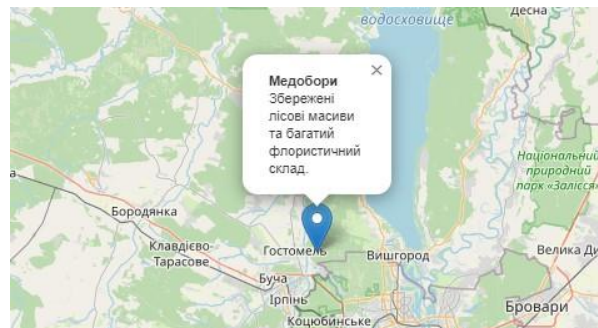
8

ЕКРАННІ ФОРМИ



9

ЕКРАННІ ФОРМИ



10

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Лісняк Д.Р., Аверічев І.М. Застосування гіс-технологій для обробки геопросторових даних. V Міжнародна науково -технічна конференція «Сучасний стан та перспективи розвитку ІОТ». Збірник тез. 18.03.24, ДУІКТ, м. Київ. К.: ДУІКТ, 2024. С. 71-72
2. Лісняк Д.Р., Аверічев І.М. Розробка програмного забезпечення для аналізу геопросторових даних мовою Python та з використанням GIS - технології. IV Всеукраїнська науково -практична конференція «Застосування програмного забезпечення в ІКТ». Збірник тез. 24.04.24, ДУІКТ, м. Київ. К.: ДУІКТ, 2024. С. 46-47.

11

ВИСНОВКИ

- 1. Проаналізовано потреби користувачів, щодо веб мап.
- 2. Визначено переваги та недоліки існуючих програмних засобів
- 3. Розроблено функціональні та нефункціональні вимоги до мапи.
- 4. Спроектовано архітектуру програмного забезпечення, визначено класи та методи для створення застосунку.
- 5. Розроблено користувацький інтерфейс для взаємодії користувачів з програмним забезпеченням.
- 6. Розроблено застосунок для відтворення мапи заповідників України.
- 7. Проведено модульне та інтеграційне тестування програмного забезпечення.

12

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!