

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської підготовки

Кафедра Інформаційних технологій

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка геоінформаційної системи моніторингу водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області»

Виконав студент 2 курсу групи
МІС- 18 спеціальності 122
Комп'ютерні науки

Рукавишников Микола Сергійович

Керівник к.геог.н., доц.
Кузніченко Світлана Дмитрівна

Рецензент к.т.н., доц.
Гнатовська Ганна Арнольдівна

АНОТАЦІЯ

на магістерську роботу «Розробка геоінформаційної системи моніторингу водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області»,

студента Рукавишнікова Миколи Сергійовича

Актуальність дослідження полягає в необхідності розробки ГІС моніторингу водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області, що буде сприяти підвищенню ефективності управління водним господарством області.

Мета дослідження – створення геоінформаційної системи моніторингу водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області.

Об'єкт дослідження – водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області.

Предмет дослідження – методика створення ГІС водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області.

Методи дослідження: геоінформаційне та просторове моделювання, методи збору та обробки геоданих, об'єктно-орієнтоване програмування.

Результати, їх новизна, теоретичне та практичне значення: Розроблена ГІС моніторингу водних об'єктів та гідротехнічних споруд Одеської області. Створений програмний комплекс забезпечить оперативну роботу відповідних спеціалістів відділів та служб в галузі управління гідротехнічними спорудами регіону.

Структура магістерської роботи складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань на 20 найменувань, додатків. Повний обсяг роботи становить 75 сторінок, містить 22 рисунки і 11 таблиць.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: геоінформаційна система, моніторинг водних об'єктів, ГІС-додаток, скрипт.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
ВСТУП.....	8
1 МОДЕЛІ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ	10
1.1 Типи просторових об’єктів в ГІС	10
1.2 Моделі просторових даних	11
1.3 Технології створення векторних карт	17
1.4 Огляд даних відкритого користування.....	18
1.5 Обґрунтування вибору програмного забезпечення.....	23
2 РОЗРОБКА ГІС МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ’ЄКТІВ ТА.....	29
ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ	29
2.1 Система моніторингу водних ресурсів в Одеському регіоні	29
2.2 Розробка структури бази геоданих	31
2.3 Методика створення векторних шарів ГІС-проекту.....	34
2.3.1 Просторова прив’язка топографічної карти	34
2.3.2 Оцифрування даних топографічної карти	37
2.4 Опис ГІС-проекту	38
3 РОЗРОБКА НАДБУДОВ РУТОН ДЛЯ ГІС ПРОЕКТУ	43
3.1 Публікація і установка надбудов Python.....	44
3.2 Типи надбудов Python	46
3.3.1 Створення проекту надбудови	49
3.3.2 Створення різних типів надбудов Python	51
3.3.3 Тестування та налагодження надбудов Python	56
3.4 Порівняльний аналіз API популярних картографічних сервісів.....	57
3.5 Розробка надбудови Python Street View	64
ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	69
ДОДАТОК А КОМПОНУВАННЯ КАРТИ ГІС ПРОЕКТУ	Ошибка! Закладка не опр
ДОДАТОК Б ЛІСТИНГ СКРИПТА НАДБУДОВИ РУТОН	Ошибка! Закладка не о

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД	– база даних
БГД	– база геоданих
ГІС	– географічна інформаційна система
ДДЗ	– дані дистанційного зондування
КІ	– картографічна інформація
ОС	– операційна система
ПБГД	– персональна база геоданих
ПЗ	– програмне забезпечення
СКБД	– система керування базами даних
УВГ	– управління водного господарства
ЦК	– цифрові картографічні матеріали
ЦМР	– цифрова модель рельєфу
ЦТК	– цифрові топографічні карти
DEM	– Digital Elevation Model (цифрова модель рельєфу)
ESRI	– Environmental Systems Research Institute
OGC	– Open Geospatial Consortium
OSM	– Open Street Map
UTM	– Universal Transverse Mercator
WGS-84	– World Geodetic System, 1984

ВСТУП

Для вирішення багатьох прикладних задач в області проектування і будівництва різноманітних гідротехнічних споруд, для оцінки і раціонального використання водних ресурсів окремих адміністративних районів, для моніторингу екологічного стану річкових басейнів необхідно мати досить повні відомості про гідрологічних характеристиках і режими наявних на території водних об'єктів. Інтенсивний розвиток комп'ютерної техніки та інформаційних технологій останнім часом дозволяє отримувати необхідні параметри за допомогою технологій географічних інформаційних систем (ГІС) повніше і швидше в порівнянні з традиційними вимірами.

ГІС дозволяють інтегрувати розрізнену інформацію про об'єкти, представляти її у вигляді тематичних карт, звітів. Аналітичні засоби ГІС дають можливість застосовувати статистичні методи обробки числових даних і картографічні методи дослідження. Важливою перевагою ГІС перед традиційними картами є можливість візуалізації різної інформації про природні ресурси у вигляді додаткових графіків, схем і таблиць. ГІС дозволяють створювати шари з різними характеристиками і поєднувати різноманітну інформацію в залежності від управлінського завдання, яке необхідно вирішити. ГІС поєднує і відображає інформацію різного формату та масштабу, в поєднанні з високою швидкістю виготовлення.

Метою даної магістерської роботи є створення геоінформаційної системи моніторингу водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

- провести огляд принципів функціонування геоінформаційних систем;
- провести аналіз моделей просторових даних;
- описати методикку створення векторної карти;

- підготувати вихідні дані до проекту, топографічні карти і супутникові знімки;
- розробити ГІС моніторингу водних об'єктів та основних гідротехнічних споруд Одеської області;
- описати методику створення надбудов Python в ArcMap;
- розробити для ГІС проекту власну надбудову Python для перегляду даних сервісу Google Map за географічними координатами будь-якої обраної на карті точки.

1 МОДЕЛІ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

1.1 Типи просторових об'єктів в ГІС

Дані, що зберігаються і обробляються в ГІС носять назву просторових або географічних даних, якщо вони забезпечені вказівкою на їх локалізацію у просторі за допомогою позиційних атрибутів. Завдяки атрибуту простору за допомогою програмних засобів ГІС допускаються і виконуються операції просторового аналізу просторових даних і моделювання.

Позиціонування об'єкта в ГІС виконується в різних системах координат: в географічних координатах (в термінах широти, довготи і висоти відносно рівневої поверхні референт-еліпсоїда, що використовується), в прямокутних геодезичних координатах (відносно ліній кілометрової сітки топографічних карт в проекціях Гаусса-Крюгера, універсальної поперечно-циліндричної проекції Меркатора UTM та ін.), в умовних декартових координатах X, Y, одержаних шляхом оцифрування картографічних джерел (в умовних прямокутних координатах оцифровувача-дігітайзера). В двох останніх випадках передбачається, що тим чи іншим шляхом можливий перехід до істинних абсолютних географічних координат шляхом вирішення зворотної задачі математичної картографії і теорії картографічних проекцій: розрахунку географічних координат об'єктів за їх умовними плоскими прямокутними. Програмні засоби ГІС повинні підтримувати перетворення проекцій карт [1]¹⁾.

Таким чином, просторовий об'єкт повинен бути описаний не тільки множиною його характеристик (атрибутів, реквізитів), але і положення у системі координат.

Виділяють чотири типи просторових об'єктів: точкові (точки), лінійні (лінії, полілінії), площадні (області, ареали, полігони) і поверхні (рельєфи),

¹⁾ [1] Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. М.:КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. 272 с.

0-, 1-, 2- і тривимірні відповідно. Часто поверхні називають геополями. Об'єкти можуть відноситись до різних категорій і утворювати цілі ієрархії, наприклад, лінійні об'єкти можуть бути річками (елементи гідрографії), автомобільними дорогами, лініями вулиць (елементи транспортної мережі), лініями газопроводів, нафтопроводів (елементи трубопроводної мережі). Більш того, автомобільні дороги можуть бути поділені на множину різних класів за різними ознаками [2]¹⁾.

1.2 Моделі просторових даних

Перший принцип організації моделей просторових даних – принцип пошарової організації даних. Принцип заключається в тому, що використовуються поділ об'єктів на тематичні шари, і об'єкти, що відносяться до одного шару, утворюють логічну (а часто і фізичну) окрему одиницю даних, яка має єдину і окрему від інших шарів систему ідентифікаторів. До даних, що описують один шар, можна звертатися як до деякої множини.

В якості приклада на рис.1.1 наведена карта, що складається з декількох шарів, які містять однотипні об'єкти. Є шар полігональних об'єктів, що описує населені пункти і рослинність. Є окремий шар для представлення гідромережі у вигляді лінійних об'єктів.

Це простий випадок, коли об'єкти у кожному шарі однотипні. Але може бути і пошарове розділення, коли об'єкти не однотипні (рис.1.2).

Другий принцип, що називається об'єктно-орієнтованим, враховує не тільки загальні властивості об'єктів, але і їх положення в які-небудь складній ієрархічній схемі класифікації і взаємовідносини між ними. Тому зручно відображати в шарах різні родинні і генетичні відносини між об'єктами, а також функціональні зв'язки між об'єктами.

¹⁾ [2] Ковин Р.В, Марков Н.Г. Геоинформационные системы: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 175 с.

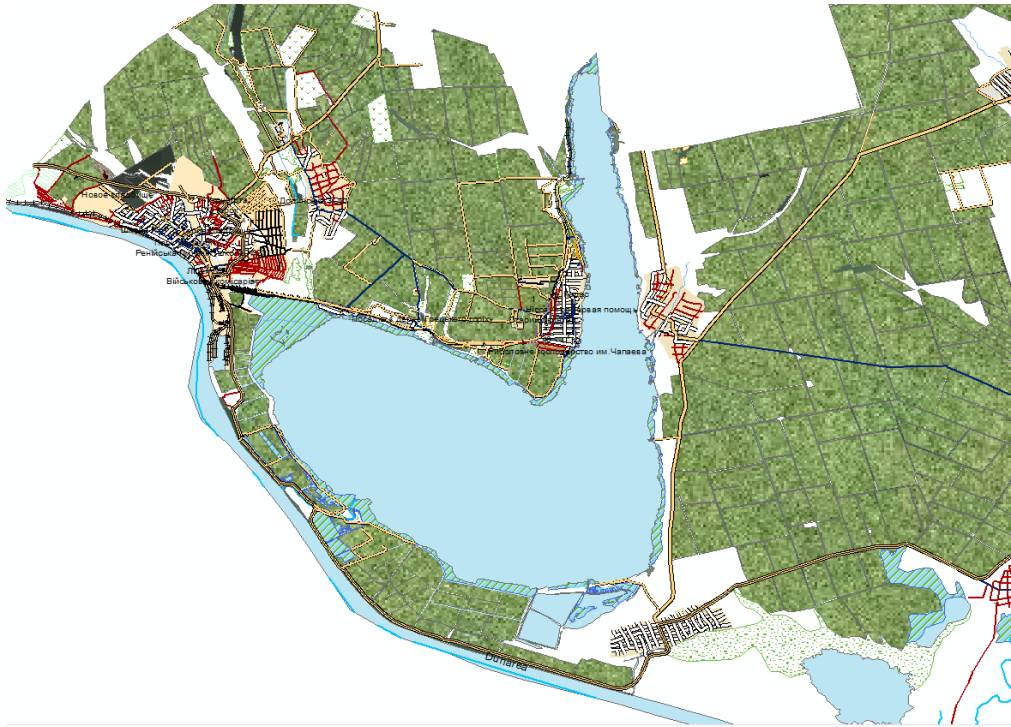


Рисунок 1.1 – Приклад векторної карти

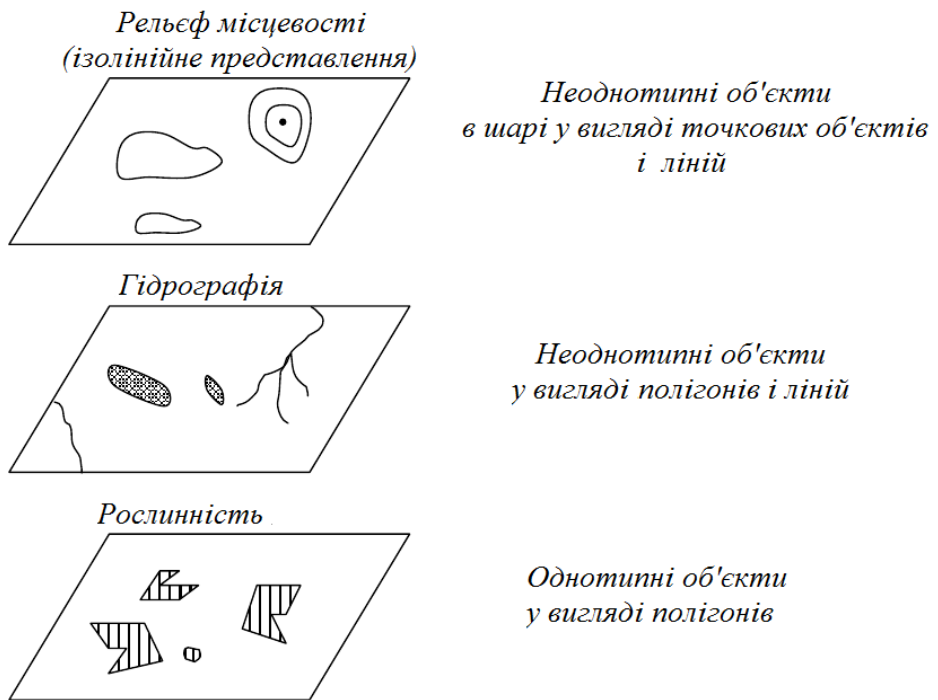


Рисунок 1.2 – Пошаровий принцип організації інформації

Приклад реалізації такого принципу показаний на рис.1.3. Цей підхід менш поширений, ніж пошаровий. Однак, існує можливість використання обох підходів спільно [2]¹⁾.

При опису в ГІС реальні просторові об'єкти розділяються на безліч атомарних, елементарних об'єктів-примітивів. До них належать точки (точкові об'єкти), лінії (лінійні об'єкти), контури (ареали, площини, полігони), поверхні (рельєфи, геополя), комірки регулярних просторових мереж і елементи здатності зображення (пікселі). Перші чотири примітива орієнтовані на векторне подання об'єктів (коли опис об'єктів здійснюється шляхом вказівки координат об'єктів і складових їх частин, інші зв'язані з їх растровим поданням у вигляді сукупності комірок, на які розбиваються об'єкти.

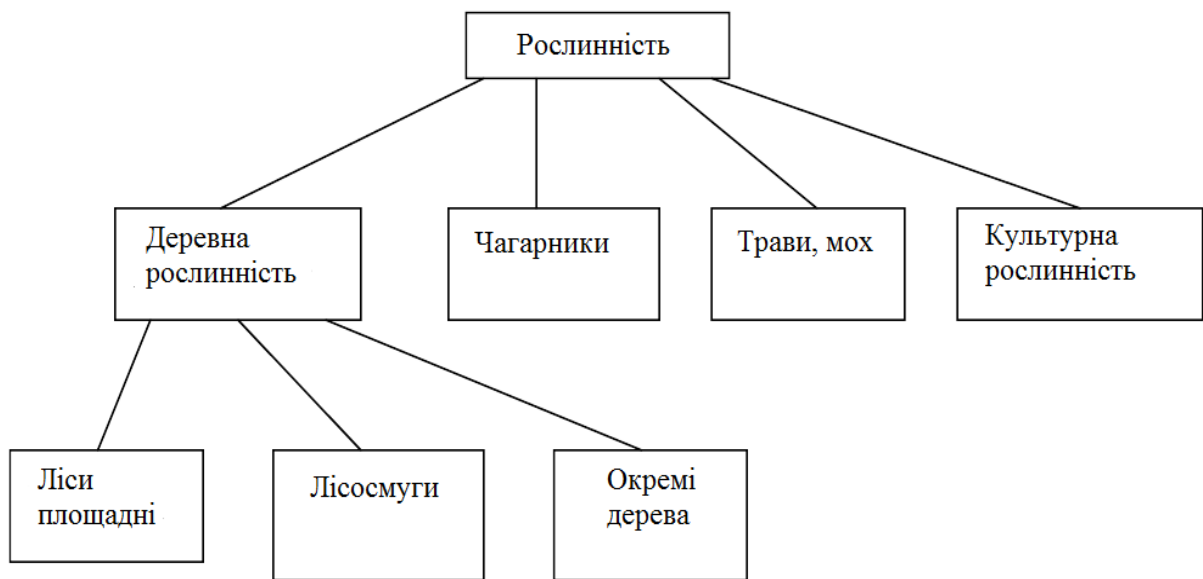


Рисунок 1.3 – Схема об'єктно-орієнтованої моделі даних для опису рослинності

¹⁾ [2] Ковин Р.В, Марков Н.Г. Геоинформационные системы: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 175 с.

Подання просторових даних або модель просторових даних – це спосіб цифрового опису просторових об’єктів, типу структури просторових даних (спосіб структурного опису вихідних даних).

Найбільш універсальними з моделей просторових даних є:

- растрове подання;
- векторне подання;
- коміркове подання;
- квадротомічне подання (квадро дерево).

Растрова модель даних – це цифрове подання просторових об’єктів у вигляді сукупності комірок растра (пik селів) з присвоєними їм значенням класу об’єктів. Растрове подання передбачає позиціонування об’єктів вказівкою їх положення у відповідній растру прямокутній матриці однаково для всіх типів просторових об’єктів (точок, ліній, полігонів і поверхонь) [2,3]¹⁾.

Основна перевага растрової моделі – це злиття позиційної і семантичної атрибутики растрового шару у єдиній прямокутній матриці, положення елементів (пикселів) якої визначається номером їх стовбцю і рядка, а значення елемента є безпосереднім вказівником її семантичної визначеності. З кожним семантичним значенням елемента або смисловим кодом, крім того, може бути зв’язаний необмежений за довжиною набір атрибутів.

Часто растрову модель використовують для зображення цифрової моделі рельєфу (ЦМР), яка передбачає розбиття простору на пикселі, утворюючи матрицю висот – регулярну мережу висотних відміток.

При створенні регулярної мережі висот (GRID) дуже важливо враховувати щільність сітки (крок сітки), що визначає її просторову роздільну здатність. Чим менше обраний крок, тим точніше ЦМР вище просторова роздільна здатність моделі, але тим більше кількість вузлів сітки, отже, більше часу потрібно на розрахунок ЦМР і більше місця на диску.

¹⁾ [2] Ковин Р.В, Марков Н.Г. Геоинформационные системы: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 175 с.

[3] Скворцов А.В. Геоинформатика: Учебное пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 336 с.

Шляхом інтерполяції, апроксимації, згладжування і інших трансформацій до растрової моделі можуть бути приведені ЦМР всіх інших типів. Для відновлення поля висот в будь-якій його точці (наприклад, в вузлі регулярної мережі) по заданій множині висотних відміток (наприклад, по цифровим записам горизонталей) зазвичай застосовуються різноманітні методи інтерполяції (крігінга, Шепарда, поліноміального і кусочно-поліноміального згладжування) [4]¹⁾.

Нерегулярна триангуляційна мережа (TIN). Серед нерегулярних сіток найчастіше використовується трикутна мережа неправильної форми – модель TIN, у якій вузлам і ребрам трикутної мережі відповідають вихідні і похідні атрибути цифрової моделі. При побудові TIN-моделі дискретно розташовані точки з'єднуються лініями, утворюючи трикутники (рис. 1.4).

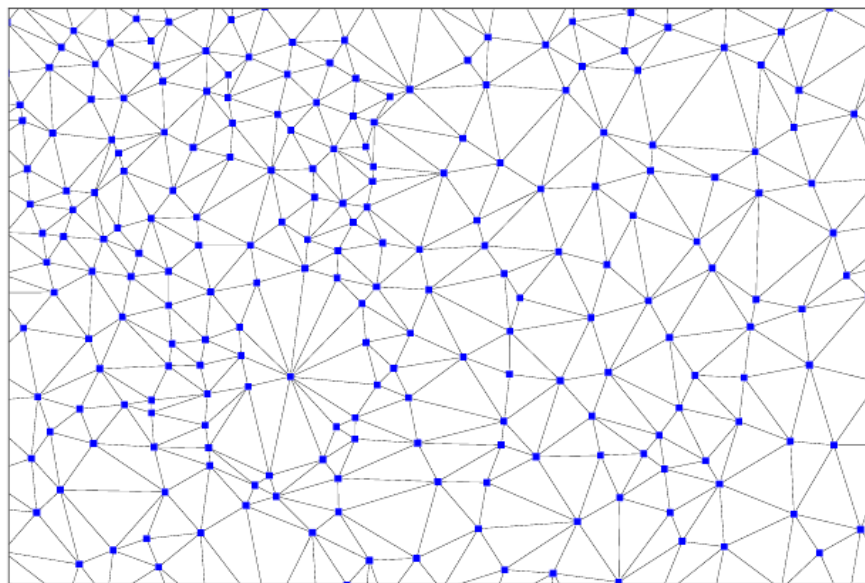


Рисунок 1.4 – Збільшений фрагмент моделі рельєфу, що демонструє трикутну структуру моделі TIN

У межах кожного трикутника моделі TIN поверхня зазвичай представляється площиною. Оскільки поверхня кожного трикутника задається висо-

¹⁾ [4] Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. 128 с.

тами трьох його вершин, застосування трикутників забезпечує кожній ділянці мозаїчної поверхні точне прилягання до суміжних ділянок. Це забезпечує безперервність поверхні при нерегулярному розташуванні точок. При цьому кожен трикутник моделі крім інформації про висоту має атрибути кута нахилу та експозиції, що дозволяє швидко побудувати на базі однієї моделі TIN кілька тематичних карт – гіпсометричну, ухилів, експозиції – і дає можливість зробити різні види складного просторового аналізу, наприклад розрахунків шляхів геохімічних міграцій на основі поверхневого стоку.

Основним методом розрахунку TIN є триангуляція Делоне, тому що в порівнянні з іншими методами вона володіє найбільш підходящими для цифрової моделі рельєфу властивостями: має найменший індекс гармонійності як суму індексів гармонійності кожного з утворюючих трикутників (близькість до рівнокутної триангуляції), властивості максимальності мінімального кута (найбільша виродженість трикутників) та мінімальності площі утвореною багатогранною поверхнею [5]¹⁾.

Векторне подання даних точкового і площадного (полігонального, контурного) типів об'єктів має аналогії в картографії, де розрізняються об'єкти з точковим, лінійним і площадним характером просторової локалізації. Це означає вибір графічних засобів їх картиграфічного відображення.

Векторні подання просторових об'єктів займають у пам'яті комп'ютерів значно менше міста, ніж растрові.

Векторне подання або векторна модель просторових даних – це цифрове подання точкових, лінійних і полігональних просторових об'єктів у вигляді набору координатних пар.

¹⁾ [5] Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: Геодезиздат, 1993. 213 с.

1.3 Технології створення векторних карт

Розглянемо технології створення векторних карт.

Отримання цифрових карт по вихідним паперовим картам. На першому кроці ведеться сканування вихідного листа карти чи плану. Отримане за допомогою сканера растрове зображення листа карти на другому кроці підготовлюють до векторизації. На третьому кроці здійснюється власне векторизація растрового зображення. На четвертому кроці ідентифікуються чи уточнюються просторові об'єкти. П'ятий крок використовується для зв'язку просторових об'єктів з базою атрибутивних даних, яка заповнюється по цим об'єктам на даному кроці. На шостому кроці виконуються комплексні перевірки отриманої векторної карти і ведеться редагування помилок.

Іншим методом, альтернативним методу векторизації на основі отсканованого зображення, є метод створення векторних цифрових карт з паперових носіїв, який називається методом дигіталізації (відколки).

Суть методу заключається у використанні спеціального устаткування – дигітайзера і спеціального програмного забезпечення для підтримки інтерактивного режиму роботи з цим устаткуванням. Цей метод реалізований також в окремих сучасних ГІС (при цьому оператор використовує мишу при проході по контурах об'єктів) [2]¹⁾.

Отримання карт за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Матеріали зйомок можуть бути представлені у вигляді єдиного набору растрових зображень, прив'язаних до потрібної координатної мережі, і, на відміну від паперових картографічних матеріалів, дійсно можуть відображати практично одномоментну фіксацію всіх просторових об'єктів і відносин між ними. З зростанням об'ємів ДЗЗ проблемою становиться автоматизована інтерпретація (дешифрація) аерокосмічних знімків. Рішення цієї проблеми в даний час ведеться з використанням теорії розпізнавання образів.

¹⁾ [2] Ковин Р.В, Марков Н.Г. Геоинформационные системы: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 175 с.

Отримання карт за даними наземних вимірів і супутникових систем. Використання супутникових навігаційних систем GPS або ГЛОНАСС про координати об'єктів, що рухаються, які отримуються за допомогою наземних приймачів і даних електронних тахеометрів – вимірювачів відстаней – дозволяє накопичувати просторові данні у цифровій формі і використовувати їх безпосередньо у середовищі ГІС, минаючи проміжні матеріали на паперовій основі. Збереження матеріалів безпосередньо у цифровій формі знімає проблему створення твердих копій і проблему використання уже відзнятих кордонів суміжних об'єктів при нових зйомках [6]¹⁾.

1.4 Огляд даних відкритого користування

Для побудови растрових карт, наприклад цифрової моделі рельєфу (ЦМР) можуть бути використані спутникові знімки, які знаходяться у відкритому доступі. У табл.1.1 наведені деякі джерела даних рельєфу, що знаходяться у відкритому доступі.

ГТОРО30 є однією із найстаріших карт. Складена в 1996 року. Має покриття по всьому світу, але містить один вимір на 30 кутових секунд, що відповідає приблизно 1км на екваторі. GMTED2010 це більш нові дані, які збиралися замість застарілої ГТОРО30. З більш низьким дозволом, ніж, наприклад, SRTM, але до 83 паралелі. До додаткових плюсів моделі можна віднести те, що крім загальної висоти в базі даних є максимальна/ мінімальна висоти і дисперсія висоти в розглянутому квадраті. Максимальна деталізація 7.5 кутових секунд. SRTM – це практично стандарт для карт висот землі. Це популярний сервіс, тому розглянемо його детальніше.

У лютому 2000 року американський шаттл Endeavor одинадцять днів літав навколо землі з випущеної штангою і двома радарми сканував віддаленість земної поверхні. Ці дані згодом й лягли в основу карти SRTM.

¹⁾ [6] Турлапов В.Е. Геоинформационные системы в экономике: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: НФ ГУ-ВШЭ, 2007. 118 с

Таблиця 1.1 – Інформація про джерела геопросторових даних відкритого користування

Джерело	Опис
GTOPO	Глобальний набір даних висот з дозволом 30 кутових секунд (приблизно 1 км), який доступний для завантаження.
ETOPO	Глобальна модель рельєфу Землі з дозволом 1 кутова хвилина, в якій поєднуються топографічні дані земної поверхні і батиметричні дані океанського дна.
GMTED2010	Глобальні дані рельєфу місцевості в трьох різних дозволах (приблизно 1 000, 500 і 250 метрів), Геологічна служби США
SRTM	Програма топографічної радіолокаційної зйомки "Шаттл" – дані рельєфу практично на всю територію Землі, отримані з космічного апарату "Спейс шаттл" для побудови найбільш повної цифрової бази даних рельєфу Землі з високою роздільною здатністю.
ASTER	Вдосконалений супутниковий радіометр теплового випромінювання та відображення – це інструмент, розташований на супутнику НАСА "Терра".
NED	Національний набір даних рельєфу США – дані, створені Геологічної служби США (USGS) на територію США. Дані NED доступні для використання в США і мають дозволу 1 кут. сек., 1/3 кут. сек. і 1/9 кут. сек.
Сервіси світових висот Esri	Надають простий онлайн-доступ до глобальних колекцій даних рельєфу в декількох дозволах і з декількох джерел, продуктам даних рельєфу, а також до супутніх додатків і додаткових сервісів. World Elevation Services (Сервіси зображень World Elevation) Сервіси зображень World Elevation ArcGIS Community може бути використаний для проектів ArcGIS, які вимагають наявності набору даних висот.

Дані існують е трьох видах, це:

- SRTM1: найточніші дані з дозволом 1 кутової секунди (точність 31 м на екваторі), але на жаль, вони охоплюють лише територію США.
- SRTM3: дозвіл 90 м (3 кутових секунди), охоплюють велику частину території Землі і цілком підходять для більшості наукових завдань (цим форматом, в основному, користуються для створення карт невеликих країн, островів).
- SRTM30: дозвіл 926 м (30 кутових секунд), що підходить для створення карт загального характеру (наприклад, континенту або регіону, що складається з декількох країн або областей).

Тобто SRTM представляє сітку висот для всієї поверхні Землі. Сумарний об'єм інформації з дозволом 30 кутових секунд складає 2 Гб, з дозволом 3 кутових секунди – 14 Гб.

Дані SRTM можна розглядати як цифрову модель рельєфу Землі (ЦМР) і виконувати її коректну оцінку точності тільки на відкритих незабудованих територіях, не покритих чагарниковою і деревною рослинністю і за умови, що товщина сніжного покриву на цих ділянках в період зйомки досить мала, щоб нею можна було знехтувати.

Найближчий конкурент (або союзник) SRTM – це ASTER. Дані про ландшафти планети були зібрані США у співпраці з Японією. ASTER – це точний, але трохи більш шумний варіант карти.

Наведемо ще у табл.1.2 перелік сучасних глобальних баз геоданих і веб-браузеров, які надають просторові дані у растровому і векторному форматах безкоштовно. Нажаль, даних по Україні надається мало. Завантажити дані для нашої країни (або подібним чином можна завантажити дані для будь-якої країни), можна за посиланням: download.geofabrik.de/europe/ukraine.html. Тут можна завантажити файл `ukraine-latest.shp.zip`, що представляє собою поточний витяг з бази OSM, який регулярно оновлюється. Цей архів містить набір шарів у форматі шейп-файлів. Також можна завантажити дані у інших форматах.

Таблиця 1.2 – Інформація про глобальні бази геоданих

База геоданих	Опис
OpenStreetMap	Дані з OSM можна закачувати і вільно ними користуватись. Ресурс надає так звані тайлові карти.
Natural Earth	Цей портал пропонує набори даних різної деталізації з покриттям всієї планети. Дані можна закачувати у трьох масштабах: 1:10m, 1:50m та 1:110m. Доступними для скачування є векторні шари з адміністративного поділу, фізичні об'єкти, транспортне сполучення, розташування міст, растрові фізичні карти.
UNEP Geodata	База даних програми ООН з довколишнього середовища, яка містить дані про більш ніж 500 змінних, глобальну та локальну інформацію стосовно клімату, природи і т. ін.
Global Administrative Areas	База глобального адміністративного поділу, тут можна взяти дані на весь світ чи окремо для необхідної країни.
DIVA-GIS	База, що містить як глобальні, так і картографічні дані по окремих країнах світу.
Global Map	Містить набори векторних та растрових даних з глобальним покритвом земної поверхні, транспортом, адмінподілом, та ін. Доступ до цих даних забезпечується урядом Японії.
SEDAC	Socioeconomic Data and Applications Center – центр, підпорядкований NASA. Тут можна знайти безліч різноманітних соціоекономічних даних, а також екологічні, транспортні, адміністративні дані. Для скачування потрібен обліковий запис.

Продовження табл.1.2

База геоданих	Опис
Global Climate Monitor	Ресурс, що містить кліматичні дані у растровому форматі. Це щомісячні температурні дані, опади, кліматичні аномалії.
MRDS	Mineral Resources Data System – ресурс, що надає інформацію з місцезнаходження мінеральних ресурсів.
GeoNetwork	Портал з різноманітними агрегованими геоданими для країн світу.
USGS Land Cover Institute	Набір посилань для пошуку даних рослинного покриву, що поділяється географічно за частинами світу.
EarthStat	Надає дані про сільськогосподарські угіддя, типи посівів, удобрення земель і тому подібне.
Open Topography	Портал із топографічними даними, що покривають Північну Америку. Загалом, на сайті доступні дані LiDAR, растрові дані, DEM-дані, що мають доволі високу точність.
Peace Research Institute Oslo	База містить дані про збройні конфлікти у світі та дані щодо торгівлі зброєю, розташування джерел конфліктів (природні ресурси та інше).

Дані меж природно-заповідних територій України можна завантажити зі щоденних вивантажень з OSM. Редагування і додавання даних здійснюється завдяки колаборації OSGeo Lab, Національного екологічного центру України та української спільноти OSM.

Не так давно відкрився портал data.gov.ua, що містить різноманітні відкриті дані по нашій країні. Хоча він не містить геоданих, як таких, деякі з них можна конвертувати і відобразити географічно.

Джерела даних, що їх наведено вище, є безкоштовними та відкритими, проте необхідно зважати на правила їх використання: деякі портали лише вимагають реєстрації та позначення мети використання даних, деякі вимагають робити посилання на джерело.

1.5 Обґрунтування вибору програмного забезпечення

Нижче наведемо коротку характеристику ГІС пакетів, утиліт і геобраузерів, що були використані в роботі для створення додатку.

Програмний комплекс ArcGIS Desktop. Назва ESRI – аббревіатура, яка означає Environmental Systems Research Institute, що перекладається як Інститут Дослідження Систем Навколишнього Середовища. Програмні продукти ESRI (США) дозволяють виконувати всі функції по створенню і експлуатації ГІС, а також інтегрувати обробку та зберігання геоданих з існуючими системами обробки традиційних (атрибутивних) даних, що працюють під управлінням програмних систем, що поставляються іншими фірмами (ORACLE, INFORMIX, DB2, MS SQL Server і ін.).

Найбільш відомими і широко поширеними у світовій практиці є сімейство продуктів ArcGIS. Система ArcGIS дозволяє виконувати всі основні функції по введенню, коригуванню, оновленню, зберіганню, обробки та подання просторових даних. Система ArcGIS побудована за модульним принципом і основні, схожі функції ГІС розділені на групи. Набір застосувань для ArcGIS Desktop приведена на рис. 1.5.

До складу ArcGIS Desktop входять додатки: ArcMap, ArcCatalog і ArcToolbox, ModelBuilder, ArcScene і ArcGlobe. ArcCatalog і ArcMap призначені для створення і редагування векторних і растрових даних, їх моделювання і аналізу, ArcToolBox – це набори вбудованих інструментів для аналізу і геообробки даних, ModelBuilder – додаток для створення наборів інструментів користувачами, ArcScene і ArcGlobe – додатки для 3D

візуалізації даних. У нових версіях ArcGIS Desktop додаток ArcMap був замінений на додаток ArcPro.

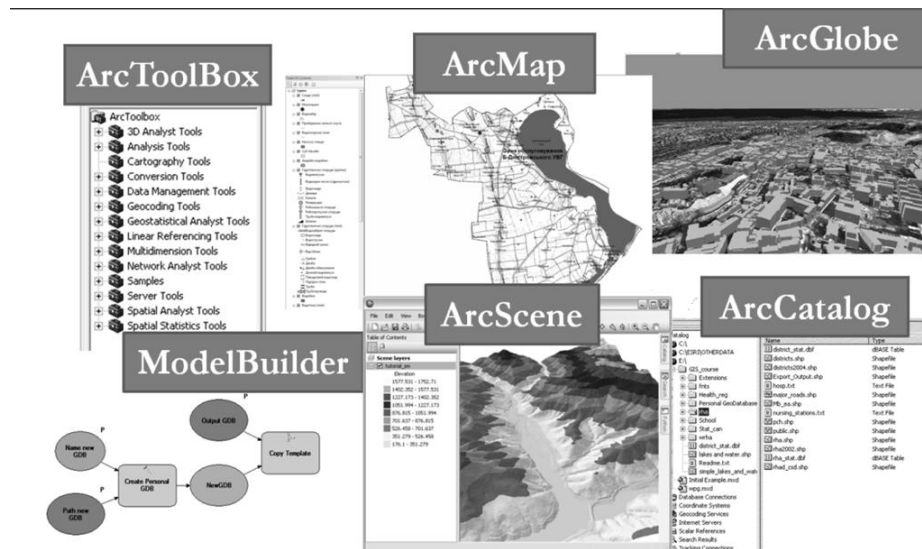


Рисунок 1.5 – Набір програмних продуктів фірми ESRI для ArcGIS Desktop

Графічний інтерфейс користувача (GUI) ArcMap схожий з найбільш популярним і сучасним, простим в роботі інтерфейсом користувача Windows. Пакет ефективно працює з таблицями, зображеннями, текстовими файлами, електронними таблицями, графіками і діаграмами. У реляційній базі даних ArcMap зберігаються атрибути різномірних даних і взаємозв'язку між усіма накопиченими даними.

У пакеті ArcMap є засоби зв'язування будь-яких SQL DBMS-, ASCII-, dBase- файлів з відповідними географічними даними, як джерелом описової інформації по характеристикам карти. Підтримується необмежена кількість динамічних зв'язків з неоднорідними DBMS- форматами, які можуть перебувати на локальному диску або в іншому місці гетерогенної мережі. Повністю підтримуються реляційні можливості, включаючи режими one-to-many, many-to-one, many-to-many, one-to-one.

В межах визначеної теми магістерської роботи особливий інтерес викликають додаткові модулі пакету, що призначені для просторового аналізу.

ArcGIS 3D Analyst додає в стандартну функціональність ArcGIS набори інструментів для створення і аналізу поверхонь, а також інструменти для створення віртуальних моделей місцевості. У додатках для тривимірної візуалізації, що поставляються з ArcGIS 3D Analyst, доступні всі функції геообробки і просторового аналізу, що дозволяє проводити ГІС аналіз і демонструвати результати в реалістичному тривимірному вигляді.

ArcGIS Geostatistical Analyst містить великий набір інструментів для геостатистичного аналізу просторових даних і побудови статистично достовірних поверхонь, виявлення глобальних і локальних трендів, аномалій і взаємозв'язків між наборами даних. Модуль широко використовується для визначення статистичних помилок інтерпольованих поверхонь.

ArcGIS Spatial Analyst надає широкий спектр інструментів для створення растрових даних, а також спільного аналізу даних у всіх растрових і векторних форматах, підтримуваних в ArcGIS. Модуль дозволяє вирішувати безліч аналітичних задач, таких як виявлення просторових взаємозв'язків, аналіз поверхонь на основі цифрових моделей рельєфу, гідрологічне моделювання, обробка зображень, включаючи їх фільтрацію, класифікацію і генералізацію.

Конкурентом пакету ArcGIS є відкритий настільний пакет QGIS.

Визначення відкритого програмного забезпечення розроблено організацією Open Source Initiative і використовується для визначення відповідності ліцензії на програмне забезпечення стандартам відкритого ПЗ. Основні особливості відкритого ПЗ згідно з визначенням включають вільне поширення, доступний вихідний код, дозвіл на модифікацію цього вихідного коду.

В останні роки завдяки загальному розвитку засобів комунікацій, географічної та технологічної грамотності, збільшення доступності просторових даних (особливо ДДЗ) і розвитку галузі ГІС в цілому, складається сприятлива ситуація для розвитку відкритого ПЗ ГІС.

Перелік FreeGIS.org на даний момент налічує приблизно 350 відкритих програмних пакетів ГІС різного типу. Відкриті ГІС створюються і підтримуються різними спільнотами та організаціями: комерційними компаніями, групами ентузіастів або дослідницькими організаціями. Найбільші проекти залучають досить велику кількість розробників і вкладення в розробку досить серйозні (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Характеристики програмної бази та оцінки витрат деяких відкритих ГІС

Проект	Рядків коду, тис. (приріст)	Розробників, чол.	Витрати, чол./рік	Оцінка витрат, тис. \$USD
GRASS GIS	737 (42%)	62	200	11000
gvSIG	2162 (20%)	62	609	33495
Quantum GIS	440 (227%)	40	114	6270
GDAL	1035 (67%)	29	337	18535

Справжній бум розвитку відкритих ГІС і пов'язане з ним поява нових користувальницьких систем припадає на початок XXI століття. У цей період почалася розробка таких користувальницьких ГІС, як SAGA GIS (2001) в Німеччині, gvSIG (2003) в Іспанії, міжнародний проект Quantum GIS (2002). У 2007 пропріетарний раніше пакет, призначений для ГІС-аналізу та завдань дистанційного зондування ILWIS (Integrated Land and Water Information System) офіційно став доступний під ліцензією GNU GPL, тим самим перейшовши до лав відкритого програмного забезпечення.

Існуюче ПО ГІС можна умовно поділити на 3 класа: це веб ГІС, настільні ГІС і просторові бази даних. У табл. 1.4 представлені типові стеки відкритого ПЗ для настільних ГІС. Розглянемо короткі характеристики основних відкритих ГІС.

Таблиця 1.4 – Інструментальні шари відкритих настільних ГІС платформ

Тип ПЗ	Представники	Група
Додатки	QGIS, GRASS, OSSIM, uDig, MapWindow GIS	Користувальницький інтерфейс
Середовище розробки	Eclipse, QT, OpenGL, SharpDevelop	
Високорівневі утиліти	GeoTools, PostGIS, MapWindow GIS ActiveX	Збереження даних
Високорівневі скриптові мови програмування	Python, Perl, R	Обробка даних
Низькорівневі утиліти	Shapelib, JTS/GEOS, GDAL/OGR, GMT	
Низькорівневі мови програмування	C, C++, Java, Fortran, C#, VB.NET	Системне ПЗ
Операційна система	Linux, Microsoft Windows	

Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) є модульною системою, що надає доступ до більш ніж 300 модулів для роботи з дво- та тривимірними растровими і векторними даними і за функціональними можливостями її можна порівняти з продуктом ESRI ArcGIS рівня ArcInfo. Через відсутність зручного графічного інтерфейсу поширеність GRASS обмежена і вона використовується переважно дослідними інститутами та університетами. До недавнього часу другою причиною, яка стримує зростання числа користувачів, була неможливість запуску GRASS на платформах MS-Windows без використання емуляторів Linux або Unix платформ (наприклад, Cygwin). Однак, з виходом версії 6.3.0 ця проблема була вирішена.

Розробка QGIS почалася в 2002 році групою ентузіастів. Метою розробки було створення простого у використанні і швидкого переглядача географічних даних для операційних систем сімейства Linux. Однак, із зро-

станням проекту з'явилася ідея використовувати QGIS як простий графічний інтерфейс для GRASS, отримуючи таким чином в своє розпорядження його аналітичні та інші функції. На сьогоднішній момент група розробників QGIS вирішила початкові завдання і працює над розширенням функціональних можливостей, давно вийшли за рамки простого переглядача. За рахунок використання крос-платформного тулкіта QT, QGIS доступна для більшості сучасних платформ (Windows, Mac OS X, Linux) і поєднує в собі підтримку векторних і растрових даних, а також здатна працювати з даними, що надаються різними картографічними веб-серверами і багатьма поширеними просторовими базами даних. Функціональність QGIS може бути розвинена за допомогою створення модулів розширення на C++, або Python. QGIS має одне з найбільш розвинених співтовариств в середовищі відкритих ГІС, при цьому кількість розробників постійно збільшується, чому сприяє наявність хорошої документації по процесу розробки і зручна архітектура.

2 РОЗРОБКА ГІС МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Система моніторингу водних ресурсів в Одеському регіоні

Найбільша кількість водойм Одеського регіону розташована в південній частині. Це більшість озер і лиманів, що мають водне сполучення з річкою Дунай. Тому далі зупинимося на більш докладному огляді екологічного стану водних об'єктів саме Придунайського регіону Одеської області. За останнє сторіччя в басейні річки відбулися істотні зміни, що призвели до відчутного погіршення стану природного середовища. Осушення заплавних земель для створення сільськогосподарських угідь, будівництво дамб, водосховищ і судноплавних каналів, зведення лісів призвело до забруднення води, порушення екологічної рівноваги в басейні річки, підвищення ризику катастрофічних явищ: повеней і посух. Очевидна необхідність впровадження нових раціональних підходів до управління водними ресурсами в басейні Дунаю.

Відповідно до басейнового принципу до Придунайському регіону України можуть бути віднесено 7 адміністративних районів Одеської області: Ренійський, Болградський, Ізмаїльський, Кілійський, Арцизький, Тарутинський і Татарбунарський загальною площею 9,87 тис.км². Прикордонне розташування регіону, вихід до Дунаю, наявність унікальних природних ресурсів дельти Дунаю і Придунайських озер (Кагул, Картал, Кугурлуй-Ялпуг, Катлабух і Китай) забезпечує потенційні можливості для його стійкого соціально-економічного розвитку.

В кінці 60-х – початку 70-х рр. минулого століття уздовж українського берега Дунаю був побудований комплекс протипаводкових гідротехнічних споруд загальною протяжністю 239 км, в тому числі 215 км дамб і 21 шлюз, для регулювання наповнення і скидання води з Придунайських водойм і зрошувальних систем. В даний час, комплекс протипаводкових споруд захищає від затоплення понад 80 тис. га. земель 19 населених пунктів Ренійсько-

го, Болградського, Ізмаїльського та Кілійського районів Одеської області, мережу автодоріг міжнародного, державного, місцевого значення та інші об'єкти господарської інфраструктури.

На сьогоднішній день, за оцінками фахівців система протипаводкового захисту на українській ділянці Дунаю не відповідає сучасним нормативам і не гарантує захист населених пунктів, сільгоспугідь та інших народногосподарських об'єктів від затоплення в разі катастрофічного повню.

Достовірна інформація про стан водних ресурсів, включаючи завчасне прогнозування повеней та інших небезпечних процесів, є основою для прийняття адекватних управлінських рішень, в тому числі дозволяє підвищити ефективність профілактичних заходів щодо попередження і пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій на водних об'єктах суб-басейна дельти Дунаю.

Головною організацією відповідальною за проведення гідрометеорологічного моніторингу, а також обробку і поширення їх результатів в Придунайському регіоні України, є Дунайська гідрометеорологічна обсерваторія (ДГМО), яка входить до складу Гідрометслужби МНС України. ДГМО здійснює гідрохімічний, гідрологічний і метеорологічний моніторинг. Гідрохімічні спостереження проводяться на 16 пунктах мережі постійних спостережень на річці Дунай.

Сучасна приладова база дозволяє проводити якісні стаціонарні спостереження за параметрами навколишнього природного середовища згідно до чинних національних методик і посібників.

Інтегроване управління водними ресурсами в сучасних умовах важко уявити без залучення інформаційних технологій, а саме ГІС, які призначені для картографування і аналізу різноманітних об'єктів, явищ і процесів. ГІС дають можливість накопичувати, систематизувати і аналізувати необхідну інформацію, моделювати надзвичайні ситуації та природні процеси (наприклад, поширення забруднюючих речовин в навколишнє середовище, повені та інш.), оперативно знаходити потрібні відомості і відображувати їх в зручному для використання вигляді.

В роботі для розробки ГІС моніторингу екологічного стану Придунайських озер Одеської області був використаний пакет ESRI ArcGIS 10.2 [7]¹ за допомогою якого підготовлені тематичні карти української частини нижнього Дунаю (гідротехнічні споруди, зрошувальні системи, заповідні території та інш.). При розробці бази даних використовувалися супутникові знімки і паперові карти. Також були використані дані Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії і Одеського облводресурсів.

2.2 Розробка структури бази геоданих

У ArcGIS база геоданих – це набір географічних наборів даних різних типів, що зберігаються в загальнодоступному місці файлової системи – базі даних Microsoft Access [8]².

Існує три типи баз геоданих [9]³:

- файлові бази геоданих – зберігаються як папки в файлової системі. Кожен набір даних зберігається у вигляді файлу, який може збільшуватися аж до 1 ТБ за розміром. Цей тип БГД рекомендується використовувати замість персональних баз геоданих;
- персональні бази геоданих – все набори даних зберігаються у вигляді файлу бази даних Microsoft Access, який має обмеження за розміром до 2 ГБ;
- бази геоданих, що розраховані на багато користувачів – також відомі як корпоративні, не мають обмежень за розміром і кількістю користувачів, зберігаються в реляційній базі даних з використанням Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, IBM Informix або PostgreSQL.

¹) [7] Офіційний сайт компанії ESRI Inc. URL: www.esri.com. (Дата звернення 21.11.2019)

²) [8] Сайт довідкової системи ArcGIS. URL: webhelp.esri.com/arcgisdesktop. (Дата звернення 21.11.2019)

³) [9] ArcGIS Resources. URL: <http://resources.arcgis.com/en/home/>. (Дата звернення 21.11.2019)

ГІС, що розробляється, не призначена для клієнт-серверної роботи, тому у проекті будуть створена персональна база геоданих (ПБГД), яка буде зберігатися у єдиному файлі Microsoft Access (.mdb).

ПБГД підтримують бази геоданих, які мають обмеження за розміром 2 Гб. Однак, "ефективний" розмір бази даних менше, десь між 250 і 500 МБ, при перевищенні якого знижується швидкість роботи бази даних. Персональні бази геоданих підтримуються тільки операційною системою Microsoft Windows. Але користувачам дійсно зручніше користуватися можливостями управління текстом в Microsoft Access для роботи з атрибутивними значеннями.

Персональна база геоданих, що була розроблена, складається з двадцяти одного тематичного шару, які містять дані про водні об'єкти, гідротехнічні споруди, зони затоплення, шлюзи, дамби, підвідні канали та інші. Більш докладно структура ПБГД проекту наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Структура бази геоданих ГІС проекту

№ п/п	Назва шару	Клас просторових об'єктів	Назва об'єктів	Назва класу об'єктів ПБГД
1	2	3	4	5
1.	Водотоки	лінійний	річки, струмки	dd_waterflows
2.	Водойми	полігональний	озера, водосховища, ставки	dd_waterbodies_r
3.	Кордони	лінійний	райони, державний кордон	dd_region_border_l
4.	Зони затоплення (лін.)	лінійний	межа зони затоплення	dd_floodzone_l
5.	Зони затоплення	полігональний	зони затоплення	dd_floodzone_p
6.	Дамби	лінійний	дамби	dd_dyke_emerg_l

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
7.	Груповий шар Небезпечні об'єкти	точковий	скотомогильники, звалища, склади пестицидів	dd_cattle_p dd_damps_p dd_pesticides_p
8.	Шлюзи	точковий	стан: не потре- бують реконстру- кції; нема даних; потребують ре- конструкції; пот- ребують будівни- цтва	dd_sluses_p
9.	Кілометраж	точковий	відмітки кіломе- тражу	dd_km_l
10.	Дунай	полігональний	русло Дунаю	dd_danube_r
11.	Основні дамби	лінійний	дамби	dd_main_dikes
12.	Підвідні канали	полігональний	підвідні канали	dd_main_canals
13.	Стан дамб	лінійний	стан: аварійний, не потребує реконс- трукції, потребує реконструкції, нема даних.	dd_dyke_emerg_l
14.	Населені пункти	полігональний	міста, селища міського типу, селища сільського типу	dd_settlement_r
15.	Автомобільні шляхи	лінійний	автостради, шо- се, ґрунтові до- роги, путівці	dd_road_l

Кінець табл. 2.1

1	2	3	4	5
16.	Плавні	полігональний	плавні	dd_smooth
17.	Болота	полігональний	болота	dd_swamp
18.	Острови	полігональний	острови	dd_island_r
19.	Межа адміністративних районів	полігональний	кордони районів області	dd_raion
20.	Сільради	полігональний	кордони сільсь- ких рад	dd_rada_r
21.	Басейни	полігональний	басейни водозбо- ру	dd_basseiny_r

2.3 Методика створення векторних шарів ГІС-проекту

В магістерській роботі необхідно створити ГІС проект, який будить містити інструментальні засоби для забезпечення необхідного функціоналу. Засоби будуть створенні за допомогою надбудов Python Toolbox. Далі розглянемо докладно етапи створення ГІС проекту.

Для побудови векторних шарів карти були використані наступні дані: супутникові знімки і топографічні карти. Методика будується на оцифруванні окремих об'єктів карти. Нижче наведемо докладний опис кроків, які були виконані для створення векторних шарів карти.

2.3.1 Просторова прив'язка топографічної карти

Просторову прив'язку вітчизняних топографічних карт для території України найчастіше виконують двома способами:

- шляхом ручного введення значень координат. Цей спосіб дуже зручний коли вихідна топографічна карта виконана в системі координат Пулково 1942;
- шляхом встановлення зв'язків з розграфкою. Цей спосіб дозволяє прив'язати топографічну карту в системі координат СК 63. По периметру цих засекречених карт не підписано жодних координат, тому виконати прив'язку стає можливим лише шляхом встановлення зв'язків з розграфкою СК 63.

Вихідна карта, яка була використана в роботі виконана в системі координат Пулково 1942, тому прив'язку виконували першим способом.

Спочатку треба додати растрову карту до бази геоданих. База геоданих (БГД), як и будь-який інший клас або набір класів просторових об'єктів, створюється в програмі ArcCatalog. Імпортуємо растрове зображення карти до БГД проекту і виконаємо ручну координатну прив'язку карти в системі координат Пулково 1942 (рис.2.1). Для цього треба визначити номер колони до якої належить карта. Для цього значення довготи лівого кута карти треба поділити на 6 і додати 1. 6° – це ширина однієї колони. Таким чином, $28^{\circ}30' / 6 + 1 = 5$, тобто номер колони 5.



Рисунок 2.1 – Растрова карта L-35-94 у вікні ArcMap

Далі треба присвоїти систему координат растру. Для цього слід повернутися в ArcCatalog и обрати Properties у властивостях растру, де в розділі Spatial Reference обрати проєктовану систему координат Гаусса-Крюгера Pulkovo 1942 GK Zone 5N (рис.2.2)

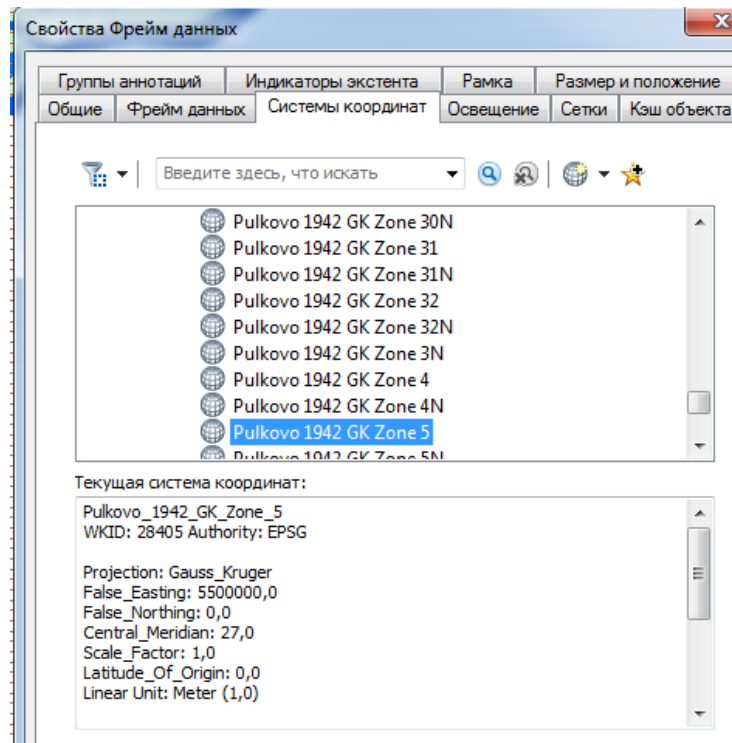


Рисунок 2.2 – Вибір картографічної проєкції

Проєкція Pulkovo +1942 GK Zone 5N (для 5-ї зони) використовується в разі, якщо до X-координати не планується додавати номер зони. Це зручно, якщо територія району дослідження не захоплює сусідні зони проєкції. В іншому випадку слід вибрати проєкцію Pulkovo +1942 GK Zone 5.

Далі виконується прив'язка топографічної карти в ArcMap. Для того, щоб задати площину потрібно задати мінімум координати трьох точок, а потім ArcGIS визначить координати усіх інших точок карти. Краще задавати координати точок, що знаходяться по різних кутах карти. Для введення координатних значень потрібно використовувати інструментальну панель Georeferencing (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Інструментальна панель Georeferencing

Значення координат вертикальної осі карти є значеннями осі Y, а значення горизонтальної осі – значеннями X. Значення осі X відраховуються зліва направо, значення осі Y – знизу доверху (або з півдня на північ).

Растр був прив'язаний до системи координат Pulkovo 1942, але більшість сучасних геоданих зберігається у системі координат WGS 84. ArcGIS має інструменти для перепроєктування даних в іншу систему координат. Для того, щоб скористатися цим інструментом треба на панелі ArcTools обрати Data Management Tools – Projections and Transformations – Raster – Project Raster.

2.3.2 Оцифрування даних топографічної карти

За прив'язаною топографічною картою можна отримати інформацію про окремі географічні об'єкти. Це можна зробити двома способами: використати спеціальні програми для автоматичного оцифрування горизонталей (наприклад програму Easy Trace) і оцифрувати об'єкти вручну. Автоматичні інструменти мають ряд недоліків: потрібні кольорові скани топографічних карт хорошої якості (розширення як мінімум 300 точок на дюйм), також вони потребують витрат часу на освоєння. Хоча програми цифрувальники виконують оцифрування горизонталей значно швидше, але якість таких даних як правило значно гірше, чим тих, що отримуються при оцифруванні вручну. Тому для невеликої території має сенс проводити оцифрування вручну.

Спочатку треба створити контейнер у якому будуть зберігатися дані про об'єкт. Для цього в ArcCatalog в БГД треба додати New – Feature Class. Обрати систему координат Pulkovo +1942 GK Zone 5. В атрибутивній табли-

ці додаємо потрібні поля. Для редагування слід натиснути на панелі інструментів Editor кнопку Start Editing. Після чого можна оцифрувати об'єкти і внести зміни в атрибутивну таблицю. Процес оцифрування водойм і водотоків наведений на рис.2.4.

Окремі дані були оцифровані з карт більш крупного масштабу. Використовувалися в якості підложки карти з зображенням каналів і проток (рис.2.5).

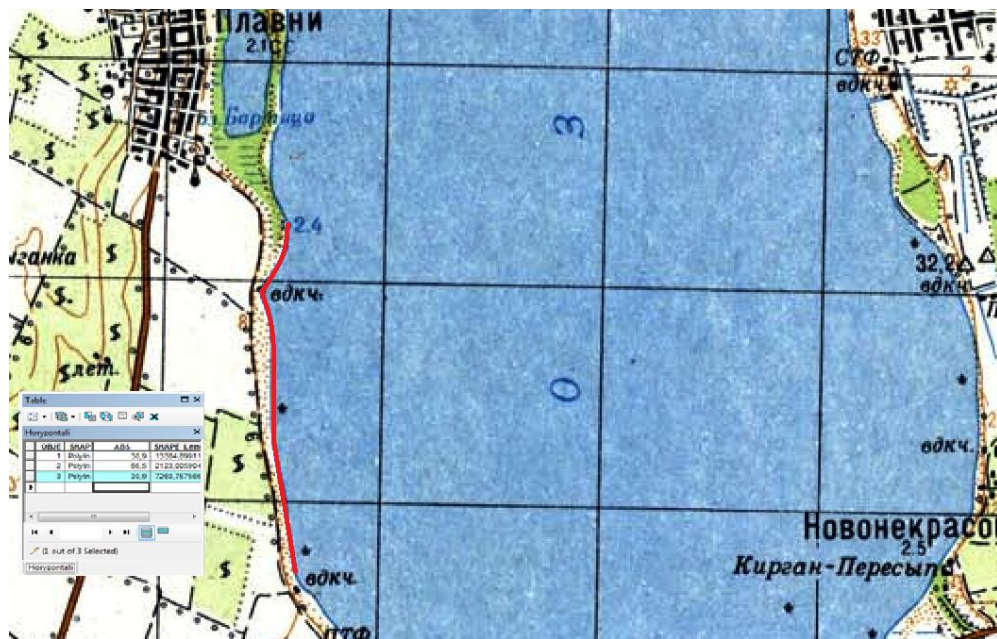


Рисунок 2.4 – Процес оцифрування водойми

2.4 Опис ГІС-проекту

Всі шари геоінформаційної бази даних приведені до єдиної системи координат Pulkovo 1942 GK Zone 5N [10]¹⁾.

В проєкті було створено файл формату ArcGIS *.mxd, який містить векторні шари бази геоданих (табл.2.1), розподілені за тематичними блоками,

¹⁾ [10] Гурьянова Л.В. Аппаратно-программные средства ГИС: компьютерный практикум для студентов часть 1. Полоцк: ПГУ, 2011.79 с.

забезпечуючи таким чином зручну взаємодію користувача з інтерактивною картою.

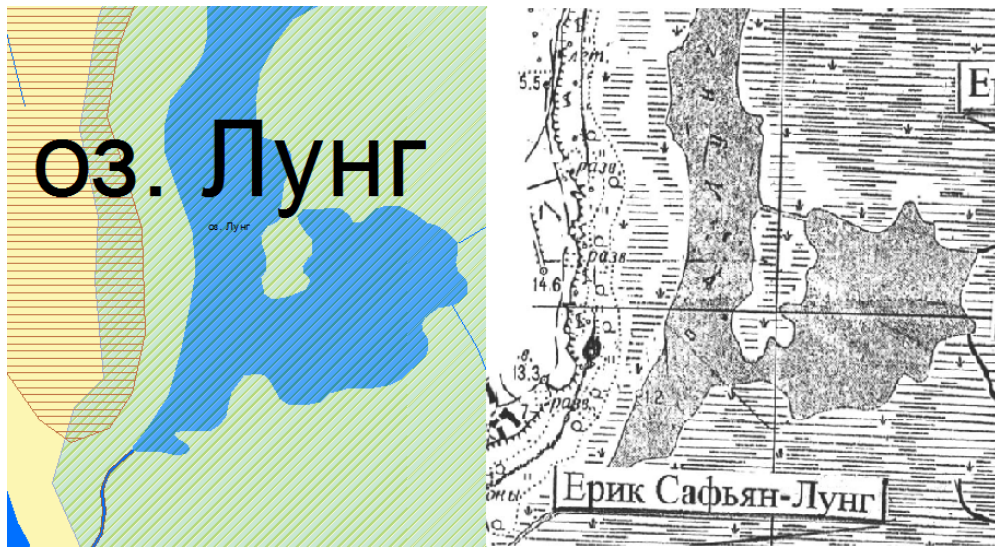


Рисунок 2.5 – Результат оцифрування водотоків і проток з топографічної карти

Користувачу доступні всі базові функції пакету ArcMap 10.2. Розроблена структура має інструментарій для набору даних з передбаченою можливістю доповнення, редагування та встановлення зв'язків між шарами для швидкого пошуку, перегляду (у т.ч. фотографічних матеріалів, актів обстеження тощо) та вкопіюванню інформації по водним та інженерним об'єктам кожного адміністративного району Придунайського регіону Одеської області.

На рис. 2.6 представлено головне вікно ГІС-проекту блоку. Вигляд компонування карти моніторингу екологічного стану Придунайських озер Одеської області наведено у додатку А.

Переглянути атрибути просторового об'єкта можна за допомогою інструмента Identify, який дозволяє вибирати просторові об'єкти на мапі і автоматично переглядати їх атрибути, як показано на рис.2.6.

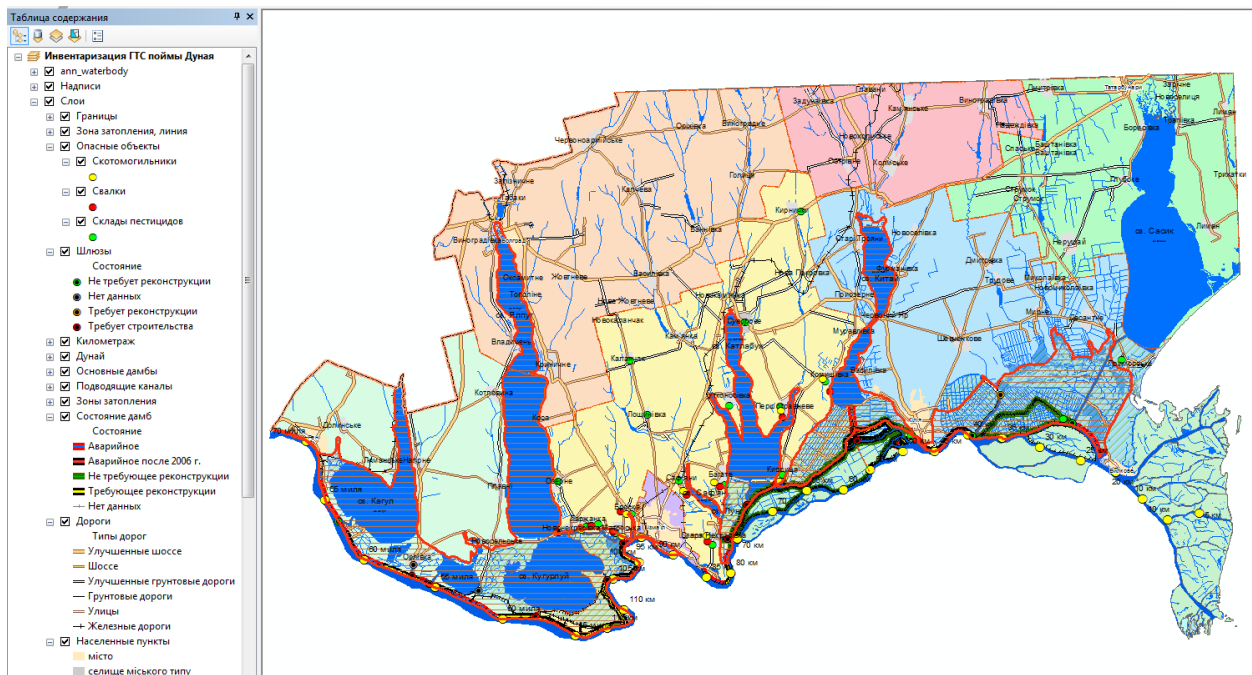


Рисунок 2.6 – Видягд вікна ГІС-проекту моніторингу екологічного стану Придунайських озер Одеської області

На рис.2.7 видно що у вікні атрибутів об'єкту є гіперпосилання (атрибут Link), яке дозволяє здійснити доступ до документів і веб-сторінок, пов'язаних з просторовим об'єктом. Подивитися їх для кожного об'єкта можна за допомогою інструменту Гіперпосилання (Hyperlink), що знаходиться на панелі Інструменти (Tools).

В проекті створені звіти, які дозволяють організувати і відобразити табличні дані, пов'язані з географічними об'єктами. Звіт можна надрукувати, для поширення разом з картою, експортувати його в статичний формат, такий як RDF(файл документа звіту) або PDF, помістити його безпосередньо на карту або зберегти звіт як RLF (файл компонування звіту), який можна виконувати повторно. Приклад звіту для об'єктів шару «Шлюзи» показаний на рис.2.8.

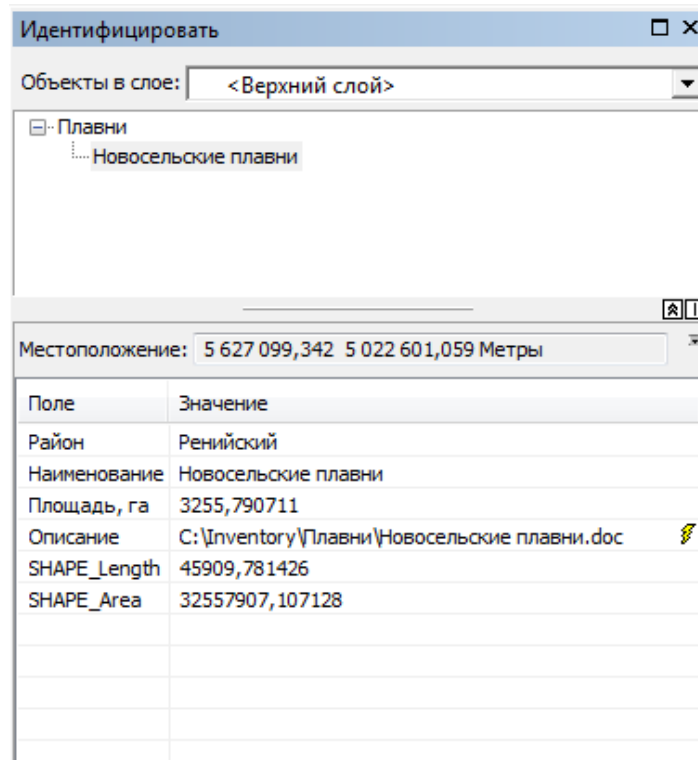


Рисунок 2.7 – Видяк вікна ідентифікації

Просмотр отчета - Без имени [Информация о шлюзах]

Информация о шлюзах

Название	Тип	Год строительства	Год реконструкции	Состояние	Длина, м	Ширина, м	Стоимость, грн	Сельсовет
Викета	открытого типа	1962-1963	2003-2006	Не требует реконструкции	10,6	4,5	1604000	с.Орловка
Прорва	открытого типа	1960-1961	Нет данных	Требуется строительства	10,6	4,5	118000	с.Орловка
Скунда	открытого типа	1961-1965	2004	Требуется строительства	10,6	4,5	119000	м.Матроска
Орловский	открытого типа	1959-1965	Нет данных	Требуется строительства	10,6	4,5	119000	с.Орловка
105 км	открытого типа	1961-1965	Нет данных	Требуется строительства	10,6	4,5	119000	с.Матроска
Репица	закрытого типа	1987-1990	Нет данных	Требуется строительства	10,8	8	878000	с.Матроска
Общественный	открытого типа	1960-1961	Нет данных	Требуется строительства	10,6	4,5	100000	с.Ст.Некрасовка
Желявский	открытого типа	1961-1964	Нет данных	Требуется строительства	21,8	4,5	127000	с.Кислица
№1 на о. Степовой	закрытого типа	1972	Нет данных	Требуется строительства	14	5,8	82000	с.Васильевка
Кофа	закрытого типа	1957	Нет данных	Требуется строительства	9	5	82000	с.Васильевка
№2 на о. Степовой	закрытого типа	1969	Нет данных	Требуется строительства	14	по верху 20,7м	417	Килийский р-н
Межколхозный	открытого типа	1975-1977	Нет данных	Не требует реконструкции	18,6	23,4	1103000	г.Килия
Дунай-Сасык	докового типа	1980-1981	Нет данных	Не требует реконструкции	134	31	3246000	с.Лиски
<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	Требуется реконструкции	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
Табачелло	трубчатый	Нет данных	Нет данных	Нет данных	5,4	по верху 4,5м	Нет данных	с.Новосельское
Лузарса	открытого типа	1960-1965	Нет данных	Нет данных	10,6	4,5	106000	с.Орловка
Репица №2	закрытого типа	Нет данных	Нет данных	Нет данных	24	22,2	Нет данных	Нет данных

Рисунок 2.8 – Видяк звіту для об'єктів шару «Шлюзи»

Звіт має різні параметри, які налаштовуються при його створенні. Наприклад, можна задати стиль звіту, розмір сторінок, а також використовувати певні шрифти з необхідним кольором і розміром. Також, для зміни способу форматування звіту, можна додавати в нього стовпці. Є можливість створити звіт на основі виділених об'єктів або SQL запити.

3 РОЗРОБКА НАДБУДОВ PУТОН ДЛЯ ГІС ПРОЕКТУ

Надбудова – це декілька інструментів на панелі інструментів, включених в додаток ArcGIS for Desktop (тобто ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe і ArcScene), для забезпечення додаткових функціональних можливостей щодо виконання призначених для користувача завдань.

У ArcGIS 10 представлена абсолютно нова модель надбудови Desktop, яка дозволяє налаштовувати і розширювати можливості додатків ArcGIS for Desktop. Нова модель надбудови дає основу для створення сукупності модифікацій, які зручно упаковані в одному стислому файлі з розширенням .esriaddin.

У ArcGIS 10 надбудови створюються за допомогою .NET або Java, а також розширюваної мови розмітки (XML). Мова XML дає опис модифікацій, а класи .NET або Java задають призначене для користувача поведінку. Пакет розробника ArcObjects Software Development Kit (SDK) містить Майстер надбудов (Add-Ins Wizard), який інтегрований з середовищами розробки, такими як Eclipse, Microsoft Visual Studio і безкоштовні експрес-випуски Visual Studio (free Express Editions of Visual Studio) – щоб спростити процес розробки [8, 9]¹⁾.

У ArcGIS 10.1 Python доданий в список мов для створення надбудов для версії Desktop, що дозволяє легко розширювати функції настільної версії. Для того, щоб спростити процес розробки надбудов Python, необхідно завантажити та використовувати Майстер надбудов Python (Python Add-In Wizard) для оголошення типу доданої функціональності [11]²⁾.

Надбудова Python являє собою стислий файл з розширенням .esriaddin. Файл містить наступні елементи:

¹⁾ [8] Сайт довідкової системи ArcGIS. URL: webhelp.esri.com/arcgisdesktop. (Дата звернення 21.11.2019)

[9] ArcGIS Resources. URL: <http://resources.arcgis.com/en/home/>. (Дата звернення 21.11.2019)

²⁾ [11] Офіційний сайт Python. URL: <http://www.python.org>. (Дата звернення 21.11.2019)

- config.xml – файл розширюваної мови розмітки (Extensible Markup Language-XML), що визначає статичні властивості надбудови (наприклад – автор, версія, заголовок, категорія і т.п.).

- скрипт Python – скрипт Python (файл .py), в якому міститься бізнес-логіка (business logic).

- файли ресурсів (Resource files) – такі елементи, як зображення і, в деяких випадках, дані, які використовуються для підтримки надбудови.

Оскільки надбудови є один стислий файл, вони легко обмінюються серед користувачів і можуть включатися в настільні додатки, будучи скопійованими в певну папку, а потім видалені з неї.

3.1 Публікація і установка надбудов Python

Файл .esriaddin є основою для публікації надбудови Python. Все, що потрібно, щоб скористатися надбудовою, – це встановити файл .esriaddin або вказати його розташування в загальній мережевій папці.

Файли надбудови можуть бути скопійовані у відповідну папку автоматично за допомогою утиліти для інсталяції надбудов ESRI ArcGIS, яка запускається при подвійному натисканні по файлу .esriaddin [12]¹⁾.

При запуску утиліти для інсталяції надбудов ESRI ArcGIS вона аналізує метадані обраного файлу надбудови і відображає ім'я автора, опис надбудови, а також повідомляє, чи містить надбудова довіреним цифровий підпис (рис.3.1).

Стандартна папка надбудов для ArcGIS 10.2 на машинах під керуванням Windows 7 або Windows Vista розташовується в такий спосіб [13]²⁾:

C: \ Users \ <ім'я користувача> \ Documents \ ArcGIS \ AddIns \ Desktop10.2

¹⁾ [12] Вестра Э. Разработка геоприложений на языке Python / пер. с англ. А. В. Логунова. М: ДМК Пресс, 2017. 446 с.: ил.

²⁾ [13] Chaowei Yang. Introduction to GIS Programming and Fundamentals with Python and ArcGIS. CRC Press, 2017. 302 p.

Надбудови не володіють зворотною сумісністю. Так, наприклад, надбудови, створені для версії 10.1, не зможуть працювати на версії 10.0, але працюватимуть на версії 10.2.

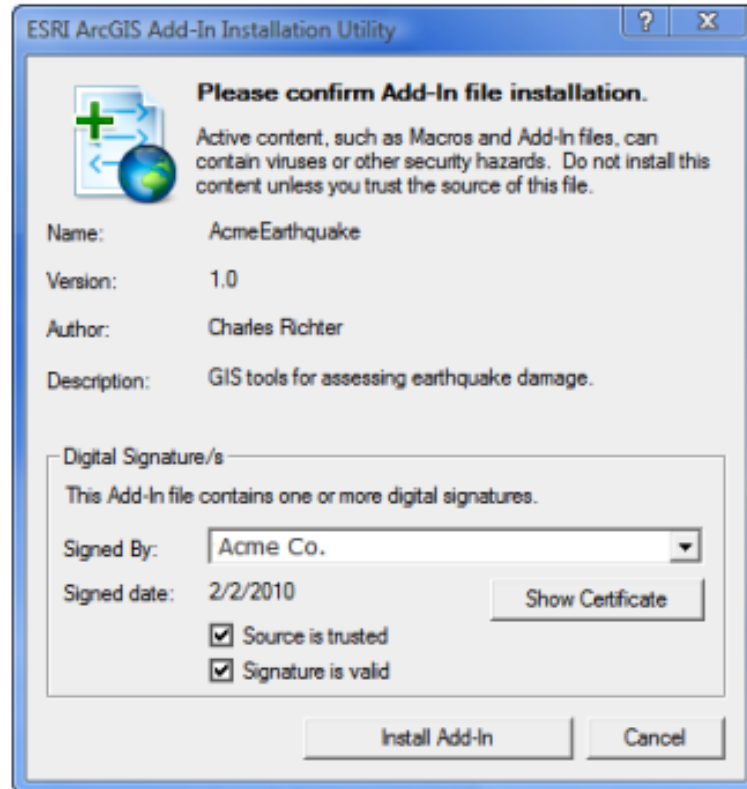


Рисунок 3.1 – Утиліта для інсталяції надбудов ESRI ArcGIS

Надбудови також можуть бути опубліковані у внутрішній мережі за допомогою загального мережевого ресурсу. Файли надбудов можуть бути скопійовані в ці папки, що будуть автоматично знайдені клієнтами, які додали ці мережеві ресурси в свій список папок надбудов (рис.3.2).

У цьому сценарії користувачі можуть скористатися надбудовами, що знаходяться в централізованому місці. Якщо надбудова потребує оновлення, більш нова версія може бути скопійована на існуючому файлу (навіть якщо він використовується в даний момент). Клієнти автоматично отримають оновлену версію надбудови як тільки перезапустять відповідний настільний додаток.

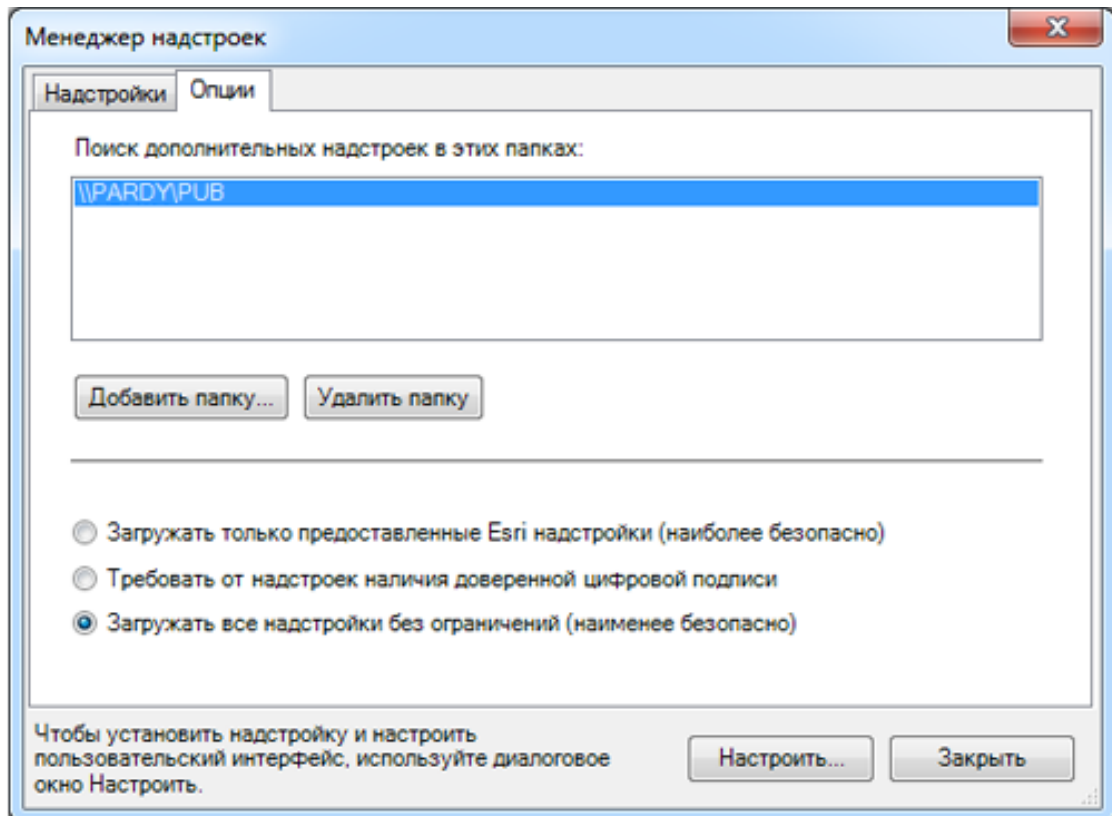


Рисунок 3.2 – Додавання папок менеджером надбудов

Як тільки надбудова встановлена, Менеджер надбудов, доступ до якого можна отримати через меню Налаштування, дозволить легко визначити зміну функціональності, яку надбудова надає.

Видалити надбудову можна, просто видаливши файл `.esriaddin` з папки надбудови. Інший спосіб – використовувати опцію Видалити надбудови в діалоговому вікні Менеджера надбудов для видалення надбудови.

3.2 Типи надбудов Python

За допомогою Python можуть бути створені різні типи надбудов для використання в додатках ArcGIS Desktop, їх перелік наданий у табл.3.1. Найбільш часто використовуваним є надбудова у вигляді кнопки. Вона є й найбільш простою формою надбудови. В нашому проекті будемо створювати

саме таку форму надбудови. В будь-якому випадку, незалежно від обраного типу надбудови, треба виконати певну послідовність дій, від написання програмного коду Python до опублікування та реєстрації надбудови у середовищі ГІС.

Таблиця 3.1 – Типи надбудов Python

Тип надбудов	Опис
Кнопки	Найбільш проста форма функціонального компонента, що може бути використана для виконання бізнес-логіки при натисканні. Кнопка передбачає, що буде виконано дію або послідовність дій.
Інструменти	Інструмент передбачає взаємодію користувача з інтерфейсом додатку, після якого, ґрунтуючись на цій взаємодії, виконується бізнес-логіка. Наприклад, інструмент збільшення, який передбачає, що користувач натисне на карту або намалює на ній прямокутник, перш, ніж інтерфейс оновиться і покаже обраний фрагмент карти в збільшеному вигляді.
Поля зі списком	Поле зі списком представляє вибір варіантів, зазвичай у вигляді спадаючого меню, на підставі яких можуть послідувати дії. Поле зі списком також може бути налаштований таким чином, щоб користувач міг ввести власне значення в це поле.
Меню	Меню являє собою контейнер для кнопок або інших меню. Меню можуть бути відображені шляхом додавання їх на існуючі панелі інструментів або меню.

Продовження табл. 3.1

Тип надбудов	Опис
Панелі інструментів	Панель інструментів являє собою контейнер для кнопок, інструментів, полів зі списком, палітр 48абл.48менттів і меню. Панелі інструментів в додатку можуть розташовуватися вільно або в будь-які системні панелі інструментів. Панелі інструментів також можуть бути активовані, щоб вони були видні під час запуску програми.
Палітри інструментів	Палітра інструментів являє собою контейнер для 48абструментів. Палітри інструментів можуть бути відображені тільки за допомогою додавання їх на існуючі панелі інструментів.
Додаткові модулі додатка	<p>Додаткові модулі програми можуть бути використані різними способами для додавання додаткової функціональності в ArcGIS Desktop:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Додаткові модулі програми використовуються для узгодження дій між іншими компонентами – такими, як кнопки і інструменти – всередині містить їх надбудови. Наприклад, додатковий модуль може активувати набір інструментів лише в тому випадку, коли на карті існує певний набір шарів. 2) Додаткові модулі зазвичай використовуються для спостереження за різними подіями, що здійснюються основними додатком, і реагування на них. Так, подія реєструється при додаванні або видаленні шару, в свою чергу додатковий модуль реагує на нього автоматично зберігаючи документ карти.

3.3 Створення надбудови Python

3.3.1 Створення проекту надбудови

Створення проекту надбудови Python складається з двох етапів [14]¹⁾:

- створення папки проекту надбудови. Для цього треба знайти файл `addin_assistant.exe` в папці, куди був встановлений майстер надбудов Python і двічі натиснути на нього. Відкриється діалогове вікно Огляд папок (Browse For Folder), в якому потрібно вказати папку для зберігання проекту надбудови (рис.3.3);
- введення налаштувань проекту. Після того, як обрана робоча папка, відобразиться перша панель майстра (рис 3.4). У ній треба ввести налаштування проекту. Ці налаштування є метаданими проекту і зберігаються в файлі `config.xml`. Вони особливо важливі для передачі надбудови кінцевим користувачам і її використання.

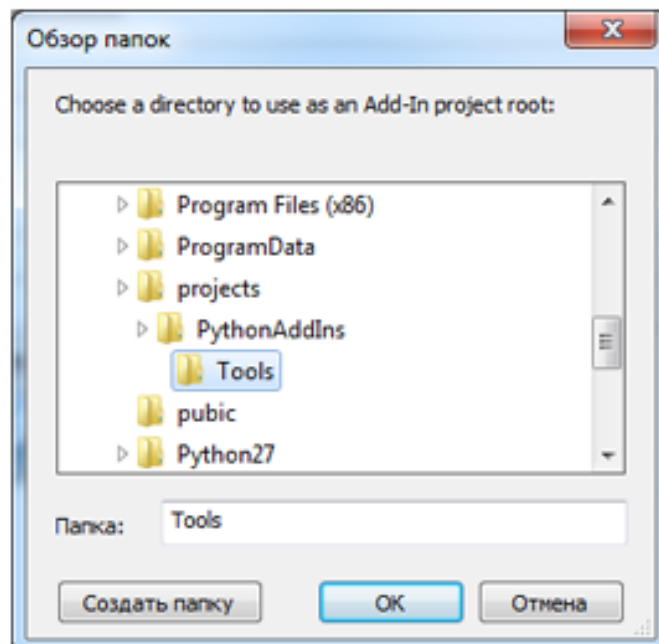


Рисунок 3.3 – Діалогове вікно Огляд папок

¹⁾ [14] Toms S. ArcPy and ArcGIS - Geospatial Analysis with Python. Packt Publishing, 2015.224 p.

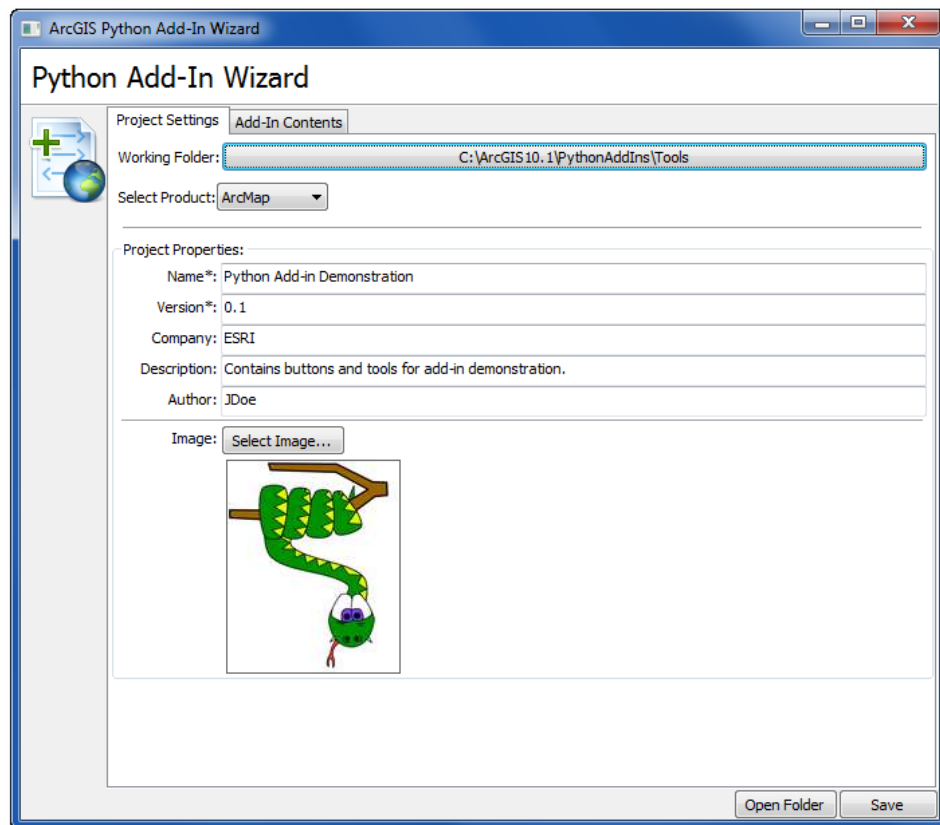


Рисунок 3.4 – Вигляд головної панелі Майстера надбудов Python

У табл. 3.2 наведено опис кожного параметра, що знаходиться на закладці Налаштування проекту (Project Settings).

Таблиця 3.2 – Параметри Project Settings

Параметр	Опис
Робоча папка (обов'язковий)	Папка, в якій будуть зберігатися всі необхідні файли і папки.
Продукт (обов'язковий)	Продукт ArcGIS for Desktop, в якому буде працювати надбудова. Можливі варіанти: ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe і ArcScene.
Назва (обов'язковий)	Ім'я проекту. Тут має бути назва, яка відноситься до всіх надбудов, які будуть створені в рамках проекту.

Продовження табл. 3.2

Параметр	Опис
Версія (обов'язковий)	Версія проекту використовується для визначення номеру релізу надбудови. За замовчуванням використовується версія 0.1. Можна збільшувати версію з кроком в одну десяту (наприклад, 0.2, 0.3, 1.0, 1.1).
Компанія (додатковий)	Назва організації.
Опис (додатковий)	Короткий опис мети проекту. Тут має бути опис, який відноситься до всіх надбудов, які будуть створені в рамках проекту.
Автор (додатковий)	Ім'я автора проекту.
Зображення (додатковий)	Зображення проекту буде скопійовано в папку Images, яка буде створена при збереженні проекту. Ця папка знаходиться всередині робочої папки.

Параметри Назва, Компанія, Версія, Опис і Зображення використовуються після того, як проект надбудови підготовлений до використання. Коли всі параметри проекту встановлено, треба його зберегти. Наступні кроки включають створення налаштувань надбудови на закладці Вміст надбудови (Add-In Contents).

3.3.2 Створення різних типів надбудов Python

Кнопка – це найбільш простий вид зміни функціональності, вона може бути використана для виконання бізнес-логіки при натисканні.

Створення надбудови у вигляді кнопки складається з наступних етапів:

- створення панелі інструментів або меню. Після того, як введені всі необхідні настройки проекту, слід натиснути на закладку Вміст над-

будови (Add-In Contents) і визначити функціональність, яку змінить надбудова. Кнопка може перебувати на панелі інструментів або в меню. У роботі буде створено нову панель інструментів, яка буде виступати в якості контейнера для кнопки;

- створення кнопки. Після того, як виконані настройки панелі інструментів, можна створити нову кнопку, натиснувши правою кнопкою миші на панелі інструментів під назвою "Toolbar" і обравши New Button (рис. 3.5).

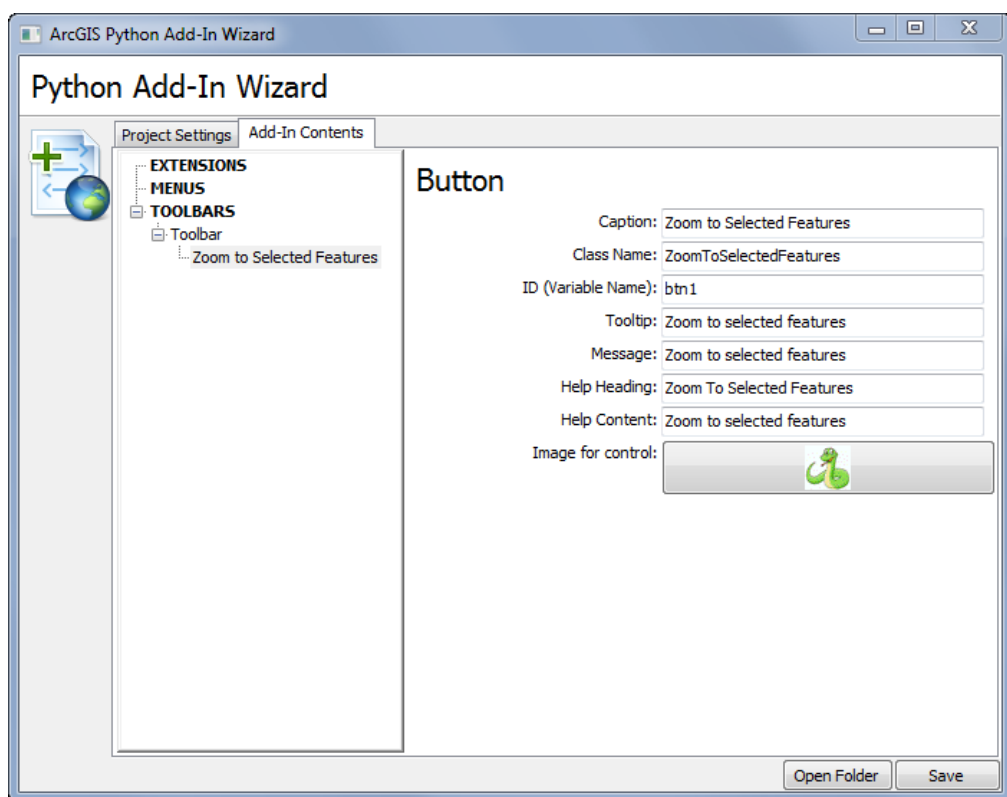


Рисунок 3.5 – Створення нової кнопки у Майстрі надбудов Python

Кнопка має ряд параметрів, які необхідно ввести. Ці властивості зберігаються в файлі `config.xml` проекту.

Назва (обов'язковий). Визначає назву кнопки.

Клас (обов'язковий). Клас Python, який виконується при натисканні на кнопку в настільному додатку. Вся бізнес-логіка кнопки знаходиться в класі Python. При створенні свого класу треба використовувати спосіб наймену-

вання, прийнятий в Python, при якому кожне слово починається з великої літери (наприклад, "ZoomToSelectedFeatures").

ID (обов'язковий). Унікальна назва, що допоможе ідентифікувати кнопку. Можна створити більше однієї кнопки в проєкті, і цей ідентифікатор дозволить відрізнити кнопки один від одного. Бажано замінити ідентифікатор за замовчанням на більш зрозуміле значення.

Підказка (додатковий). Короткий опис, яке з'являється, коли курсор миші виявляється над кнопкою в додатку.

Повідомлення (додатковий). Детальний опис того, які функції виконує кнопка. Це повідомлення з'являється під спливаючій підказкою (ToolTip), коли курсор миші виявляється над кнопкою.

Зображення (додатковий). Тут може бути зображення розміром 16 x 16 пікселів, що позначає кнопку. Зображення повинно бути в одному з популярних форматів (тобто .bmp, .jpg і так далі). Зображення буде скопійовано в папку Images, створену в проєкті надбудови.

Остання секція налаштувань кнопки – це заголовок і зміст довідки. Ці властивості дозволяють надати інформацію, яка відобразиться, коли користувач запустить контекстно-залежну довідку. Контекстно-залежна довідка являє собою спливаючі повідомлення, які залишаються на екрані, поки користувач не натисне на інший об'єкт.

Секція контекстно-залежною довідки складається з наступних параметрів: тема, що описує тематику розділу довідки та зміст довідки про інструмент. Наступним кроком є редагування скрипта Python і оновлення класу Python для того, щоб він включав необхідну функціональність. Для додавання функціональності до користувальницької кнопки слід виконати наступні кроки:

Відредагувати скрипт Python, що знаходиться в папці Install, розташованій в робочій папці. В скрипті буде знаходитися клас з назвою, який був вказаний в параметрі Class.

Додати код Python, що додає необхідну функціональність в функцію `onClick (self)`.

Властивості класу кнопки наведені у табл. 3.3, а функції класу кнопки у табл. 3.4.

Таблиця 3.3 – Перелік властивостей класу кнопки

Властивість	Опис
<code>checked</code>	Параметр повертає стан кнопки. Значення за замовчуванням – <code>False</code> .
<code>enabled</code>	Параметр повертає доступність кнопки. Значення за замовчуванням – <code>True</code> . Коли для параметра встановлено значення <code>False</code> , кнопка вимкнена і недоступна. Цей параметр дозволяє створювати логічні схеми, які перевіряють стан настільного додатку і включають або вимикають кнопку.

Таблиця 3.4 – Перелік функцій класу кнопки

Функція	Опис
<code>__init__ (self)</code>	Вбудована функція мови Python, яка називається конструктором. У ній можуть бути визначені первинні змінні.
<code>onClick (self)</code>	При натисканні на кнопку, ця функція викликається і обробляє бізнес-логіку.

Створення нового інструменту і поля зі списком дуже схоже зі створенням кнопки. Для цього треба натиснути правою кнопкою миші на новій панелі інструментів (рис. 3.5) і обрати пункт Новий інструмент (New Tool), або Нове поле зі списком (New Combo Box) в контекстному меню відповідно. І додати необхідні параметри. Властивості класу інструменту наведені у табл. 3.5, а властивості класу `ComboBox` наведені у табл. 3.6.

Таблиця 3.5 – Перелік властивостей класу інструменту

Властивість	Опис
cursor	Дозволяє оновити курсор при натисканні на інструмент. За замовчуванням, курсор встановлений в положення 0.
enabled	Повертає доступність інструменту; значення за замовчуванням – True.
shape	Дозволяє вказати тип форми, яка буде відображена на карті. Форма може бути використана для вибору об'єктів, визначення екстента або використана як вхідний параметр для інструментів геообработки. Існують три типи форм, які можна визначити: лінія; прямокутник; окружність

Таблиця 3.6 – Перелік властивостей класу ComboBox

Властивість	Опис
items	Повертає вміст поля зі списком. Для прискорення роботи, містить готовий список елементів, який можна відредагувати.
editable	Повертає стан поля зі списком, за замовчуванням задано True. Якщо задано True, користувач може вводити нове значення, якщо задано False, користувач може тільки вибирати зі списку.
enabled	Повертає стан доступності поля зі списком, за замовчуванням задано True.
dropdownWidth	Властивість задає ширину спадаючого поля зі списком.
width	Властивість задає довжину поля зі списком за допомогою будь-якого знака, кількість яких відповідає числу знаків, що відображаються в поле.
value	Властивість отримує або задає значення поля зі списком.

3.3.3 Тестування та налагодження надбудов Python

Важливим етапом перед публікацією або використанням надбудови є її тестування. Для тестування надбудови необхідно виконати наступні кроки.

Створити файл надбудови. Треба запустити скрипт `makeaddin.py`, який копіює всі файли і папки, необхідні для роботи надбудови, в стислий файл надбудови в робочій папці. Назва файлу включає назву робочої папки і розширення `.esriaddin`.

Встановити надбудову. Двічі натиснути на створений файл надбудови для запуску Програми для інсталяції надбудов ESRI ArcGIS. При запуску ця утиліта аналізує файл `config.xml`, що знаходиться всередині файлу надбудови, і відображає настройки проекту, які були введені при створенні надбудови, а також повідомляє, чи містить надбудова довірений цифровий підпис.

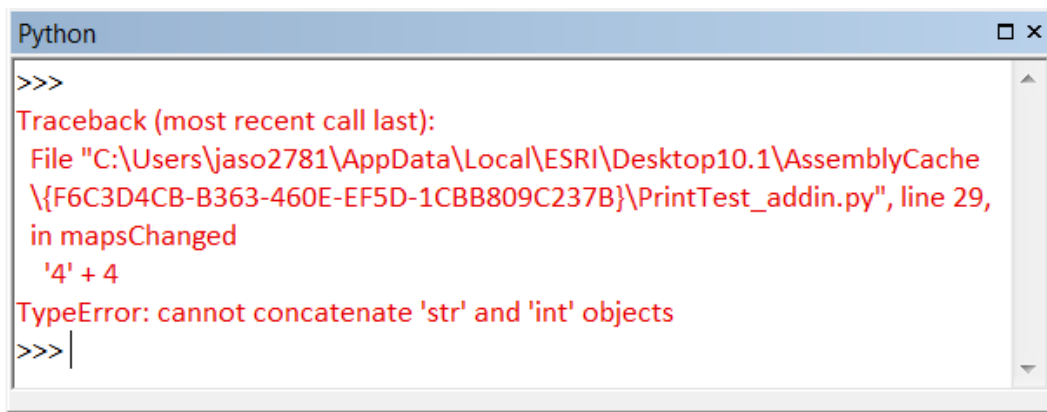
Використати надбудову. Запустити настільний додаток (ArcMap), панель інструментів або меню вже будуть доступні і готові до перевірки.

Зазвичай, у разі, якщо інструмент або кнопка не завантажуються і на місці їх значка або назви знаходиться напис `Missing`, це викликано помилкою в синтаксисі Python.

Для того, щоб визначити, де виникло виключення, треба відкрити вікно Python в ArcGIS (рис.3.7). Виняток буде автоматично відображено у вікні Python, показуючи точне розташування і причину помилки.

При розробки надбудови Python можна використовувати оператори друку `print` в скрипті Python для виведення значень змінних і інформаційних повідомлень у вікні Python.

Використання операторів друку для стеження за процесом роботи надбудови допоможе переконатися в правильності генеруються і використовуваних значень, а також у вірності результатів.



```

Python
>>>
Traceback (most recent call last):
  File "C:\Users\jaso2781\AppData\Local\ESRI\Desktop10.1\AssemblyCache
    \{F6C3D4CB-B363-460E-EF5D-1CBB809C237B}\PrintTest_addin.py", line 29,
    in mapsChanged
      '4' + 4
TypeError: cannot concatenate 'str' and 'int' objects
>>> |

```

Рисунок 3.7 – Вікно Python в ArcGIS

3.4 Порівняльний аналіз API популярних картографічних сервісів

Для подальшого створення надбудови Python оберемо картографічний сервіс, який є найбільш зручним для завдань, які треба реалізувати. Зараз існує декілька популярних і широко використовуваних картографічних сервісів, які надають можливість перегляду карт та супутникових знімків з власного ГІС-додатку. Наведемо їх порівняльні характеристики.

В даний час популярні картографічні портали надають API (Application Programming Interface – інтерфейс програмування додатків), за допомогою якого можна будувати і додавати карти на сайти. API представляє собою набір засобів, що дають можливість отримати доступ до якого-небудь сервісу і запитати у нього дані. Розробник може скористатися ним для отримання доступу до функціоналу програми, бібліотеки, модуля.

Картографічний сервіс – це спеціалізована інформаційна система, що надає просторові дані у вигляді інтерактивної карти. Картографічний веб-сервіс забезпечує веб-доступ до картографічної інформації на основі інтерфейсів прикладного програмування (API). В даний час найбільш поширені такі картографічні та довідкові сервіси: Яндекс.Карты; Google Maps; 2ГІС. Розглянемо їх з точки зору надання ними можливостей для створення власних карт, їх налаштування та розміщення на них необхідної бізнес-інформації.

API Google – це набір інтерфейсів прикладного програмування, розроблених Google, які дозволяють взаємодіяти з сервісами Google, до них відносяться Search, Gmail, Translate або Google Maps, а також здійснювати інтеграцію з іншими службами, сторонні додатки можуть використовувати дані API для розширення функціональності існуючих служб [15]¹⁾.

Існує з 2005 года. Трі основні частини Google Maps – це безпосередньо самі карти, знімки з супутника і Google Street View. Карти від Google також надають можливості для використання власних карт в сторонніх сервісах. API-інтерфейси надають такі функції, як аналітика, машинне навчання або доступ до призначених для користувача даних (коли дається дозвіл на читання даних), іншим важливим прикладом є вбудована карта Google на веб-сайті, яка може бути додана з використанням Static maps API, Places API або Google Earth API. Використовуючи Google Maps API, можна помістити будь-яку карту з Google Maps на зовнішньому сайті, керуючи цією картою через JavaScript API.

До складу засобів для розробника входять наступні програмні інтерфейси (API):

- Android API (створення і додавання власних карт для програми на базі Android);
- Javascript API (створення і додавання власних карт для веб-сайтів);
- Geocoding API (забезпечує доступ до служб геокодування статичних адрес через-запит HTTP з метою розміщення контенту на карті);
- Directions API (включає засоби для складання маршрутів, розрахунку часу поїздки, визначення відстаней);
- Places API Web Service (служба, з якої за допомогою HTTP-запитів можна отримувати інформацію про місця, визначені у даному API: організації, географічні об'єкти або пам'ятки).

¹⁾ [15] Сайт Google Map. URL: www.maps.google.com. (Дата звернення 21.11.2019)

Перед початком роботи з картами необхідно зареєструватися за допомогою облікового запису Google. Некомерційне використання сервісу безкоштовно, але існують обмеження на кількість запитів до окремих функцій.

API Яндекс.Карт – це набір сервісів, які дозволяють використовувати картографічні дані і технології Яндекса в проектах, запущений в 2004 році. [16]¹⁾. API Яндекс.Карт включає в себе чотири продукти:

- JavaScript API (JavaScript API – це програмна бібліотека для роботи в браузерах з картами) і Геокодер (HTTP API, що дозволяє за запитом визначати координати об'єктів на їх адресу (і навпаки));
- API Пошуку по організаціям (HTTP API, який дозволяє знаходити організації за різними критеріями);
- Static API (HTTP API, який за запитом повертає статичне зображення карти);
- MapKit SDK (це кроссплатформенна бібліотека, яка дозволяє використовувати можливості Яндекс.Карт в мобільних додатках).

Яндекс.Карти надають детальні схеми більшості міст і країн світу, містять довідкову інформацію про організації в місті, засоби для побудови маршрутів на машині і громадським транспортом з урахуванням пробок. Для розробників надається API – програмний інтерфейс, за допомогою якого можна встановити Яндекс.Карти і необхідний інструментарій для роботи з ними у власному веб-додатку або на сайті. Інструментарій включає в себе конструктор карт, геокодер (для переведу географічних координат на адресу і навпаки), набір компонентів для розміщення карт на сторінках сайту або веб-додатку, інтерфейс для налаштування параметрів створеної в конструкторі схеми. Сервіс Яндекс.Карт можливо використовувати тільки для сайтів або додатків, доступних для безкоштовного відкритого використання, при цьому спочатку необхідно зареєструватися. Важно, що кількість звернень до геокодеру, маршрутизатора та панорам має бути не більш 25 000 запитів на добу.

¹⁾ [16] API Яндекс.Карт. URL:<https://tech.yandex.ru/maps/>. (Дата звернення 21.11.2019)

API 2GIS заснований на open-source бібліотеці Leaflet [17]¹⁾.

Leaflet – бібліотека з відкритим вихідним кодом, написана на JavaScript і призначена для відображення карт на веб-сайтах. Підтримує більшість мобільних і стаціонарних платформ з числа тих, що підтримують HTML5 та CSS3 [18]²⁾. Надає модулі для кластеризації, створення теплових карт, анімованих маркерів, а також підтримує створення власних модулів.

2GIS включає в себе карти, навігатор і довідник з докладною інформацією про організації в кожному місті – починаючи від назви і контактів, закінчуючи часом роботи і способами оплати послуг. Серед інших сервісів 2GIS відрізняється хорошою деталізацією карт і повнотою даних. Даний сервіс також надає розробникам інструменти для використання своїх карт в некомерційних цілях. За допомогою API 2GIS можна створювати інтерактивні карти на веб-сторінці, показувати на карті різні об'єкти (маркери, області, геометричні об'єкти), проводити пошук на карті: визначати координати геооб'єктів за їх назвами і за координатами. В API 2GIS є можливість поверховій деталізації будівель.

У таблиці 3.7 представлено порівняння API розглянутих картографічних сервісів.

Слід згадати також некомерційний веб-картографічний проект OpenStreetMap, який створює і надає вільні географічні дані і можливості будувати карти всього світу. OpenStreetMap володіє великими функціональними можливостями. Від вільних картографічних даних, до розробки програмного забезпечення на основі OSM. Варто відзначити велику кількість систем, які були розроблені на основі або з використанням OpenStreetMap. Серед них: картографічні системи, навігаційні системи, системи редагування картографічних даних і багато інших [19]³⁾.

¹⁾ [17] API 2ГИС. URL: <https://api.2gis.ru/>. (Дата звернення 21.11.2019)

²⁾ [18] Офіційний сайт Leaflet. URL: <http://leafletjs.com/>. (Дата звернення 21.11.2019)

³⁾ [19] OpenStreetMap . Вікіпедія. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>. (Дата звернення 21.11.2019)

Таблиця 3.7 – Таблиця порівняльних характеристик картографічних сервісів Яндекс.Карты, Google.Maps и 2ГІС

Критерій	Яндекс.Карты	Google.Maps	2ГІС
Покриття	Карта усього світу	Карта усього світу	Росія і кілька міст в 9 країнах (всього близько 350 міст)
Деталізація карт, якість промальовування	Гарна деталізація	Середній рівень деталізації. Багато об'єктів відсутні. Об'єкти добре видно тільки при сильному наближенні.	Дуже гарна деталізація в містах присутності.
Побудова маршрутів	Побудова декількох варіантів маршруту. Розрахунок можливого часу в дорозі. Програє Google.Maps в якості побудови маршруту.	Побудова декількох варіантів маршруту на автомобілі (з урахуванням пробок), громадським транспортом, пішки, на велосипеді і літаком. Розрахунок можливого часу в дорозі.	Побудова декількох маршрутів на автомобілі, громадському транспорті, пішки з розрахунком часу на дорогу.
Режими відображення карти	Режими «Схема», «Супутник», «Гібрид», панорами деяких міст	Режими «Схема» і «Супутник», панорами окремих міст	Режим «Схема»
Документація по використанню API	Документація дуже докладна.	Документація досить докладна, частково англійською мовою.	Документація по використанню коротка

Продовження табл. 3.7

Критерій	Яндекс.Карты	Google.Maps	2ГІС
Умови використання API	Безкоштовно для використання у відкритих некомерційних проектах. Використання ключа і реєстрація необов'язкова.	Безкоштовно для використання у відкритих некомерційних проектах. Обов'язкова реєстрація та отримання ключа API.	
Обмеження кількості запитів при безкоштовному використанні API	Число завантажень карт не повинно перевищувати перевищує 25 000 на добу.		10 запитів в секунду і (або) 10000 в місяць
Засоби для виведення великої кількості даних	Кластеризація; технологія активних областей; технології Object Manager, Loading Object Manager, Remote Object Manager	Кластеризація маркерів; технологія set Timeout для послідовного виведення маркерів на карту.	Кластеризація об'єктів.

Значний обсяг даних, що завантажуються в OSM, вивантажується з переносних пристроїв супутникової навігації або моніторингу. Для конвертації координат з «сірого» (NMEA) або пропрієтарних форматів в формат GPX (заснований на XML) може використовуватися програма GPSTabel. Дані, зібрані в форматі WGS84 у вигляді широти/довготи, зазвичай показуються в проекції Меркатора. Всі дані OpenStreetMap можна умовно розбити на три основні групи:

- типи даних, що описують у вигляді ієрархічного зв'язу сам об'єкт, як якусь просторову сутність, що має свій кінцевий результат – відомі координати всіх частин об'єкта;
- інформаційна частина – це описова характеристика об'єкту, що не має до просторової географічної структури об'єкта прямого відношення (його назва, фізичні, логічні та інші властивості);
- службові атрибути об'єкту, необхідні для організації процесу збереження і обробки інформації у вигляді набору даних, наприклад, унікальний ідентифікатор, стан об'єкту в базі, час останньої правки об'єкта в базі та ін.

В результаті проведеного порівняльного аналізу різних картографічних сервісів, які надають безкоштовно картографічну просторову інформацію, був обраний сервіс Google.Maps. Для ГІС-додатку, що буде розроблений в магістерській роботі, це найбільш оптимальний варіант по якості інформації і її деталізації, крім того кількість запитів 25 000 на добу є достатньою для задоволення потреб користувачів.

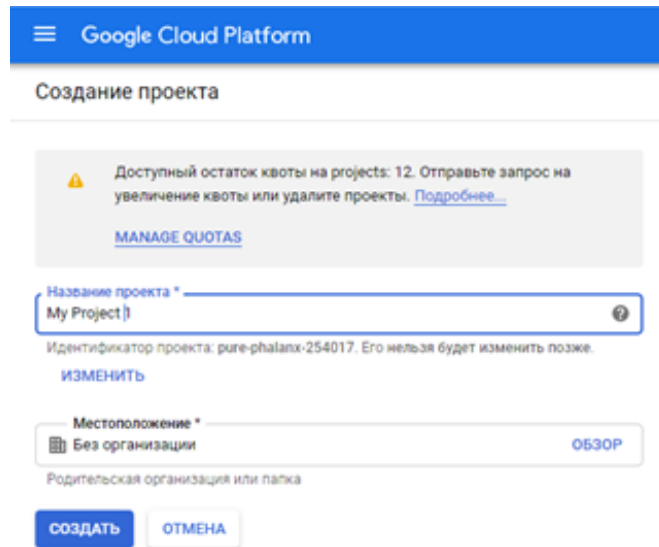
Розглянемо більш докладно процедуру реєстрації та безкоштовного отримання ключа API сервісу Google.Maps.

Для створення мобільного або веб-додатку, що працює з картами, розробнику спочатку необхідно отримати спеціальний ключ (API Key). Завдяки такому ключу вендор може контролювати використання свого сервісу, і при необхідності, зв'язуватися з розробником.

Для отримання API Key необхідно зайти на сайт Google та створити свій проект, як це показано на рис.3.8. Після чого, у своєму проекті обрати пункт меню API і сервіси та панель управління, а далі включити API і сервіси. Далі обрати API для потрібного сервісу, наприклад Maps JavaScript API.

В меню навігації потрібно обрати облікові дані, а далі обрати API Key та отримати його як це показано на рис.3.9. Слід відмітити, що підключення карт Google не зовсім безкоштовне. Google надає 200 доларів баланс, який

користувач може витратити протягом місяця. Цього цілком вистачає для звичайного користувача. Для підключення треба створити платіжний акант.



Google Cloud Platform

Создание проекта

⚠ Доступный остаток квоты на projects: 12. Отправьте запрос на увеличение квоты или удалите проекты. [Подробнее...](#)

[MANAGE QUOTAS](#)

Название проекта *
My Project

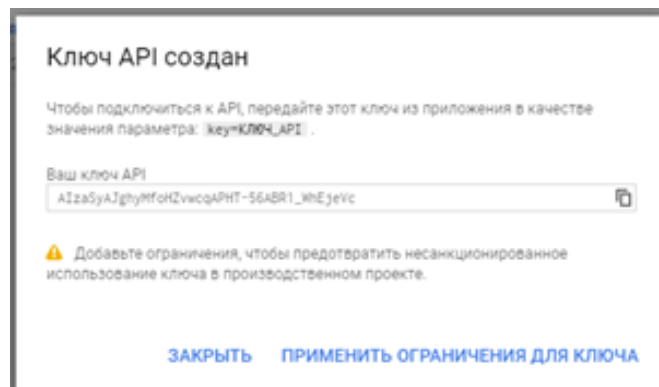
Идентификатор проекта: pure-phalanx-254017. Его нельзя будет изменить позже.
[ИЗМЕНИТЬ](#)

Местоположение *
Без организации [ОБЗОР](#)

Родительская организация или папка

[СОЗДАТЬ](#) [ОТМЕНА](#)

Рисунок 3.8 – Створення проекту на сайті Google



Ключ API создан

Чтобы подключиться к API, передайте этот ключ из приложения в качестве значения параметра: {key=КЛЮЧ_API}.

Ваш ключ API
AIzaSyAJghuMf0hZvwcoARNT-56ABR1_wNEjeVc

⚠ Добавьте ограничения, чтобы предотвратить несанкционированное использование ключа в производственном проекте.

[ЗАКРЫТЬ](#) [ПРИМЕНИТЬ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ КЛЮЧА](#)

Рисунок 3.9 – Отримання API Key

3.5 Розробка надбудови Python Street View

Для ГІС проекту, що був розроблений, створимо надбудову Python, яка буде мати наступну функціональність. До Toolbox додамо кнопку, при натисканні якої користувач зможе обрати будь-яку точку на карті проекту, після

чого у вікні Python з'являться географічні координати цієї точки. Ці координати будуть автоматично додані до буферу обміну. У вікні браузера автоматично буде відкритий сервіс Google Map за посиланням www.maps.google.com [15,20]¹⁾. Користувач зможе додати в рядок пошука координати точки и подивитися супутникові знімки чи подібні карти місцевості, що викликає інтерес. Надбудова буде мати назву Street View.

Для написання надбудови Python необхідно використати наступні модулі:

- Модуль `os` – надає безліч функцій для роботи з операційною системою (ОС). Має функції, які повертають ім'я ОС, інформацію про поточні процеси, створює, перейменовує, видаляє директорії і файли, виконують дії з деревом каталогів, та інш. В програмі буде використовуватися функція `os.system (command)`, яка виконує системну команду, повертає код її завершення (в разі успіху 0).

- Модуль `threading` – надає функції для багатопотокового програмування: тут є різного виду локи, і семафор, і механізм подій – все, що потрібно для переважної більшості багатопоточних програм.

- Модуль `functools` – збірник функцій високого рівня, що взаємодіють з іншими функціями або повертають інші функції.

- Модуль `webbrowser` – забезпечує високорівневий інтерфейс, що дозволяє відображати веб-документи для користувачів. У більшості випадків, це відбувається викликом функції цього модуля `open()`. Функція приймає URL в якості аргументу. Функція `webbrowser.open_new (URL)` відкриє URL у новому вікні браузера за замовчуванням, якщо це можливо.

- Модуль `ArcPy` – забезпечує успішний і продуктивний аналіз географічних даних, конвертацію даних, управління даними і автоматизацію карт в Python.

¹⁾ [15] Сайт Google Map. URL: www.maps.google.com. (Дата звернення 21.11.2019)

[20] Краткий справочник Google Maps API. URL: <https://www.kobzarev.com/wp-content/uploads/cheatsheets/gmaps/Google-Maps-cheet-sheet.pdf>. (Дата звернення 21.11.2019)

Скрипт визначає координати обраної точки на карті в системі координат фрейму. Переводить ці значення в градуси, хвилини і секунди. Якщо потрібно трансформує їх в географічну систему координат WGS 84. Це потрібно тому, що картографічні дані сервісу Google Map надані саме у тій координатній системі. Далі копіює координати в буфер обміну і друкує їх у вікні Python. В окремому вікні браузера відкриває сервіс Google Map і надає можливість користувачу подивитися супутникові знімки обраної місцевості (рис.3.8). Код програми наведений у додатку Б.

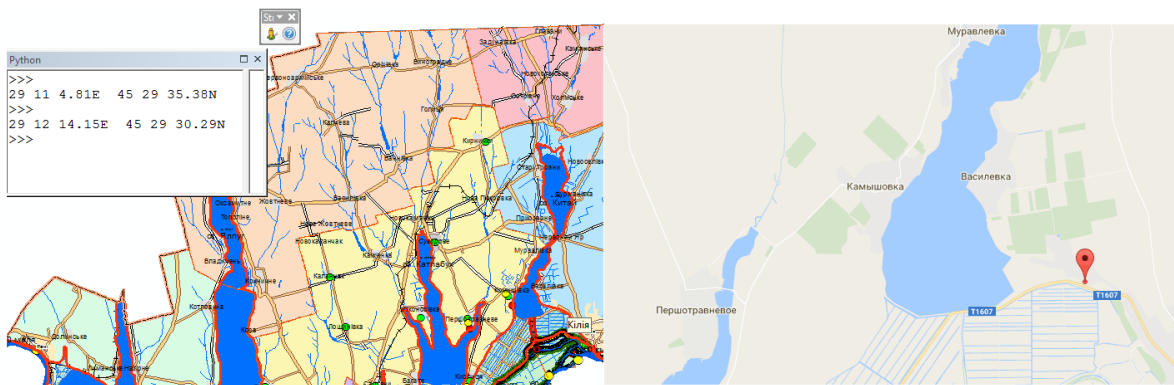


Рисунок 3.8 – Результат роботи надбудови Python Street View

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі була розроблена геоінформаційна система моніторингу водних об'єктів та гідротехнічних споруд Одеської області.

Для розробки ГІС проекту був використаний пакет ESRI ArcGIS 10.2, за допомогою якого підготовлені тематичні карти української частини нижнього Дунаю (зони затоплення, шлюзи і дамби, підвідні канали та інш.). При розробці бази даних використовувалися супутникові знімки і паперові карти. Також були використані дані Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії і Одеського облводресурсів.

Створений програмний комплекс забезпечить оперативну роботу відповідних спеціалістів відділів та служб в галузі управління гідротехнічними спорудами регіону.

Розроблена структура ГІС проекту має інструментарій для набору даних з передбаченою можливістю доповнення, редагування та встановлення зв'язків між шарами для швидкого пошуку, перегляду (у т.ч. фотографічних матеріалів, актів обстеження тощо) та викопіюванню інформації по об'єктам.

Окремо підготовлені компонування карти для зручного виведення на друк и збереження в у PDF форматі.

Для ГІС проекту була розроблена надбудову Python Street View, у вигляді окремої кнопки, при натисканні якої користувач може обрати будь-яку точку на карті проекту, після чого у вікні Python з'являться географічні координати цієї точки. Ці координати автоматично додаються до буферу обміну. Потім у вікні браузера автоматично відкривається сервіс Google Map за посиланням www.maps.google.com. Далі користувач може додати в рядок пошука координати точки и подивитися супутникові знімки чи докладні карти місцевості, що викликає інтерес.

Цей додатковий функціонал надасть користувачу можливість дивитися карти більш крупного масштабу на зовнішньому ресурсі, не завантажуючи їх на диск.

Таким чином, геоінформаційна система моніторингу екологічного стану Придунайських озер Одеської області забезпечить більш гнучке та оперативне управління об'єктами меліоративного фонду, а створені надбудови дозволять використовувати зовнішні картографічні дані.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. 272 с.
2. Ковин Р.В., Марков Н.Г. Геоинформационные системы: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 175 с.
3. Скворцов А.В. Геоинформатика: Учебное пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 336 с.
4. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. 128 с.
5. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: Геодиздат, 1993. 213 с.
6. Турлапов В.Е. Геоинформационные системы в экономике: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: НФ ГУ-ВШЭ, 2007. 118 с.
7. Офіційний сайт компанії ESRI Inc. URL: www.esri.com. (Дата звернення 21.11.2019)
8. Сайт справочної системи ArcGIS. [Електронний ресурс]. Режим доступу: webhelp.esri.com/arcgisdesktop. (Дата звернення 21.11.2019)
9. ArcGIS Resources. URL: <http://resources.arcgis.com/en/home/>. (Дата звернення 21.11.2019)
10. Гурьянова Л.В. Аппаратно-программные средства ГИС: компьютерный практикум для студентов часть 1. Полоцк: ПГУ, 2011. 79 с. . (Дата звернення 21.11.2019)
11. Офіційний сайт Python. URL: <http://www.python.org>. (Дата звернення 21.11.2019)
12. Вестра Э. Разработка геоприложений на языке Python / пер. с англ. А. В. Логунова. М: ДМК Пресс, 2017. 446 с.: ил.
13. Chaowei Yang. Introduction to GIS Programming and Fundamentals with Python and ArcGIS. CRC Press, 2017. 302 p.

14. Toms S. ArcPy and ArcGIS - Geospatial Analysis with Python. Packt Publishing, 2015.224 p.
15. Сайт Google Map. URL: www.maps.google.com. (Дата звернення 21.11.2019)
16. API Яндекс.Карт. URL:<https://tech.yandex.ru/maps/>. (Дата звернення 21.11.2019)
17. API 2ГИС. URL: [https:// http://api.2gis.ru/](https://http://api.2gis.ru/). (Дата звернення 21.11.2019)
18. Офіційний сайт Leaflet. URL: <http://leafletjs.com/>. (Дата звернення 21.11.2019)
19. OpenStreetMap. Вікіпедія. URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>. (Дата звернення 21.11.2019)
20. Краткий справочник Google Maps API. URL: <https://www.kobzarev.com/wp-content/uploads/cheatsheets/gmaps/Google-Maps-cheet-sheet.pdf>. (Дата звернення 21.11.2019)

Д О Д А Т К И

