

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ агротехнологій, селекції та екології

Кафедра геоматики, землеустрою та планування територій

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістр

**на тему: «МОНІТОРИНГ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ТА
ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ »**

Виконав: здобувач вищої освіти

за освітньо-професійною програмою

«Землеустрій та планування територій»

спеціальності 193 Геодезія та землеустрій

ступеня вищої освіти магістр

групи 193ГЗмд_21

БЛОКІЗ Артем Анатолійович

Керівник: д.б.н., проф. ГАПОН С. В.

Рецензент: к.т.н., доц. Біда С.В.

Полтава – 2024р.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДООХОРОННИМИ ОБ'ЄКТАМИ	7
1.1. Поняття моніторингу природоохоронних територій	7
1.2. ГІС: особливості, структура та функції для моніторингу	11
1.3. Огляд наукових джерел та міжнародного досвіду.	15
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ	18
2.1. Характеристика Полтавського міського парку як природно-заповідного об'єкта.	18
2.2. Стан і проблеми екосистеми парку.	21
2.3. Оцінка існуючих методів моніторингу.	24
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НА ПРИКЛАДІ ПОЛТАВСЬКОГО МІСЬКОГО ПАРКУ	27
3.1. Основні вимоги до системи ГІС, вибір програмного комплексу.	27
3.2. Створення картографічної основи на базі ГІС.	29
3.3. Розробка геоінформаційної бази даних (ГІС-БД)	31
3.4. Інтеграція даних дистанційного зондування.	38
3.5. Виконання моніторингу стану рослинності та тваринного світу.	42
3.6 Використання моніторингу деревних насаджень	45
3.7. Розробка рекомендацій щодо впровадження системи.	47
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТКИ	57

ВСТУП

Природно-заповідний фонд України має важливе значення завдяки своїй природоохоронній, науковій, естетичній, рекреаційній та іншій цінності. Основною метою створення таких об'єктів є збереження біорізноманіття, ландшафтів, генетичних ресурсів флори і фауни, підтримка екологічної рівноваги та проведення екологічного моніторингу природного середовища.

Збереження і розвиток природно-заповідного фонду України, формування національної мережі природоохоронних територій та її інтеграція до Всеєвропейської екологічної мережі є одним із пріоритетних завдань державної політики.

Актуальність теми дослідження

У «Стратегії сталого розвитку України до 2030 року» та «Національному плану дій до 2025 року», які розроблені за підтримки Програми розвитку ООН в Україні та Глобального екологічного фонду в межах проєкту "Інтеграція положень Конвенції Ріо в національну політику України", окреслено головні напрями довгострокового розвитку країни, зокрема охорону і відновлення довкілля. Одним із важливих завдань є забезпечення збереження наземних та водних екосистем, збалансоване використання природних ресурсів, а також протидія деградації природного середовища і втратах біологічного та ландшафтного різноманіття [1].

Для досягнення цих цілей надзвичайно важливим є постійний моніторинг природних територій. Така діяльність включає спостереження, аналіз і прогнозування змін стану довкілля з метою виявлення негативних явищ, а також розробку рекомендацій для їх усунення або мінімізації впливу на об'єкти природно-заповідного фонду.

Ефективне управління такими територіями потребує не лише глибоких знань у галузі біології, екології та менеджменту, а й активного використання сучасних технологій для обробки та візуалізації просторових даних.

Геоінформаційні системи (ГІС) є основним інструментом, який дозволяє організувати, аналізувати та управляти просторовою інформацією для підтримки прийняття екологічно обґрунтованих рішень. У цьому контексті геоінформаційні системи (ГІС) стають одним із ключових інструментів для моніторингу та управління природоохоронними територіями. Завдяки можливості обробки просторових і часових даних, ГІС дозволяють здійснювати багатовимірний аналіз екосистем, моделювати процеси змін і створювати інформативні карти, які є основою для прийняття екологічно обґрунтованих рішень [2].

Використання ГІС для моніторингу Полтавського міського парку дозволяє забезпечити комплексний підхід до вивчення його екологічного стану. Це включає аналіз змін у рослинному покриві, стані ґрунтів, водних об'єктах, а також оцінку впливу рекреаційної діяльності на природні ресурси. Отримані дані можуть стати основою для створення ефективної системи управління природними ресурсами парку, яка сприятиме їх збереженню та сталому використанню.

Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є аналіз застосування геоінформаційних систем для моніторингу та управління природоохоронними територіями на прикладі Полтавського міського парку, а також розробка практичних рекомендацій щодо впровадження ГІС у подібних екосистемах.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- Дослідити теоретичні основи моніторингу природоохоронних об'єктів та можливості ГІС у цій сфері.
- Проаналізувати існуючі методи збору та обробки даних для геомоніторингу.
- Вивчити екологічні особливості Полтавського міського парку та ідентифікувати основні екологічні проблеми.
- Розробити геоінформаційну базу даних для моніторингу екосистем парку.

- Провести аналіз змін екологічного стану парку за допомогою ГІС.
- Визначити перспективи розвитку ГІС-технологій у сфері природоохорони.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є екосистема Полтавського міського парку, яка поєднує природні та антропогенно змінені ландшафти та рекреаційні можливості для населення.

Предметом дослідження є методи використання геоінформаційних систем для моніторингу, аналізу та управління екологічним станом природоохоронної території.

Практична цінність роботи

Результати дослідження мають практичну цінність, оскільки вони можуть бути використані для розробки стратегій управління Полтавським міським парком та іншими подібними природоохоронними об'єктами. Створена геоінформаційна база даних стане інструментом для аналізу екологічного стану території, а запропоновані методи можуть бути застосовані для забезпечення сталого розвитку інших міських екосистем.

Наукова новизна

Новизна дослідження полягає у застосуванні сучасних ГІС-технологій для комплексного моніторингу та управління екосистемою Полтавського міського парку, з урахуванням його природних і рекреаційних функцій.

Структура роботи

Робота складається з трьох розділів, у яких розглянуто теоретичні аспекти моніторингу, особливості організації геоінформаційного забезпечення, практичне використання ГІС на прикладі Полтавського міського парку, а також перспективи розвитку геоінформаційних систем у природоохоронній діяльності.

Апробація результатів дослідження: результати дослідження висвітлено на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції

«Агроландшафти: інноваційні підходи у землеустрої та плануванні територій»
15 травня 2024 р. м. Полтава.

Публікації: Білокіз А.А., Гапон С.В. Використання ГІС-технологій для об'єктів природно-заповідного фонду України. *Агроландшафти: інноваційні підходи у землеустрої та плануванні територій* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. (м. Полтава, 15 травня 2024 р.). Полтава, 2024. С. 13–15.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДООХОРОННИМИ ОБ'ЄКТАМИ

1.1. Роль природно-заповідних територій у збереженні біорізноманіття

Проблематика охорони земель природно-заповідного фонду потребує комплексного підходу. Ключову роль у вирішенні цієї проблеми відіграє впровадження системи постійного моніторингу території. Така система дозволяє здійснювати комплексний контроль за природними процесами, техногенним впливом та соціальними змінами. Дані моніторингу є основою для аналізу, прогнозування та адаптації заходів із збереження і раціонального використання земельних ресурсів.

Ефективне управління землями ПЗФ базується на правових нормах, які визначають принципи їх використання, охорони та моніторингу. Основу правового регулювання становлять:

Конституція України (№ 245 від 28.06.96) – визначає базові принципи державного управління, у тому числі в сфері природокористування [3].

"Земельний кодекс України" (№ 2768-III від 25.10.2001) – фундаментальний законодавчий акт, що визначає принципи регулювання земельних відносин [4].

Закон України "Про Державний земельний кадастр" (№360–VI від 07.07.2011) – нормативний документ, що регулює правові, економічні та організаційні аспекти функціонування Державного земельного кадастру [5].

Закон України "Про оцінку земель" (№ 1378–IV від 11.12.2003) – встановлює правові норми для професійної оціночної діяльності у сфері земельних відносин [6].

Закон "Про землеустрій" (№ 742–IV від 15.05.2003) – регламентує організацію діяльності у сфері землеустрою з метою сталого землекористування [7].

Закон «Про природно-заповідний фонд України» (2456-XII від 15.11.2024) – регламентує створення діяльність і інші питання стосовно територій ПЗФ [8]. Закон "Про охорону навколишнього природного середовища" (№ 1264–XII від 25.06.91) – визначає принципи правової та економічної підтримки природоохоронної діяльності в інтересах теперішнього та майбутнього поколінь [9].

Закон України "Про охорону земель" (№ 962–IV від 19.06.2003) – охоплює питання раціонального використання земель, підвищення їх родючості та збереження екосистемних функцій ґрунтів [10].

Серед інших вагомих нормативних актів можна виділити закони, що регулюють державний контроль у галузі землекористування, забезпечують стандартизацію, регламентують топографо-геодезичну діяльність, сприяють інформатизації та забезпечують захист персональних даних.

Постанови Кабінету Міністрів України регламентують ключові аспекти діяльності територій ПЗФ їх створення, використання ресурсів та захист від збіднення біорізноманіття.

Території, котрі охороняються, є важливим елементом збереження біорізноманіття, тому що вони забезпечують стабільність екосистем і охороняють унікальні види флори та фауни. Біорізноманіття є ключовим фактором функціонування природних систем, від якого залежить регуляція клімату, якість водних і ґрунтових ресурсів, а також стійкість до зовнішніх змін, спричинених антропогенним впливом.

Об'єкти природо-заповідного фонду такі як заповідники, національні парки, регіональні парки, а також заказники є своєрідними сховищами для рідкісних та зникаючих організмів, створюючи умови для їх відтворення та подальшої адаптації до змін середовища. Ці території представляють досить великий інтерес для науковців, що досліджують мало змінені території, також проводять моніторинг зміни популяцій, особливості біологічних об'єктів, котрі там виявляються. Наукові дослідження, які проводяться досить тривалий час, дають змогу простежити розвиток території, чи навпаки деградацію.

Зміни фауни на досліджуваних територіях також потрібно постійно моніторити, щоб зміни, котрі відбуваються за рахунок міграції тварин і комах не нанесли шкоди біогеоценозам, що охороняються. Адже вони мають унікальне значення для науки, виступаючи своєрідними природними лабораторіями. Такі біогеоценози надають можливість аналізувати ефективність використання природних ресурсів [11].

Природно-заповідна мережа України виступає ключовою складовою у збереженні біологічного та ландшафтного різноманіття. Формування науково обґрунтованої системи природоохоронних територій є невід'ємною умовою збереження цих компонентів біосфери, особливо в умовах зростаючого антропогенного впливу. На сьогодні рівень заповідності в Україні дещо втрачається в зв'язку з військовими діями, порівнюючи з рівнем Центральної Європи.

Наукові дослідження в національних природних парках спрямовані на вивчення природних процесів, постійний моніторинг їхніх змін, прогнозування екологічних тенденцій, а також розробку методів охорони, відновлення і раціонального використання природних ресурсів та цінних об'єктів. Ці території виконують роль екологічно чистих еталонів для оцінки стану довкілля та його змін, а також мають значний потенціал для рекреації та туризму. Важливим механізмом моніторингу довкілля є систематичні геохімічні, біологічні, географічні дослідження на землях природно-заповідного фонду.

Водночас, роль природо-заповідних територій не обмежується лише охороною природного середовища. Вони також сприяють екологічній освіті, еко-туризму і слугують моделлю для сталого співіснування людини з природою.

На сьогоднішній день розвиток рекреаційних можливостей територій ПЗФ стає досить гарним підґрунтям для економічного розвитку територій. Спостерігається зростання цікавості населення до відпочинку в екологічно чистих умовах, спілкування з природою, покращення самопочуття і зміни

середовища. Також багато територій надають можливості для психоемоційного розвантаження як для цивільного населення, так і для військовослужбовців. При правильному формуванні маршрутів можна залучати досить велику кількість охочих до активного відпочинку. За сьогоdnішніх умов потрібно не тільки формувати систему активного відпочинку, створюючи різні локаційні групи, а і звертати увагу на їхню доступність для всіх груп людей. Також організація відвідування таких територій дає можливість покращити економічну ситуацію як для адміністрацій, які відповідають за охорону і розвиток об'єкта, так і для регіону в цілому. Стимулюючи розвиток інфраструктури, котра підтримуватиме екотуризм, ми постійно будемо розвивати не тільки економічну складову, але і просвітницьку роботу, створюючи цим особливе ставлення як у дорослих, так і дітей до збереження та примноження біорізноманіття. Захист територій від антропогенного забруднення під час відвідування – це одна із проблем, котру можливо вирішити не тільки проводячи роботу з пояснення шкоди, якої завдається території, а і плануванням системи збору та утилізації таких відходів. Для цього потрібно залучити відвідувачів і стимулювати їх бонусною системою до очищення території від забруднень котрі вони можливо виявлять під час відпочинку [11, 12].

1.2. ГІС-технології як інструмент моніторингу та управління

Геоінформаційні системи (ГІС) є ефективним засобом для збору, обробки, зберігання та відображення просторових даних, що дозволяє вирішувати широкий спектр завдань у різних галузях, зокрема у сфері охорони природи. Інтеграція інформації з різних джерел із її прив'язкою до географічного простору дає змогу отримувати глибші та більш деталізовані знання про об'єкти й процеси, що вивчаються. [13]

Для створення системи моніторингу і управління територією найперше, що потрібно зробити – це розробити структуру даної ГІС, а також вибрати ті типи даних, котрі ми будемо використовувати і звести їх в однакові системи координат. В першу чергу потрібно об'єднати дані, представлені в паперовому форматі, оцифрувати їх та завантажити в систему. Також необхідно включити дані, отримані від організацій, котрі проводять дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Це дозволяє отримувати широкий спектр інформації про природно-заповідні території.

Супутникові знімки нам дають дані про зміни у ландшафті, стан лісів, водних об'єктів і деградацію ґрунтів. Сучасні супутники, такі як Sentinel чи Landsat, пропонують високу роздільну здатність та регулярне оновлення зображень. Також можна використовувати, дані отримані від Google [2].

Аерофотознімання з дронів дозволяє отримувати детальні знімки невеликих ділянок, які можуть бути недоступними для супутникових систем, та виявляти дрібні зміни в екосистемах. Сучасна нормативно-правова база, що регулює використання БПЛА, наразі перебуває в процесі вдосконалення. Відповідно до європейських стандартів впроваджується класифікація безпілотників за категоріями залежно від маси, призначення та рівня технологічного оснащення. Це сприятиме чіткішому регулюванню польотів, підвищенню безпеки та забезпеченню прозорості їх використання. На сьогодні отримання даних з БПЛА через військові дії потребує отримання дозволів на польоти і реєстрацію беспілотника [14].

Гіперспектральні дані дозволяють аналізувати хімічний склад рослинності, стан здоров'я лісових масивів чи ступінь забруднення вод.

Наступним методом отримання даних є геодезичні вимірювання. Ці інструменти забезпечують високу точність збору просторових даних. Зокрема технології GPS/GNSS використовуються для визначення точних координат меж заповідних територій, моніторингу руху тварин або фіксації місць досліджень. Також за їх допомогою створюються детальні карти рельєфу, які допомагають у плануванні заходів зі збереження природних ресурсів та оцінки впливу зовнішніх факторів, таких як ерозія чи забудова.

Одним з методів отримання даних в різних напрямках є польові дослідження.

Збір даних безпосередньо на місцевості залишається ключовим етапом для отримання високоякісної інформації. Сучасні портативні ГІС-пристрої дозволяють фіксувати параметри середовища, фотографії та коментарі прямо на місці. Хоча дане обладнання має досить значну ціну, але воно досить сильно зменшує навантаження на дослідника, дає можливість доповнювати базу в реальному часі [14,15].

Проведення біологічних досліджень на території включають в себе інвентаризацію видів, оцінку їх стану та вивчення взаємодій у межах екосистем. Також дані можна отримати з баз даних та статистичних джерел. ГІС дозволяє об'єднувати різні типи інформації для комплексного аналізу. Так, наприклад, отримані демографічні дані нададуть змогу провести аналіз впливу людської діяльності на прилеглі до ПЗФ території. Включення даних про землекористування, транспортні мережі чи туристичний потік надасть можливість оцінки антропогенного навантаження, поєднання інформації про кліматичні зміни, поширення інвазійних видів та динаміку популяцій.

Дані системи пропонують унікальні інструменти для аналізу, які дозволяють виявляти закономірності, тенденції та взаємозв'язки між даними. Наприклад, просторове моделювання дозволяє використання цифрових моделей рельєфу (ЦМР), аналізу водозборів, визначення зон ризику ерозії чи затоплення.

Аналіз змін у часі, тобто моніторинг дає можливість порівняння даних різних часових періодів для виявлення змін, таких як зменшення площі лісів, урбанізація або деградація земель.

Наступним видом аналізу є мережевий аналіз. Він дає нам можливість планувати транспортні маршрути, екологічні коридори, або оцінити доступність природних об'єктів.

Також можна застосувати геостатистичний аналіз та моделювання даних на основі математичних методів, включаючи оцінку розподілу елементів у просторі. [13,15]

Одним з напрямків застосування гео-інформаційної системи є візуалізація даних. Програмні продукти надають широкі можливості для графічного представлення інформації, а саме створення тематичних карт. Таких як карт інтенсивності антропогенного навантаження, біорізноманіття чи забруднення повітря. Ще однією особливістю є можливість побудови 3D моделей ландшафтів для кращого розуміння топографії та динаміки природних процесів.

Для більшості ГІС-систем характерне автоматичне або напівавтоматичне створення інтерактивних карт. Вони забезпечують доступ до геоданих через веб-платформи або мобільні додатки.

Рішення при веденні діяльності адміністраціями природно-заповідних територій можуть бути побудовані на різноманітному аналізі даних. Всебічний просторовий аналіз дозволяє швидше розробити зонування територій: визначити зони, що потребують більшої охорони, або зони, придатні для рекреації чи наукових досліджень, провести оцінку ризиків, проаналізувавши загрози, такі як ерозія ґрунтів, пожежі чи поширення інвазійних видів. А впровадження повноцінних математичних моделей, сценаріїв дозволить прогнозувати вплив змін клімату чи антропогенного навантаження на стан екосистем. (Додаток Б)

ГІС допомагають створювати інтерактивні карти та звіти, які є основою для ухвалення обґрунтованих рішень, оптимізувати маршрути патрулювання

для охоронців територій з урахуванням топографії та ризикових зон. Також ГІС допомагає визначати ділянки, які потребують термінового втручання через критичний стан екосистем, розробляти мережі екостежок і зон відпочинку, які мінімізують вплив на природні комплекси.

Інтеграція соціально-економічних даних дозволяє враховувати потреби місцевого населення. ГІС-платформа об'єкту ПЗФ забезпечує спільний доступ до даних для науковців, державних органів і природоохоронних організацій, сприяє використанню моделювання й аналізу просторових даних для розробки довгострокових стратегій управління.

Використання ГІС у прийнятті управлінських рішень дає змогу значно підвищити ефективність управління ПЗФ, зберігаючи природні цінності та підтримуючи сталий розвиток регіонів [13, 15].

1.3. Огляд наукових джерел та міжнародного досвіду

Значне погіршення екологічного стану довкілля зумовило актуалізацію досліджень із застосуванням екологічного підходу. Це спричинило формування нового напрямку тематичного картографування – еколого-географічного, яке розглядає взаємодію природи і суспільства. У цьому контексті важливим є розвиток картографування, орієнтованого на аналіз природокористування та охорону природи.

Видатними віхами розвитку цього напрямку є видання карт і атласів, що відображали природоохоронні території та об'єкти. Наприклад, перша карта ґрунтів європейської частини Російської імперії, підготовлена В. В. Докучаєвим, була видана у 1900 році. З 1950-х років природоохоронне картографування інтенсивно розвивалося у відповідь на техногенний вплив на довкілля. Атлас природних заповідників світу, виданий у Брюсселі в 1956 році, став етапною подією в цьому напрямі.

До середини ХХ століття природоохоронна тематика висвітлювалася лише фрагментарно. Починаючи з 1970-х років, карти охорони природи включали дані про забруднення довкілля та вплив на здоров'я населення. Атласи того періоду, такі як “Narodowy atlas Polski” (1978) або “Atlas Slovensky Socialisticky Republiky” (1980), містили карти, що висвітлювали екологічний стан. Поступово тематичне картографування стало інтегрувати сучасні технології, зокрема ГІС.

Геоінформаційні системи дозволили створювати інтерактивні карти природоохоронних територій. Першу загальновизнану ГІС було розроблено у Канаді в 1968 році. У подальшому подібні системи стали ефективним інструментом для картографування заповідних територій. Так, у Шотландії розроблено інтерактивну карту природної спадщини, яка охоплює 39% території країни.

Природоохоронне картографування в Україні розвивалося як важливий напрям географічної науки, що інтегрує знання про природні ресурси,

екологічний стан довкілля та його вплив на життєдіяльність людини. Початкові кроки в цьому напрямку були зроблені в межах Радянського Союзу. Зокрема, одним із ключових досягнень стало видання “Атласу природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР” у 1978 році, що поєднав дані про природно-заповідний фонд (ПЗФ), стан ґрунтів, водних ресурсів і кліматичних умов. У цьому ж періоді було створено карти, присвячені охороні природи, зокрема “Природные заповедные объекты Украинской ССР” [16, 17].

Після здобуття незалежності України в 1991 році розвиток природоохоронного картографування отримав новий імпульс. На початку 2000-х років було розроблено “Національний атлас України”, виданий у 2007 році. Цей атлас став важливим джерелом інформації про екологічний стан країни. Він містить розділи, присвячені охороні природи, зокрема карту природно-заповідних територій із детальною інформацією про їх категорії, площі та кількість відвідувачів. У межах атласу також відображено стан водних ресурсів, забруднення повітря і радіоекологічні показники.

На регіональному рівні з 1970-х років створювалися карти охорони природи в межах комплексних атласів. Наприклад, для Донецької області було розроблено територіальну комплексну схему охорони природи, яка враховувала медико-екологічні показники, антропогенний вплив і якість довкілля. Аналогічні роботи проводилися в Харкові, Львові, Полтаві та інших областях [17].

У сучасний період особливе значення набули геоінформаційні системи (ГІС). Їх використання дозволило створювати електронні карти природоохоронних територій. Наприклад, у Києві розроблено інтерактивну карту природно-заповідного фонду, що дозволяє переглядати інформацію про екологічний стан у масштабі адміністративних районів. Подібні системи функціонують у Тернопільській, Запорізькій, Одеській та інших областях. У цих ГІС інтегровано дані про території ПЗФ, забруднення повітря, водних ресурсів і викиди від промислових підприємств.

Проте існують і проблеми. Багато інформаційних систем різних регіонів створювалося за різними методиками, що ускладнює їх інтеграцію в єдину національну систему. Також відчутний дефіцит систематизованих даних про стан природоохоронних об'єктів, особливо в умовах військових дій. Значна частина заповідних територій зазнала руйнувань або пошкоджень, що потребує термінового оновлення картографічної інформації.

Важливу роль у розвитку цього напрямку відіграють наукові установи, зокрема Інститут географії НАН України, який активно працює над створенням національних і регіональних картографічних продуктів. Крім того, значний внесок здійснюють регіональні університети та профільні міністерства.

На завершення, український досвід у природоохоронному картографуванні демонструє значний потенціал, проте вимагає вдосконалення в частині інтеграції даних, актуалізації карт і використання сучасних технологій для створення інтерактивних моделей екологічного стану країни [16, 17, 18].

Висновки

Сучасне природоохоронне картографування стикається з викликами, пов'язаними з оновленням баз даних та забезпеченням інтерактивного доступу до інформації. Незважаючи на прогрес у впровадженні ГІС, залишається проблема несумісності даних, створених за різними методиками. Подальший розвиток цього напрямку потребує системного підходу до інтеграції інформаційних ресурсів.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПОЛТАВСЬКОГО МІСЬКОГО ПАРКУ

2.1. Характеристика Полтавського міського парку як природного об'єкта

Полтавський міський дендропарк — це справжня перлина ландшафтного мистецтва, яка поєднує багатий природний світ із унікальною історичною та культурною спадщиною. Парк отримав статус пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення. Він розташований у північній частині Полтави.

Дендропарк вражає своєю природною красою та різноманіттям. На його території розташовано численні видові майданчики, що відкривають панорами захоплюючої краси. Унікальна структура місцевості включає 17 гектарів широкої долини довжиною до 2 кілометрів, яка плавно переходить у три глибокі яри, що сягають до 60 метрів завглибшки. Такі рельєфні особливості дозволили створити цікаві оглядові точки, звідки відкриваються захоплюючі перспективи [19].

Долину перетинають просторі світлі галявини, які чудово контрастують із зеленими схилами і густими лісовими масивами. Важливу роль відіграють природні водні джерела, розташовані в межах долини. Вони не лише збагачують екосистему, а й додають мальовничості цьому місцю.

Особливе місце займає старовинний широколистяний ліс площею 22 гектари, який надає *парку* величного вигляду. Його дерева, серед яких дуби, ясени та липи, є символом природного багатства Полтавщини.

Інфраструктура парку

Головна магістраль дендропарку — стежка, яка тягнеться від входу на вулиці Яківчанській, проходить через західну балку, перетинає долину та доходить до вулиці Лугової. Вона органічно об'єднує основні мальовничі зони

парку. Уздовж цієї стежки розташовані каскади ставків, декоративні композиції рослин, галявини та зони відпочинку.

При проєктуванні парку врахували вже існуючу мережу стежок. Це дозволило не лише зберегти природний ландшафт, а й створити зручні маршрути для прогулянок. Дороги грейдувалися, однак їх залишали заростати природною рослинністю, що створило ілюзію повної інтеграції стежок у природне середовище.

Вибір ділянки для створення парку був зумовлений кількома важливими факторами:

- Складний рельєф: глибокі яри, галявини та долини надали змогу створити ландшафт, який одночасно є природним і привабливим для відвідувачів.
- Водні джерела: наявність джерел і струмків забезпечує додаткову естетичну привабливість.
- Старовинний ліс: збереження природного широколистяного лісу на 22 гектарах забезпечило парку екологічну цінність.

Різноманіття рослин та водні ресурси

Парк багатий на джерела, які живлять невеликі річки, що протікають усіма балками. Водні об'єкти парку – це не лише природна окраса, а й місце для відпочинку. Наприклад, головна стежка парку проходить вздовж верхнього ставка, за греблею якого відкривається краєвид на копанку і другий ставок. Околиці водойм обсажені плакучими вербами, які надають ландшафту особливого шарму.

Особливе місце в парку займає колишня дача відомого нейрохірурга Миколи Скліфасовського, яка розташована неподалік другого ставка. Тут збереглися сліди промислового саду, виноградника, плантації тутових дерев та інших культурних насаджень, що були висаджені ще за часів Скліфасовського. Цей куточок парку називають "Полтавською Швейцарією" завдяки його винятковій красі.

Парк поділений на кілька тематичних ділянок:

1. «Українська діброва» – територія, заросла типовими для Полтавщини деревами: дубами, кленами, ясенями, дикими яблунями і грушами.
2. «Бузковий гай» – засаджений понад 2000 кущами бузку десяти сортів. Тут також ростуть декоративні дерева, такі як плакучі верби.
3. «Шведський ліс» – історична частина парку, яка збереглася ще з часів Полтавської битви. Ця ділянка славиться своїми радикальними алеями, закладеними понад століття тому.
4. «Лісостепова зона» – ділянка, що представляє типові ландшафти українського лісостепу.
5. «Колекційна ділянка (арборетум)» – територія, де зібрано близько 400 видів дерев і чагарників, що створюють унікальну ботанічну колекцію.
6. «Східна долина» – найбільша територія парку, відома своїми панорамами, мальовничими схилами і рідкісними рослинами.

На території дендропарку росте верба, вирощена з живця "верби Тараса", яку, за легендою, Тарас Шевченко посадив у заслання. Ця верба стала символом національної спадщини. Окрім того, парк зберігає пам'ять про багатьох діячів, які сприяли його розвитку та догляду.

Парк пропонує чимало оглядових майданчиків, серед яких найвищі точки дають змогу оглядати каскад ставків, Хрестовоздвиженський монастир, галявини та лісові масиви. Видова точка № 8 є однією з найефектніших, звідки видно монастир — одну з головних пам'яток Полтави [19, 20].

Полтавський міський дендропарк — це унікальний об'єкт природної та культурної спадщини, де гармонійно поєднуються краса природи, історична пам'ять та можливості для відпочинку. Він став улюбленим місцем для прогулянок, досліджень і збереження рідкісних рослин, залишаючись важливою частиною культурного життя Полтавщини.

2.2. Стан і проблеми екосистеми парку

Полтавський дендропарк, розташований на площі понад 140 гектарів, зберіг свої ключові ландшафтні елементи: каскади ставків, видові майданчики, старовинний широколистяний ліс, декоративні насадження. Основна мережа стежок функціонує, хоча в багатьох місцях вона потребує ремонту та вдосконалення. Деякі дороги і стежки заросли або зазнали руйнації через природні процеси чи людську діяльність.

Окремі зони парку, такі як галявини, і Шведський ліс, продовжують залишатися привабливими для відвідувачів. Водночас сучасні стандарти вимагають оновлення інфраструктури для забезпечення комфортного перебування гостей, зокрема розширення місць для відпочинку, встановлення інформаційних стендів, організації освітлення у вечірній час.

Екосистема парку залишається багатою та різноманітною. Тут ростуть сотні видів дерев і чагарників, включаючи рідкісні та декоративні рослини. Однак через природний знос і недостатній догляд спостерігається часткове скорочення біорізноманіття. Колекційна ділянка, яка раніше була одним із найцінніших елементів парку, значно втратила свою ботанічну цінність – нині залишилося близько 80 видів [21]. Також вона потребує розчищення і відновлення не тільки видового різноманіття рослин але і відновлення доріжок і інформаційних матеріалів.

Фауна хребетних парку налічує 169 видів тварин із 121 роду, 62 родин, 29 рядів та 5 класів, в тому числі риб – 9 видів, земноводних – 6 видів, плазунів – 3 види, птахів – 129 видів та ссавців – 22 види. Вона хоч і дещо бідніша відносно перших досліджень, але є досить суттєвою [22].

Значною проблемою є засміченість водних об'єктів, особливо копанок і струмків. Забруднення водойм спричиняє деградацію прилеглих територій, зменшення чисельності рослин і тварин, які залежать від цих екосистем. Водночас деякі джерела і річки, які раніше забезпечували гідробаланс, частково пересохли.

Полтавський дендропарк залишається популярним місцем для відпочинку жителів і гостей міста. Серед найвідвідуваніших локацій – галявини постійного цвітіння, видові майданчики, каскад ставків і історичні об’єкти, такі як дача Миколи Скліфасовського. Парк активно використовується для проведення культурних і спортивних заходів, організації фотосесій і сімейних прогулянок.

Однак сучасний рівень облаштування парку не завжди відповідає потребам відвідувачів. Хоча побудовано декілька спортивних майданчиків, котрі активно використовуються населенням для занять спортом. Але відсутність сучасних місць для пікніків, зон з питною водою, вбиралень і системи збору сміття обмежує його функціональність. Також гостро відчувається потреба в охороні території від вандалізму та незаконної вирубки дерев.

Вплив кліматичних змін ускладнює сучасний стан парку. Періодичні посухи та зсуви ґрунту негативно позначаються на стані дерев і водойм. Деякі схили, наприклад, у Східній долині, зазнають ерозії, що створює небезпеку для відвідувачів і зменшує стабільність ландшафту. (Додаток В)

Останніми роками місцеві органи влади разом із громадськими організаціями працюють над покращенням стану парку. Ведуться роботи з розчищення джерел, обрізки дерев, покращення дренажних систем. Існують плани відновлення колекційної ділянки та створення нових зон для екологічної освіти [23].

Громадські активісти та екологи наголошують на необхідності залучення додаткових інвестицій і реалізації масштабних проєктів з озеленення, розвитку інфраструктури, очищення водойм.

Полтавський дендропарк має великий потенціал для перетворення на сучасний культурно-екологічний центр.

Серед ключових напрямів розвитку його розвитку є:

- Розширення туристичної привабливості: створення нових екскурсійних маршрутів, організація екологічних і культурних заходів.

- Оновлення інфраструктури: будівництво зон відпочинку, дитячих майданчиків, встановлення сучасних лавок, урн, освітлення.
- Екологічна освіта: створення інтерактивних майданчиків і стендів, які розповідатимуть про біорізноманіття та історію парку.
- Залучення волонтерів та інвесторів: підтримка громадських ініціатив, співпраця з бізнесом для фінансування проєктів розвитку.

Сучасний стан дендропарку є віддзеркаленням загальної ситуації з парками та природоохоронними зонами в Україні. Попри існуючі проблеми, парк залишається важливим місцем відпочинку та культурного розвитку. Завдяки спільним зусиллям влади, громадськості та бізнесу, Полтавський дендропарк може стати зразковим прикладом збереження та розвитку природної спадщини регіону [24].

2.3. Оцінка існуючих методів моніторингу

Полтавський міський парк потребує постійного моніторингу для забезпечення збереження природних екосистем, естетичної привабливості та функціональності як зони відпочинку. Ефективне управління дендропарком можливе лише за умови чіткої та систематичної оцінки стану його природних і техногенних компонентів, що вимагає застосування сучасних методів моніторингу. Нині існуючі підходи охоплюють кілька напрямів, серед яких екологічний, технічний та соціальний моніторинг.

Екологічний моніторинг включає оцінку стану флори і фауни, якості ґрунтів, водного балансу та загального екологічного стану території. Полтавський дендропарк має багате біорізноманіття, яке потребує уважного спостереження для попередження деградації. Технічний моніторинг спрямований на оцінку інфраструктури парку, зокрема стежок, лавок, мостів, інформаційних стендів та інших елементів, що забезпечують комфорт для відвідувачів. Соціальний моніторинг вивчає відвідуваність, задоволеність гостей і вплив людської діяльності на природне середовище. Цей аспект важливий для збалансованого розвитку парку, враховуючи потреби як природи, так і суспільства.

Серед існуючих методів моніторингу широко використовуються візуальне спостереження, фотографічна фіксація, інструментальні дослідження, автоматизовані системи та соціологічні опитування. Візуальне спостереження є базовим методом, який дозволяє виявляти очевидні проблеми, такі як забруднення, пошкодження інфраструктури чи загибель рослин. Це простий і маловитратний метод, проте він має обмеження через суб'єктивність спостерігачів і нездатність забезпечити комплексний аналіз. Фотографічна фіксація дозволяє створювати архіви, які допомагають відстежувати зміни в парку протягом тривалого часу. Цей метод є цінним для візуалізації, але не дає можливості аналізувати фізико-хімічні характеристики екосистем.

Інструментальні методи моніторингу, такі як лабораторні аналізи ґрунту, вимірювання вмісту кисню у воді чи температури, забезпечують точні дані для оцінки стану парку. Моніторинг водних ресурсів є необхідним для запобігання евтрофікації та втрати біорізноманіття у ставках та струмках. Автоматизовані системи моніторингу, такі як датчики вологості, температури чи атмосферного тиску, дають змогу отримувати дані в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на зміни у стані екосистеми. Проте такі методи є дорогими та потребують високої кваліфікації персоналу.

Соціологічні опитування серед відвідувачів парку є важливим інструментом для виявлення проблем, які можуть бути не помітні для адміністрації чи персоналу. Опитування дозволяють збирати зворотний зв'язок про комфортність інфраструктури, чистоту території та загальний рівень задоволеності гостей. Хоча цей метод є суб'єктивним, він надає цінну інформацію для поліпшення сервісу.

Попри низку переваг існуючих методів, їхня ефективність обмежується через відсутність інтегрованої системи моніторингу, яка б об'єднувала всі дані в єдину базу. Це ускладнює довгострокове планування та прогнозування змін в екосистемі. Крім того, недостатнє використання сучасних технологій, таких як дрони та автоматизовані системи, обмежує можливості для швидкого та детального аналізу стану парку. Негативний вплив людської діяльності, кліматичні зміни та ерозійні процеси також створюють додаткові виклики для управління.

Для вдосконалення моніторингу необхідно впровадити інтегровану систему збору та аналізу даних, яка б об'єднувала візуальні, інструментальні та автоматизовані методи. Також важливо активніше залучати громадськість до догляду за парком, організовувати волонтерські програми та проводити інформаційно-просвітницьку діяльність. Встановлення інформаційних стендів і екранів, які відображають поточний стан парку, допоможе підвищити обізнаність відвідувачів і мотивувати їх до збереження цього природного об'єкта.

Загалом, ефективний моніторинг Полтавського міського дендропарку є ключовим фактором для його збереження та сталого розвитку. Інтеграція сучасних технологій, покращення існуючих методів і залучення громадськості дозволить не лише підтримувати екосистему парку у належному стані, а й створювати комфортні умови для відпочинку та навчання відвідувачів [25].

Висновки

Полтавський міський дендропарк є унікальним природним і культурним об'єктом, що поєднує естетичну цінність природних ландшафтів, історичну значущість та функціональність рекреаційної зони. Водночас парк стикається з низкою проблем, серед яких виділяються екологічні виклики, зокрема скорочення біорізноманіття, забруднення водойм, ерозія ґрунту та вплив кліматичних змін. Інфраструктура парку перебуває у стані, що вимагає оновлення, зокрема стежки, місця для відпочинку, інформаційні стенди та освітлювальні системи не відповідають сучасним потребам відвідувачів. Однією з ключових проблем є відсутність інтегрованої системи моніторингу, яка б забезпечувала систематичний збір і аналіз даних про стан природних та техногенних компонентів парку із застосуванням сучасних технологій. Важливими напрямками також є оновлення інфраструктури, зокрема створення зон для відпочинку, дитячих майданчиків, зон з питною водою та розширення інформаційно-освітньої функції через встановлення інтерактивних стендів і проведення екологічних заходів. Залучення волонтерів, інвесторів та співпраця з місцевою громадою дозволить підвищити ефективність зусиль щодо догляду за парком. Таким чином, за умови реалізації зазначених заходів, Полтавський міський дендропарк має потенціал стати зразковим об'єктом природоохоронної спадщини та сучасним центром рекреації, освіти та туризму.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОЛТАВСЬКОГО МІСЬКОГО ПАРКУ

3.1. Основні вимоги до системи ГІС, вибір програмного комплексу

Основним завданням нашої роботи є створення геоінформаційної системи (ГІС) для моніторингу Полтавського міського дендропарку, яка забезпечить збір, обробку, зберігання, аналіз та візуалізацію даних про стан природних та техногенних компонентів парку. Система повинна допомогти у прийнятті обґрунтованих рішень для ефективного управління парком, збереження його екосистеми та забезпечення комфортного відпочинку для відвідувачів.

Першим етапом є вибір програмного забезпечення на основі якого буде створюватися дана система. Ми вирішили використати для розробки QGIS.

QGIS (Quantum GIS) – це безкоштовна геоінформаційна система, розроблена для створення й використання картографічних даних. Програма активно застосовується урядовими й неурядовими організаціями для роботи з інформацією, яка має просторову прив'язку. Завдяки вільному доступу до програми, вона стала популярною серед бюджетних організацій, які часто стикаються з обмеженнями фінансування [26].

Ініціатором розробки QGIS став Гері Шерман у 2002 році. Процес створення тривав понад п'ять років, і вже у 2009 році з'явилася перша стабільна версія, відома під назвою Kore. Незважаючи на тривалий початковий етап розробки, програмне забезпечення швидко набуло популярності завдяки міжнародній співпраці розробників.

Цікаво, що кожна нова версія QGIS має власну назву. До випуску версії 1.6.0 використовувалися імена давньогрецьких богів, а згодом – назви культових міст. До 2014 року програму переклали більш, ніж 50 мовами, що сприяло її поширенню, особливо в країнах Західної Європи.

QGIS має низку переваг, які роблять її конкурентоспроможною навіть у порівнянні з комерційними геоінформаційними системами. Вона забезпечує доступ до даних із різних джерел без необхідності конвертації, сумісність із різними операційними системами, такими як Windows, macOS, Ubuntu та інші. Дана програма надає широкий доступ до безкоштовних модулів для виконання спеціалізованих завдань, а також розміщення карт на платформі Mapserver.

Імпорт супутникових знімків із джерел, включаючи Google, Yandex, Bing Aerial дає можливість постійно мати доступ до даних ДЗЗ.

Дана програма може підтримувати спеціалізоване обладнання, що полегшує створення та оновлення картографічних даних і відкритий вихідний код, який дозволяє модифікувати програму відповідно до своїх потреб [26, 27].

3.2. Створення картографічної основи на базі ГІС

Збір вихідних даних є ключовим етапом розробки карти. Використання різних картографічних матеріалів дозволяє виконувати точну векторизацію, проводити аналіз складних ділянок з різних точок зору та підвищувати загальну якість проєкту.

У нашій роботі ми використали такі вихідні дані:

- дендроплан Шведського лісу, на який нанесені всі великі дерева ділянки.
- Фото маршрутів велодоріжок.
- Відсканований план досліджуваної території.
- Фото з території парку.
- Карти з онлайн-ресурсів «Open Street Map (OSM)» і «Google Satellite».

Карта з OSM допомогла деталізувати окремі складні ділянки, а Google Satellite стала базою для просторової прив'язки всіх растрових даних.

Спочатку після створення проєкту ми встановили за основу використання системи координат WGS 84.

Також у рамках нашого проєкту було створено кілька шарів для розміщення інформації про об'єкти території. Зокрема, створена група шарів «велодоріжки», дані про які частково вводилися вручну, що вимагало не значних часових витрат [29]

Для створення нового шару з позначеннями використовуємо інструмент «Створити shape-файл». У вікні налаштувань шару задається назва шару додаткові параметри такі як «Тип шару» (лінійний, точковий або полігональний) – для велодоріжок обирається лінійний тип. Також не забуваємо перевірити «Система координат», щоб була вибрано систему WGS 84 для універсальної прив'язки.

Вводимо атрибутивні поля «Атрибутивні дані». Для велодоріжок ми створили такі: назва велодоріжки, стан покриття, довжина, складність.

Для ведення даних потрібно спершу активувати шар, на якому ми бажаємо проводити роботу. Потім вибрати піктограму, котра називається «Редагувати» на панелі інструментів і має вигляд олівця.

Використовується інструмент «Додати лінійний об'єкт» для нанесення маршруту велодоріжки. Лінія проводиться по точкам, які встановлюються по маршруту. Потім вони автоматично з'єднуються. Можна змінити вигляд самої лінії, її колір, прозорість та інші атрибути.

У вікні атрибутів в таблицю заносяться дані, які відображатимуть стан покриття її, довжину, а також назву і складність.

Після введення всіх даних режим редагування вимикається, а зміни зберігаються. Для перевірки результату можна відкрити атрибутивну таблицю шару або візуалізувати дані за допомогою стилізації.

Створення шару для велодоріжок та введення даних вручну в QGIS дозволяє детально опрацювати картографічну основу та отримати високоточну інформацію для подальшого використання.

В подальшій роботі, по аналогії, створюються шари, на котрих відповідно відображається лісотехнічна діяльність на території парку. З допомогою GPS-навігатора наносилися місця відпочинку, місця розведення багать і тому подібні. (Додатк Г)

Растрові карти, котрі були скановані, також відвантажувалися в систему і проводилася їхня географічна прив'язка [30].

3.3. Розробка геоінформаційної бази даних (ГІС-БД)

Особливістю даного програмного продукту є можливість підключення зовнішніх баз даних. Це зручно, коли потрібно створювати багатокористувацьку систему із можливістю онлайн доступу. Структура бази даних, яку ми пропонуємо, повинна бути багатогранною та включати інформацію про сам парк, його території, флору, фауну, заходи з охорони, персонал і інші аспекти управління. Нижче представлена пропонована структура бази даних [31].

Ми пропонуємо використовувати такі атрибути і типи даних при створенні таблиць в загальній базі. Поля краще називати на англійській мові, тому що не кожна версія бази даних може підтримувати кириличні символи в назві колонок [32].

Таблиця 3.1

Характеристика основних атрибутів "Parks" для бази даних ГІС

Поле	Тип даних	Опис
ParkID	INT (PK)	Унікальний ідентифікатор парку
Name	VARCHAR(255)	Назва парку
Location	VARCHAR(255)	Місцезнаходження
Area	FLOAT	Площа парку (га)
EstablishedDate	DATE	Дата створення
Description	TEXT	Опис парку

Таблиця 3.2

Опис зон парку в "Zones"

Поле	Тип даних	Опис
ZoneID	INT (PK)	Унікальний ідентифікатор зони
ParkID	INT (FK)	Ідентифікатор парку

Поле	Тип даних	Опис
ZoneName	VARCHAR(255)	Назва зони
ZoneType	ENUM	Тип зони (наприклад, рекреаційна, заповідна)
Area	FLOAT	Площа зони (га)
Description	TEXT	Опис зони

Таблиця 3.3

Основні атрибути рослинного світу в "Flora"

Поле	Тип даних	Опис
FloraID	INT (PK)	Унікальний ідентифікатор рослини
ZoneID	INT (FK)	Ідентифікатор зони
ScientificName	VARCHAR(255)	Наукова назва рослини
CommonName	VARCHAR(255)	Побутова назва
Type	ENUM	Тип рослини (дерево, кущ, трава)
ProtectedStatus	BOOLEAN	Статус охорони

Таблиця 3.4

Види тварин у таблиці "Fauna"

Поле	Тип даних	Опис
FaunaID	INT (PK)	Унікальний ідентифікатор тварини
ZoneID	INT (FK)	Ідентифікатор зони
ScientificName	VARCHAR(255)	Наукова назва тварини
CommonName	VARCHAR(255)	Побутова назва
Type	ENUM	Тип (птах, ссавець, рептилія тощо)
ProtectedStatus	BOOLEAN	Статус охорони

Таблиця 3.5

Інформація про події в таблиці "Events"

Поле	Тип даних	Опис
EventID	INT (PK)	Унікальний ідентифікатор заходу
ParkID	INT (FK)	Ідентифікатор парку
EventName	VARCHAR(255)	Назва заходу
EventDate	DATE	Дата проведення
Description	TEXT	Опис заходу

Таблиця 3.6

Дані про персонал у таблиці "Staff"

Поле	Тип даних	Опис
StaffID	INT (PK)	Унікальний ідентифікатор співробітника
ParkID	INT (FK)	Ідентифікатор парку
Name	VARCHAR(255)	Ім'я співробітника
Position	VARCHAR(255)	Посада
HireDate	DATE	Дата прийняття на роботу

Таблиця 3.7

Опис заходів з охорони природи в таблиці "ConservationMeasures"

Поле	Тип даних	Опис
MeasureID	INT (PK)	Унікальний ідентифікатор заходу
ParkID	INT (FK)	Ідентифікатор парку
MeasureName	VARCHAR(255)	Назва заходу
ImplementationDate	DATE	Дата впровадження
Description	TEXT	Опис заходу

Ця структура бази даних дозволить зберігати необхідну інформацію для управління та моніторингу Полтавського міського парку як об'єкта природно-заповідного фонду.

Окремо пропонуємо доповнити структуру бази таблицями, які міститимуть необхідну інформацію про рослинний покрив, території дослідження та екологічні умови. Нижче наводимо структуру таблиць із описом основних полів.

Таблиця 3.8

Атрибути рослинних угруповань в таблиці "Plant Communities"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор угруповання.
Назва_угруповання	Текст	Назва рослинного угруповання.
Тип_рослинності	Текст	Тип рослинності (ліс, луки, болота).
Площа	Дійсне число	Площа угруповання, га.
Ступінь_збереженості	Текст	Оцінка екологічного стану угруповання.
Домінантні_види	Текст	Основні види рослин-домінантів.

Таблиця 3.9

Атрибути та типи даних по локалізації рідкісних видів у таблиці "Localization of Rare Species"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор запису.
Назва_виду	Текст	Наукова назва виду.
Латинська_назва	Текст	Латинська назва виду.
Статус_охорони	Текст	Статус у Червоній книзі (рідкісний, зникаючий).
Чисельність	Дійсне число	Кількість особин.
Дата_обстеження	Дата	Дата виявлення виду.
Координати	Текст	Географічні координати (широта/довгота).

Таблиця 3.10

Атрибути екологічних характеристик в таблиці "Environmental Conditions"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор запису.
Тип_грунту	Текст	Тип ґрунту (піщаний, глинистий тощо).
Вологість	Текст	Рівень вологості (високий, середній, низький).
Кислотність	Дійсне число	pH ґрунту.
Температура_середня	Дійсне число	Середня температура (°C).
Наявність_водойм	Логічний	Чи є поруч водойми (так/ні).

Таблиця 3.11

Формат даних в таблиці території дослідження "Research Areas"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор території.
Назва_території	Текст	Назва території.
Тип_землекористування	Текст	Тип землекористування (парк, заповідник, сільгоспугіддя).
Площа	Дійсне число	Площа території, га.
Дата_дослідження	Дата	Дата останнього обстеження.

Таблиця 3.12

Інформація про маршрути дослідження в таблиці "Research Methods"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор шляху.
Назва_шляху	Текст	Назва шляху (екостежка, маршрут).
Довжина	Дійсне число	Довжина шляху, км.
Тип_покриття	Текст	Тип покриття (грунтова, асфальт).
Небезпечні_зони	Текст	Опис небезпечних зон на шляху.

Дане доповнення бази дозволить систематизувати ботанічні дослідження і надасть можливість для їх аналізу, так як всі вони поєднуються через унікальні ідентифікатори чи ідентифікатори та просторові дані. Це дозволить нам мати повноцінну картину для аналізу змін в біоценозах, їх розвиток або навпаки деградацію, забезпечить проведення досліджень різних відділів рослин і порівняння їх приуроченості до різних біотопів. Також поєднання різноманітних даних і їх аналіз, надасть можливість зробити висновок про особливості розвитку біогеосфери досліджуваного регіону.

Проведення і аналіз ботанічних даних потрібно на територіях ПЗФ поєднувати із зоологічними дослідженнями. Тому краще доповнити дані окремо для зоологічних досліджень атрибутивними таблицями, що містять відомості про видову різноманітність, місця перебування, маршрути спостереження та екологічні умови. Нижче наводимо запропоновану нами структуру таблиць для різних аспектів зоологічних досліджень [29, 32].

Таблиця 3.13

Дані про розташування видів у таблиці "Species Localization

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор запису.
Назва_виду	Текст	Назва виду (українська).
Латинська_назва	Текст	Латинська назва виду.
Клас	Текст	Таксономічний клас (ссавці, птахи).

Поле	Тип даних	Опис
Статус_охорони	Текст	Червона книга, Європейські конвенції.
Чисельність	Дійсне число	Кількість особин.
Дата_обстеження	Дата	Дата спостереження.
Координати	Текст	Географічні координати місця.

Таблиця 3.14

Території проживання видів у таблиці "Habitat Areas"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор території.
Назва_території	Текст	Назва території (наприклад, заповідник).
Тип_середовища	Текст	Тип середовища (ліс, степ, водойма).
Основні_види	Текст	Список основних видів.
Площа	Дійсне число	Площа території, га.
Екологічний_стан	Текст	Оцінка стану екосистеми.

Таблиця 3.15

Маршрути спостережень у таблиці "Observation Methods"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор шляху.
Назва_шляху	Текст	Назва маршруту.
Довжина	Дійсне число	Довжина маршруту, км.
Дата_спостереження	Дата	Дата проведення спостережень.
Спостережувані_види	Текст	Список видів, зафіксованих на шляху.
Умови_спостереження	Текст	Опис умов (погодні, сезонні тощо).

Таблиця 3.16

Екологічні умови котрі притаманні території дослідження тварин "Ecological conditions"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор запису.
Тип_середовища	Текст	Тип середовища (ліс, водойма, луки).
Вологість	Текст	Рівень вологості (високий, середній, низький).
Кислотність_грунту	Дійсне число	pH ґрунту.
Наявність_укриттів	Логічний	Наявність місць для укриття (так/ні).
Наявність_їжі	Логічний	Наявність джерел їжі (так/ні).

Таблиця 3.17

Таблиця відображення типи загроз для видів "Threats"

Поле	Тип даних	Опис
ID	Ціле число	Унікальний ідентифікатор загрози.
Тип_загрози	Текст	Тип загрози (антропогенна, природна).
Джерело_загрози	Текст	Джерело загрози (вирубка, браконьєрство).
Інтенсивність	Текст	Ступінь загрози (високий, середній).
Площа_впливу	Дійсне число	Площа, яку охоплює загроза, га.

Доповнення бази даних даними таблицями забезпечить різностороннє вивчення території парку, його фауни і флори, також надасть можливість для аналізу та виявлення особливостей взаємодії обох компонентів і можливі варіанти для подальшого покращення ситуації на території парку. Схема зв'язків у базі відображена в додатку А.

3.4. Інтеграція даних дистанційного зондування

На сьогоднішній день у зв'язку з військовими діями на території нашої країни частина даних стала доступна з деяким запізненням або обмеженнями. Для аналізу і прийняття рішень по території парку особливих обмежень ми не відчуємо. Для роботи з фотографіями, отриманими зі супутників потрібно в залежності від версії QGIS встановлювати сторонні плагіни або використовувати вбудовані системи. Дана ГІС дозволяє аналізувати, візуалізувати та інтерпретувати супутникові зображення, аерофотознімки та інші види даних для різноманітних геоінформаційних задач. Нижче наведено основні кроки для роботи з такими даними [33].

Перше, що потрібно зробити, це завантажити дані із серверів компаній, котрі їх надають. Одними з таких постачальників фото є Copernicus Open Access Hub, USGS Earth Explorer. Основні формати даних, які ми можемо отримати для подальшого додавання в нашу ГІС систему та використовувати є TIFF (GeoTIFF), HDF, NetCDF, JPEG2000.

Для деяких фото потрібно отримати метадані або маски (наприклад, для Sentinel-2).

Щоб додати отримані фото, спочатку потрібно перейти до меню "Шар" і вибрати опцію "Додати шар", потім натиснути "Додати растровий шар". Після цього слід вибрати файл із супутниковим знімком, який ви хочете завантажити в програму [33, 34].

QGIS зазвичай автоматично розпізнає координатну систему файлу, наприклад, WGS84, що полегшує роботу з геопросторовими даними. Щоб переконатися, що система координат правильно визначена, потрібно зайти у властивості шару, вибрати вкладку "Джерело" і перевірити в розділі "Система координат".

Також потрібно перевірити дані. Для перевірки якості супутникових знімків можна відобразити окремі канали, створюючи, наприклад, RGB-композиції. Крім того, важливо створити різні індекси, такі як NDVI (індекс

рослинності) чи NDBI (індекс забудованих територій), для аналізу змісту знімків.

Щоб виділити певну частину зображення, використовується інструмент "Вирізати за межами полігону". Цей інструмент дозволяє створити маску і вирізати тільки ті ділянки, які необхідні для подальшого аналізу.

Для зміни координатної системи растрового шару застосовується інструмент "Перепроєктування растрового шару". Це дозволяє привести дані до потрібної системи координат для подальшої роботи.

Растровий калькулятор дозволяє виконувати обчислення на основі різних каналів для створення індексів, а також для створення математичних моделей. Використання правильно підібраної моделі допоможуть у розробці сценаріїв і прогнозах. Для більш кращого використання отриманих зображень інколи їх потрібно додатково опрацювати за допомогою інструментів згладжування. Вони допомагають знизити рівень шуму у зображеннях, що покращує їх якість і деталізацію [30, 35]

Використавши напівавтоматичний плагін SCP для класифікації даних, ми спрощуємо процес розпізнавання різних класів на знімках. Метод класифікації може бути як неконтрольованим (наприклад, K-means), так і контрольованим (наприклад, Random Forest), залежно від наших потреб.

Для розрахунку зон, таких як буфери, зони затоплення чи ерозії, використовуються спеціальні інструменти, що допомагають дослідити вплив певних явищ. Об'єднавши з векторними шарами дані дистанційного зондування, ми маємо можливість більш глибокого аналізу, наприклад, для оцінки землекористування, виявлення порушень на території і прийняття потрібних рішень.

Для кращого розуміння географічних особливостей рельєфу можна використати цифрові моделі рельєфу (DEM) і створити тривимірні моделі місцевості.

Плагіни, котрі потрібно встановити для швидкої обробки даних ДЗЗ:

Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) – спрощує процес обробки супутникових знімків, надаючи інструменти для автоматизації класифікації.

QGIS Processing Toolbox – інструмент для роботи з різними типами даних, як растровими, так і векторними, що дозволяє виконувати численні обробки та аналізи.

Orfeo Toolbox. Це потужний інструмент для аналізу даних дистанційного зондування, що забезпечує доступ до великої кількості функцій для обробки та інтерпретації зображень.

3.5. Виконання моніторингу стану рослинності та тваринного світу

Виконання моніторингу стану рослинності та тваринного світу є одним із ключових завдань сучасної екологічної науки та природоохоронної діяльності. Збереження біорізноманіття, стійке використання природних ресурсів і запобігання деградації екосистем потребують систематичного спостереження за динамікою рослинних і тваринних угруповань. Моніторинг дозволяє оцінювати стан природних екосистем, виявляти ризики, пов'язані з антропогенним впливом, змінами клімату або стихійними лихами, та розробляти заходи для їх збереження.

Стан рослинного покриву є інтегральним показником стабільності екосистем. Рослинність не лише забезпечує середовище існування для багатьох видів тварин, але й виконує ключові екосистемні функції, такі як регулювання водного балансу, стабілізацію ґрунтів, очищення повітря та накопичення вуглецю. Моніторинг стану рослинності передбачає використання дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем (ГІС), а також польових досліджень. Аналіз супутникових даних, зокрема з використанням індексу NDVI, дозволяє визначати рівень фотосинтетичної активності рослин, оцінювати площу зелених насаджень і відслідковувати їхній стан у реальному часі.

Тваринний світ, у свою чергу, є індикатором екологічної рівноваги та стану природних екосистем. Вивчення популяційного складу, чисельності та динаміки поширення видів надає можливість оцінити вплив антропогенного навантаження, змін клімату та інших чинників на природне середовище. Біологічний моніторинг тваринного світу охоплює спостереження за ключовими видами, дослідження місць їхнього розмноження, міграційних шляхів і оцінку стану кормової бази. Наприклад, використання автоматизованих камер-ловушок та GPS-трекерів дає змогу відслідковувати поведінку й переміщення тварин із високою точністю [34, 37].

Інтеграція даних про рослинність і тваринний світ є важливим завданням для створення цілісної картини стану екосистем. Наприклад, зменшення площі лісових масивів може призводити до зникнення середовищ існування для рідкісних видів птахів чи ссавців. Моніторинг таких змін дозволяє оцінити масштаби впливу та розробити заходи для його мінімізації. У цьому контексті важливу роль відіграють біоіндикатори, такі як певні види рослин або тварин, чутливі до змін екологічних умов.

Особливе місце в моніторингу займають методи моделювання та прогнозування. Використання математичних моделей дає змогу оцінювати потенційні наслідки змін клімату чи впровадження інфраструктурних проєктів для рослинного та тваринного світу. Наприклад, прогнозування змін ареалів видів під впливом потепління клімату дозволяє розробляти адаптаційні стратегії.

Інтеграція результатів моніторингу в геоінформаційні системи дозволяє створювати просторові карти екологічного стану територій, визначати пріоритетні зони для природоохоронних заходів та прогнозувати динаміку змін у майбутньому. Зокрема, такі карти можуть слугувати основою для обґрунтування створення нових природоохоронних територій або корекції меж існуючих [37].

Занесення результатів досліджень різних авторів в єдину систему дозволить систематизувати всі дані про територію парку. І це дасть можливість при подальших дослідженнях прослідкувати динаміку розвитку чи виявляти проблеми в рослинному чи тваринному різноманітті території. Дослідження, які проводять науковці зі своїми студентами, дозволять прослідкувати динаміку розвитку як парку в цілому, так і окремих його систем. Об'єднана база інформації дозволить адміністрації краще орієнтуватися як в нагальних потребах дослідити проблемні частини парку, так і в прийнятті заходів по їхньому вирішенню.

Таким чином, моніторинг стану рослинності та тваринного світу є основою для збереження природного багатства та підтримки екологічного

балансу нашого прекрасного парку. Поєднання сучасних технологій, польових досліджень і міжнародної співпраці забезпечує високий рівень точності отриманих даних і ефективність природоохоронних заходів. Збереження біорізноманіття є не лише екологічним, але й соціальним завданням, оскільки здорові екосистеми є запорукою стабільного розвитку суспільства.

3.6. Використання моніторингу деревних насаджень

Аналіз деревних насаджень є ключовим інструментом для збереження екологічної стабільності, сталого управління лісовими ресурсами та покращення міського середовища. Деревні насадження виконують важливі екосистемні функції: вони регулюють вуглецевий обмін, покращують якість повітря, стабілізують ґрунти, а також є середовищем існування для численних видів флори і фауни. У сучасних умовах інтенсивного антропогенного впливу та змін клімату моніторинг деревних насаджень стає невід'ємною частиною екологічного менеджменту [36, 37].

Однією з основних цілей моніторингу є оцінка стану деревних насаджень. Вивчення таких параметрів, як кількість, видовий склад, вік і здоров'я дерев, дозволяє визначити, наскільки ефективно вони виконують свої екологічні функції. Особливу увагу приділяють оцінці пошкоджень, спричинених шкідниками, хворобами, стихійними явищами або антропогенними факторами. Наприклад, інвазійні види комах чи грибів можуть спричиняти масове всихання дерев, що потребує оперативного реагування.

Сучасні технології відкривають широкі можливості для проведення моніторингу деревних насаджень. Використання супутникових даних, дронів та технологій лазерного сканування (LiDAR) дозволяє отримувати детальну інформацію про структуру лісового покриву.

Моніторинг деревних насаджень у парку дозволяє створити інтерактивну карту насаджень, відображати їхній стан, розташування та функціональні особливості. Такі дані використовуються для планування у відновленні зелених зон, реконструкції ділянок парку і оцінки ефективності проведених робіт. Наприклад, аналіз впливу відмерлої або пошкодженої деревини на біорізноманіття надасть можливість не тільки збалансувати її кількість на території парку, а й врахувати економічні витрати по роботах з відновленню деревостану.

Шведський ліс є джерелом деревини, лікарських рослин, грибів та інших корисних ресурсів. Оцінка його стану дозволяє визначати обсяги доступних ресурсів, планувати раціональне використання та запобігати надмірній експлуатації. Крім того, його збереження сприяє розвитку рекреаційних можливостей цього лісового масиву.

Важливим аспектом постійного дослідження є попередження та виявлення порушень. Незаконна вирубка, надмірне антропогенне навантаження, розведення багать за межами спеціально відведених місць – все це негативно впливає на екосистему території. Сучасні системи моніторингу, що використовують супутникові знімки та алгоритми штучного інтелекту, можуть оперативно виявляти зміни лісового покриття, сигналізуючи про можливі порушення [38].

Окрему увагу необхідно приділити адаптації деревних насаджень до змін клімату. Потепління клімату, збільшення частоти посух та екстремальних погодних явищ змінюють умови існування деревостану. Постійні дослідження дозволяють оцінити стійкість різних видів дерев до нових умов і вибрати найбільш адаптовані для конкретних територій. Це особливо важливо для колекційних насаджень, де дерева часто перебувають у стресових умовах через зміну типових для них умов зростання.

Таким чином, моніторинг деревних насаджень є багатофункціональним інструментом для збереження природних ресурсів, покращення якості життя та забезпечення сталого розвитку. Поєднання сучасних технологій, системного підходу та міждисциплінарної співпраці дозволяє ефективно вирішувати екологічні проблеми, пов'язані з деревними насадженнями, та забезпечує їхнє довгострокове збереження [39].

3.7. Розробка рекомендацій щодо впровадження системи

Сучасний стан екологічних систем вимагає негайного впровадження інноваційних підходів до управління природоохоронними територіями. Одним із найбільш перспективних інструментів для цього є геоінформаційні системи (ГІС). Ці технології дозволяють зберігати великий об'єм різних даних, аналізувати та візуалізувати його. При повноцінному впровадженні даної системи ми отримаємо можливість аналізувати стан і ефективно управляти природними ресурсами. Зовнішній вигляд відображений в додатку Б.

Для впровадження нашого проєкту це додаткове наповнення даними, які описують флору, фауну, гідрологічні ресурси, інфраструктуру, рекреаційні зони.

Після формування шарів в програмі і аналізу наявних даних необхідно спланувати подальші наукові роботи по дослідженню території парку. Для подальшої розробки системи і наповненню корисними даними потрібно виявити території, які є мало дослідженими, або дані давно не поновлювались і потребують оновлення. Підготувати і запропонувати науковому загалу тематику курсових чи дипломних проєктів, напрямів наукових досліджень, які на меті матимуть прикладний характер [26, 27, 30].

Однією з корисних функцій даної системи для управління парком буде проведення просторового моделювання, аналізу змін у часі та визначення зон ризику (ерозія, підтоплення тощо). Проводячи аналіз даних можна буде спроєктувати розвиток доступності парку для всіх відвідувачів. Зокрема можна збільшити мережу екостежок і спланувати зупинки в тих локаціях, які найкраще підходять відповідно до теми зупинки, або розмістити інформаційні стенди в найцікавіших з екологічної, або естетичної точки зору місцях, що зробить відвідування території не лише приємним, але й пізнавальним [40].

ГІС також відкриває можливості для проведення просторового моделювання, аналізу змін у часі та визначення зон ризику. Наприклад, можна моделювати потенційні процеси ерозії, підтоплення або інших небезпек, що

загрожують території. Це дасть змогу завчасно реагувати на ризики і запобігати негативним наслідкам.

Додатково, система може сприяти розвитку екологічної освіти та залученню громадськості до процесу управління природоохоронними територіями. Через інтерактивні інструменти можна надавати доступ до даних для дослідників, студентів і громадських активістів, а також організовувати освітні програми, які базуються на реальних екологічних проблемах.

Таким чином, вдосконалення геоінформаційної системи у Полтавському міському парку (або дендропарку) дозволить не лише підвищити ефективність управління природоохоронною територією, але й створити основу для її сталого розвитку та популяризації екологічних цінностей серед населення[41, 42].

Особливо при веденні нових технологій потрібно приділити увагу навчанню персоналу парку, організувати для них тренінги і створити посібник із основними моментами по роботі із системою, забезпечити їх необхідним базовим обладнанням для отримання координат виявлених змін фото- і відеофіксацію їх.

Створення он-лайн доступу до системи надасть можливість проводити дослідження не тільки для наукового товариства, а і залучати більше волонтерів науковців, молодих дослідників, громадськість[43].

Впровадження ГІС для природоохоронних територій є необхідною умовою для забезпечення сталого розвитку та збереження екологічної рівноваги. Полтавський міський парк може стати зразковим об'єктом, який демонструватиме, як сучасні технології допомагають зберігати природні цінності, створювати умови для рекреації та економічного розвитку [28, 30].

Висновок

Основою запропонованої системи є використання геоінформаційних технологій для створення багатофункціональної бази даних, яка забезпечує моніторинг екологічного стану парку, його територіального розвитку та управління природними ресурсами. Використання програмного забезпечення

QGIS дозволяє ефективно обробляти, аналізувати та візуалізувати геопросторові дані, що є важливим інструментом для прийняття науково обґрунтованих рішень щодо збереження природної спадщини. Розроблені шари картографічної основи, інтеграція супутникових даних та даних дистанційного зондування створюють умови для проведення детального аналізу стану рослинного і тваринного світу, ідентифікації зон ризику, таких як ерозія, підтоплення, деградація рослинності тощо.

Запропонована структура геоінформаційної бази даних враховує потреби в управлінні екологічними, інфраструктурними та рекреаційними аспектами парку. Інтеграція даних про флору, фауну, деревні насадження, території відпочинку та інші елементи дозволяє оцінювати екологічний стан парку в цілому та ефективно розробляти заходи для його збереження.

Моніторинг деревних насаджень забезпечує можливість оцінки їхнього стану, виявлення впливу антропогенних і природних факторів, а також формування рекомендацій щодо догляду за ними.

Таким чином, впровадження геоінформаційної системи для моніторингу Полтавського дендропарку є перспективним підходом для забезпечення сталого розвитку території, збереження природного та культурного багатства, а також створення комфортних умов для рекреації та досліджень.

ВИСНОВКИ

У роботі було досягнуто поставленої мети – аналізу застосування геоінформаційних систем (ГІС) для моніторингу та управління природоохоронними територіями на прикладі Полтавського міського парку. Зокрема, досліджено теоретичні аспекти моніторингу природоохоронних об'єктів та можливості ГІС у цій сфері. З'ясовано, що геоінформаційні системи є ключовим інструментом для обробки просторових і часових даних, створення картографічних продуктів та моделювання екологічних процесів.

Нами проведено аналіз сучасних методів збору та обробки даних для геомоніторингу, включаючи супутникові знімки, дані з дронів, польові дослідження та геодезичні вимірювання.

Вивчено екологічні особливості Полтавського міського парку, зокрема, структуру його ландшафтів, стан рослинного і тваринного світу, проблеми забруднення водойм і ерозії ґрунтів. Розроблено геоінформаційну базу даних (ГІС-БД), що охоплює шари інформації про території, флору, фауну, шляхи, заходи з охорони та управління. Виконано практичний моніторинг стану екосистем парку за допомогою ГІС, що дало змогу виявити основні проблеми, такі як зменшення біорізноманіття, деградація деяких зон та необхідність вдосконалення інфраструктури.

Розроблена ГІС-БД може бути використана для оптимізації управління Полтавським міським парком, створення зон охорони та рекреації, а також планування екологічно безпечних заходів. Моніторинг змін стану рослинності, водойм та інших компонентів екосистеми дозволяє прогнозувати їх динаміку та своєчасно реагувати на негативні явища.

Окрім того, методологія створення ГІС, розроблена в цій роботі, може бути адаптована для використання на інших природоохоронних територіях України. Запропоновані інструменти сприяють збалансованому управлінню природними ресурсами, збереженню біорізноманіття та інтеграції національних природоохоронних територій до міжнародних екологічних ініціатив.

Нами розроблені наступні рекомендації для впровадження даної системи у діяльність адміністрації Полтавського міського парку:

- рекомендовано інтегрувати до бази даних додаткову інформацію, таку як кліматичні зміни, рівень антропогенного впливу, статистичні дані щодо туристичної відвідуваності та інвазійних видів;
- для подальшої роботи необхідно використовувати дрони та супутники високої роздільної здатності для отримання більш деталізованих даних.
- впровадити автоматизовані сенсорні системи для моніторингу стану ґрунтів, вод та повітря в реальному часі;
- створити інтерактивні додатки для інформування відвідувачів про екологічний стан парку, рекомендації щодо його збереження та ознайомлення з маршрутом;
- організувати інтерактивні майданчики, виставки та навчальні програми для підвищення екологічної культури відвідувачів;
- розробити та впровадити плани оновлення стежок, зон відпочинку, інформаційних стендів, дитячих майданчиків, місць для пікніків і пунктів збору сміття;
- поглибити взаємодію з міжнародними організаціями для обміну досвідом, технологіями та залучення фінансування на проекти відновлення й збереження природних територій;

Реалізація цих рекомендацій дозволить не лише зберегти екосистему Полтавського міського парку, але й зробити його зразковою моделлю управління природними ресурсами на національному та міжнародному рівнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 08.09.2024).
2. Глухонець, А. О. and Морозова, Т. В. and Морозов, А. В. and Кобзиста, О. П. and Самойленко, І. В. and Стецюк, Л. М. and Hlukhonets, A. O. and Morozova, T. V. and Morozov, A. V. and Kobzysta, O. P. and Samoilenko, I. V. and Stetsiuk, L. M. (2022) Використання гіс технологій для модернізації систем моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду України. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* (2(98)). pp. 40-54.
3. Конституція України : від 28.06.1996 № 254к/96-ВР : станом на 1 січ. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text> (дата звернення: 06.08.2024).
4. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 11.08.2024).
5. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 11.08.2024).
6. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI : станом на 8 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text> (дата звернення: 11.08.2024).
7. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 № 858-IV : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text> (дата звернення: 11.07.2024).
8. Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16.06.1992 № 2456-XII : станом на 15 листоп. 2024 р. URL:

- <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення: 11.08.2024).
9. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 11.08.2024).
 10. Про охорону земель : Закон України від 19.06.2003 № 962-IV : станом на 8 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 11.08.2024).
 11. Природно-заповідний фонд. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України* – офіційний сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/pryrodno-zapovidnyj-fond/> (дата звернення: 11.08.2024).
 12. Валінкевич Н., Тищенко С. Рекреаційна діяльність та сервісне обслуговування. *23 Наукові праці Міжрегіональної академії управління персоналом. Економічні науки*. 2021. №. 4(64). С. 23–28.
 13. Андрейченко С.В, Діденко І.А., Амбер А.Ю. (2023). ГІС-технології – сучасний інструмент екологічного менеджменту. *Таврійський науковий вісник*, (132), 345-351.
 14. Біатов А.П ГІС і заповідні території (*метаріали III науково-методичного семінару*). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. 110 с.
 15. Мокін В.Б. Геоінформаційні системи в екології. Вінниця ВНТУ, 2014. 194 с.
 16. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А.О. Терещенко. Ніжин, 2014. 492 с.
 17. Картографічне моделювання природних та соціально-економічних ресурсів : навч. посіб. / укл. С. В. Дутчак. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2012. Ч. 1. 164 с.
 18. Геоінформаційне картографування в Україні : монографія / Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшенко та ін. Київ : Наук. думка, 2011. 103 с.

19. Еталони природи Полтавщини : розповіді про заповідні території / О. М. Байрак [та ін.]. Полтава : Верстка, 2003. 212 с.
20. Стежинами заповідних парків Полтавщини : екскурс в історію та сьогодення / ред. О. М. Байрак. Полтава : Верстка, 2009. 164 с.
21. Страшко Е. Еволюція формування полтавського міського парку. *Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті*. 2013. № 1. С. 162–170.
22. Слюсар М. Фауна хребетних полтавського міського парку. *Біологія та екологія*. 2017. Т. 3, № 1-2. С. 86–103.
23. Ягольник А. Фахівці обстежили дендропарк у Полтаві – його стан незадовільний. *ЗМІСТ*. URL: <https://zmist.pl.ua/news/fahivczi-obstezhyly-dendropark-u-poltavi-jogo-stan-nezadovilnyj> (дата звернення: 12.07.2024).
24. Пархоменко Л., Зозуля К. Розчищення, дитмайданчик та брендування: що першочергово зроблять у Полтавському міському парку. *Суспільне Полтава*. URL: <https://suspilne.media/poltava/696660-rozcisenna-ditmajdancik-ta-brenduvanna-so-persocergovo-zroblat-u-poltavskomu-miskomu-parku/> (дата звернення: 27.07.2024).
25. *Полтавський міський парк*. URL: <https://dendropark.pl.ua/> (дата звернення: 15.08.2024).
26. Андрейчук Ю.М. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі. Львів.: WWF, 2015. 286 с.
27. Часковський О., Андрейчук Ю., Ямелинець Т. Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS : навч. посіб. / О. Часковський, Ю. Андрейчук, Т. Ямелинець. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. 228 с.
28. *QGIS. Вільна географічна інформаційна система з відкритим кодом*. Режим доступу: <http://www.qgis.org/uk/site/index.html> (дата звернення: 30.09.2023).
29. Бондаренко Е. Яценко О. ГІС у задачах моніторингу навколишнього середовища. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія : Географія*. 2020. Вип. 1/2(76/77). С. 95-100.

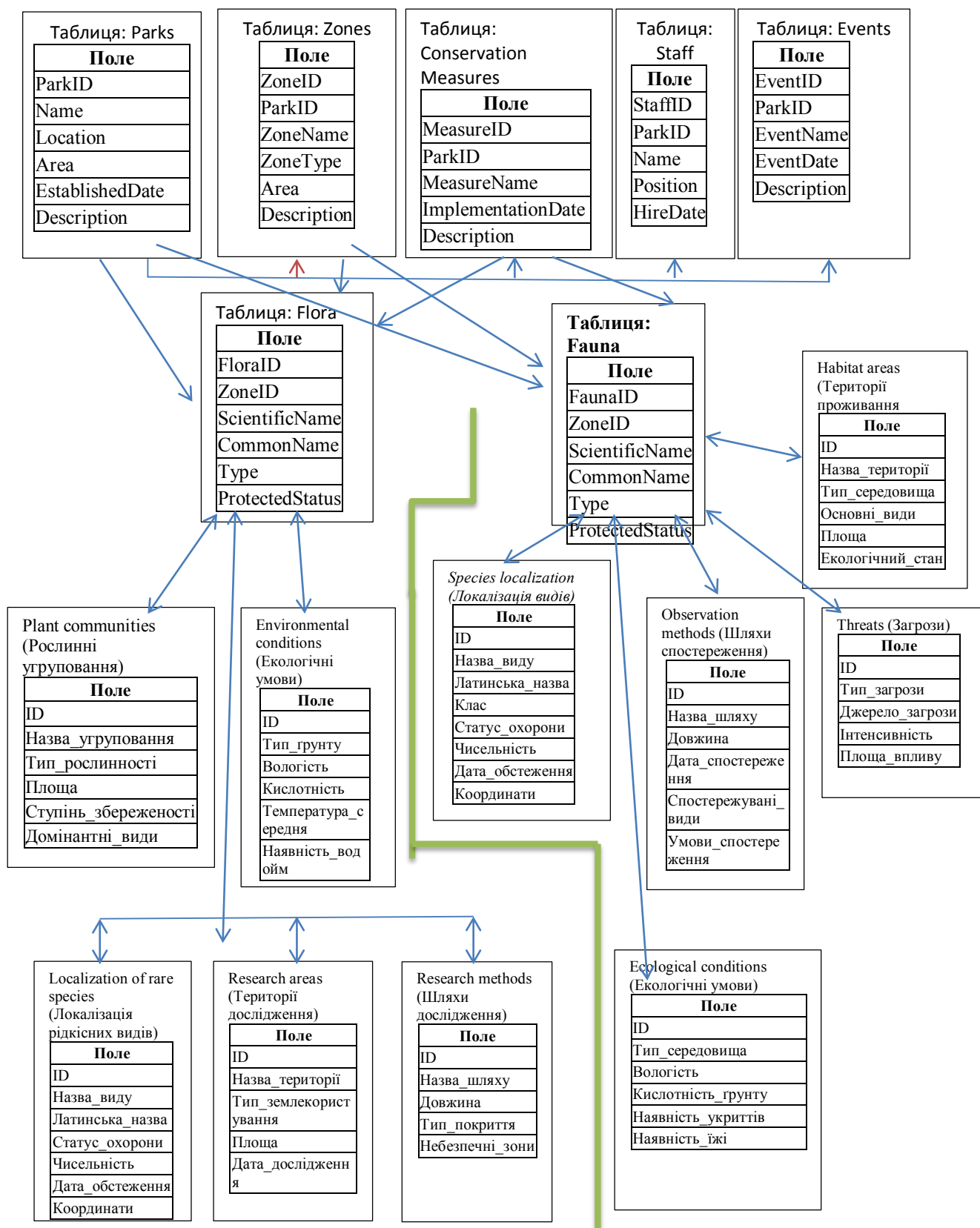
30. Методичні рекомендації до лабораторних занять з дисципліни «Геоінформаційні технології в географії». / Укладач: Гарбар О.В. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2021. 56 с.
31. Є. М. Крижановський Системний аналіз та проектування ГІС. Електронний навчальний посібник / Є. М. Крижановський, В.Б. Мокін, А.Р. Ящолт, Л.М. Скорина. Вінниця : ВНТУ, 2015. 27 с.
32. Гальченко Н. П., Козарь В. І. Структура бази даних для забезпечення геоінформаційного моніторингу земель природно-заповідного фонду. *Екологічна безпека*. 2019. Вип. 1. С. 32-37.
33. Рижок З. Методика створення та візуалізації картографічних даних з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2021. № 22. С. 174-178.
34. ГІС і заповідні території. *Матеріали науково-методичного семінару* (04–08 червня 2020 р.) / упоряд. С. В. Винокурова, Д. В. Дядін Харків. : Вид. група «Основа», 2020. 49 с.
35. Бідолах Д. І. Геоінформаційний моніторинг стану зелених насаджень із використанням методів дистанційного зондування. *Ukrainian journal of forest and wood science*. 2020. Vol. 11, № 2. С. 4-14.
36. Загородня С. Геоінформаційні технології для екологічної оцінки природно-заповідних територій. 87 *Екологічна безпека та природокористування*. 2016. № 3-4. С. 88–93.
37. Hopton M. E., Schoon M. L., Shuster M. D. Adaptive governance to promote ecosystem services in urban green spaces. *Urban Ecosystems*. 2016. Vol. 19. P. 77–93.
38. Смоляр Н.О., Зіміна В. Про доцільність створення регіонального ландшафтного парку в м. Полтава (Україна) // *Nowoczesna nauka: teoria i praktyka* : Mater. IV Międz. konf. nauk.-prakt. ; Pod red. Stanisława Kowalczyka. Warszawa : Nowa nauka, 2020. P. 54–56.

39. Гомля Л.М., Давидов Д.А. Флора вищих судинних рослин Полтавського району. Довідник Полтава: 2008. - 263 с.
40. Дядін Д. В. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Просторовий аналіз в охороні довкілля» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 101 – Екологія) / Д. В. Дядін; О. В. Хандогіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 24 с.
41. He, Hong S., David J. Mladenoff, Volker C. Radeloff, i Thomas R. Crow. 1998. «Integration of GIS Data and Classified Satellite Imagery for Regional Forest Assessment». *Ecological Applications* 8 (4): 1072–83. doi:10.2307/2640962.
42. Tretiak V., Lepetiuk V. Determination of transport accessibility in the formation of tourist routes using QGIS and GRASS GIS. *Urban development and spatial planning*. 2021. № 76. С. 297–307. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.297-307> (дата звернення: 11.09.2024).
43. Lei R. Assessment of changes in the quality of the environment in the lviv region on the basis of environmental indices of remote sensing. *Urban development and spatial planning*. 2023. № 84. С. 132–144. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.132-144> (дата звернення: 16.12.2024).

ДОДАТКИ

Додаток А

Схема бази даних для створення ГІС Полтавського міського парку



Загальна структура інформаційної системи

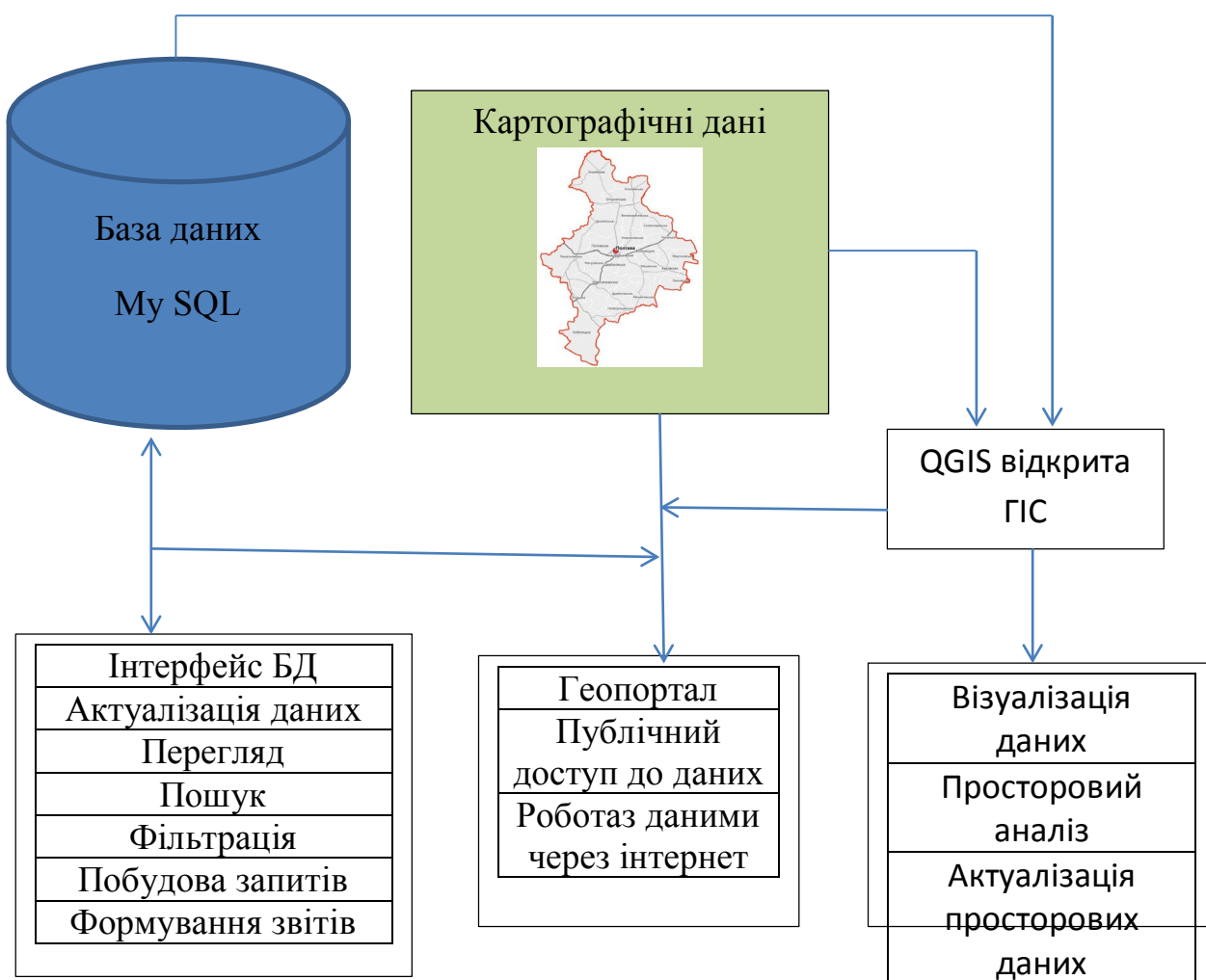


Фото Потавського міського парку 2023-2024 р



Рис 1. Картосхема дендропарку на вході з вул. Яківчанська



Рис 2. Картосхема велосипедних маршрутів з сторони головного входу



Рис 3. Головний вхід зима 2023

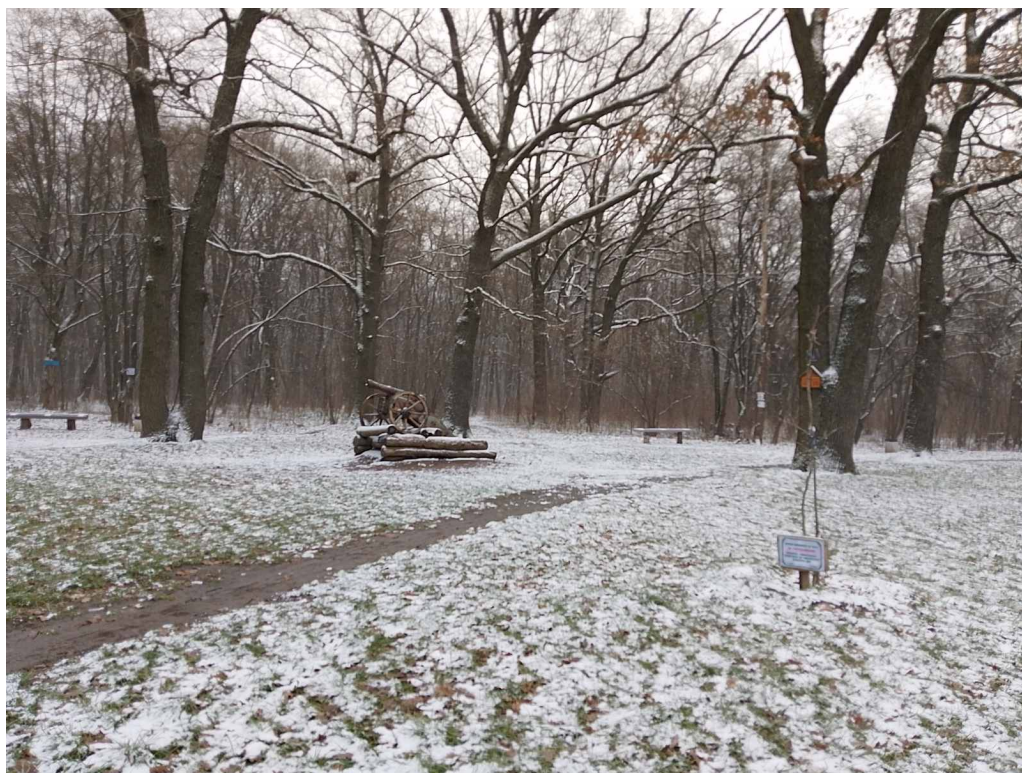


Рис 4. Головний вхід зима 2023



Рис 5. Сходи до каскаду озер зима 2023



Рис 6. Сходи до каскаду озер та інформаційні таблички зима 2023



Рис 7. Інформаційні таблички зима 2023



Рис 8. Спортивний майданчик біля входу у «Шведський ліс» зима 2023

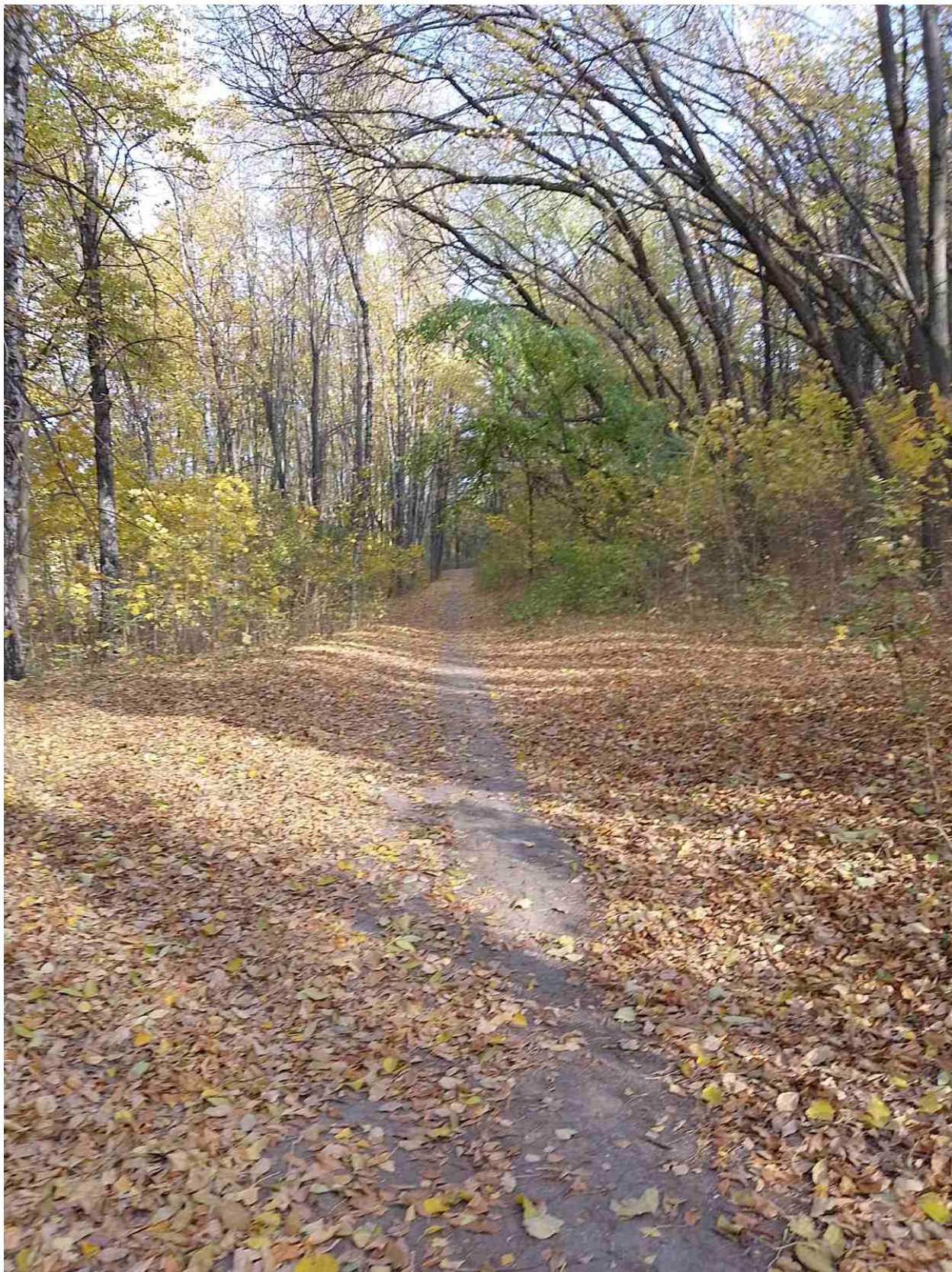


Рис 9. «Шведський ліс» осінь 2024



Рис 10. «Шведський ліс» Центральна алея осінь 2024



Рис 11. «Шведський ліс» осінь 2024

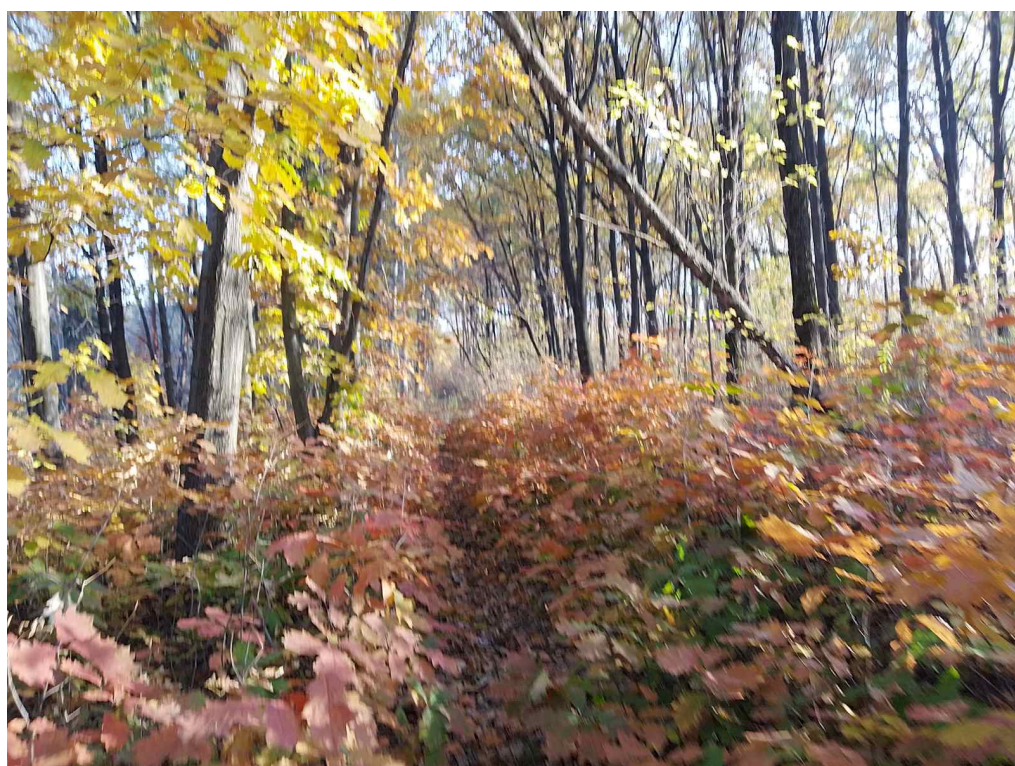


Рис 12. «Східна долина» осінь 2024



Рис 13. «4 ставок » – обміління після аномальної посухи осінь 2024

Зовнішній вигляд розробленої карти

