

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

**Пояснювальна записка**  
до магістерської дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Інформаційна технологія контролю екологічного стану міських  
рекреаційних зон

Виконав: студент 2 курсу, групи ІСТ-22дм  
126 «Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

Грицишина В. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лифар В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Київ – 2023 року

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра інформаційних технологій та програмування  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»  
(шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ІТП  
\_\_\_\_\_ д.т.н., доц. Захожай О.І.  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

### ЗАВДАННЯ

на магістерську дипломну роботу студенту

Грицишина Вероніка Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Інформаційна технологія контролю екологічного стану міських рекреаційних зон,

керівник роботи доцент, д.т.н. Лифар Володимир Олексійович,  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом університету від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи: 06 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали науково-дослідної практики, науково-методична література; дані інтернет-мережі .

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

4.1 Вступ

4.2 Аналітичний огляд питання (огляд публічних джерел інформації)

4.3 Основна частина, в якій висвітлити методи, які будуть використовуватися для реалізації проекту.

4.4 Практична частина – огляд технологій, які використовуються під час реалізації проекту.

4.4 Висновки

4.5 Перелік використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

---

---

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2023р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Одержання завдання на виконання роботи	20.10.2023	
2.	Укладання і погодження з керівником плану і етапів виконання роботи	24.10.2023	
3.	Узагальнення даних літературних джерел	28.10.2023	
4.	Аналіз шляхів виконання завдання. Вибір і погодження з керівником оптимального шляху виконання завдання	01.11.2023	
5.	Аналіз технічних засобів та існуючих систем	07.11.2023	
6.	Реалізація практичної частини завдання	24.11.2023	
7.	Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником	05.12.2023	
8.	Здача пояснювальної записки на кафедрі	06.12.2023	
9.	Підготовка доповіді та презентації	09.12.2023	

Студент \_\_\_\_\_ Грицишина В.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лифар В.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота: 98 стор., 1 табл., 18 рис., 54 джерела.

Об'єкт досліджень – Процеси збирання та опрацювання інформації для забезпечення контролю за екологічним станом рекреаційних зон, що розташовані у сучасних містах, з великим антропогенним та техногенним навантаженням.

Мета роботи – розробка інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон.

Проведено огляд джерел та визначені основні невирішені питання в інформаційних технологіях. Розроблено підхід до проектування інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон на основі проведеної характеристики об'єктів дослідження. Представлені математичні моделі щодо використання зображень ДЗЗ, їх удосконалення для цілей дослідження та представлено алгоритм автоматизації процесу польоту БПЛА за визначеними базисними точками. На основі представлених моделей та алгоритмів вирішена задача автоматизації контролю екологічного стану рекреаційних зон та наведена їхня програмна реалізація з використанням апроксимації функцій та теорії сплайнів.

Прогнозні припущення про розвиток об'єкта дослідження – отримані дані можуть бути використані при відновленні Луганської області після деокупації при реалізації процесів дистанційного обстеження окремих територій щодо змін та наслідків, що виникли в результаті військових дій.

Галузь застосування – охорона навколишнього середовища в областях України, екологічний моніторинг рекреаційних зон та зон відпочинку, інформаційні технології в екології.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ, ПОБУДОВА РУХУ БПЛА, ПОЛЮСНА ТОЧКА, СКЛАДНА СИСТЕМА, МЕТОД ОНТОЛОГІЙ.

## ABSTRACT

Master's thesis: 98 pages, 1 table, 18 figures, 54 sources.

The object of research is the processes of collecting and processing information to ensure control over the ecological condition of recreational areas located in modern cities with a large anthropogenic and technological load.

The purpose of the work is the development of information technology for monitoring the ecological state of urban recreation areas.

A review of sources was conducted and the main unresolved issues in information technologies were identified. An approach to the design of information technology for monitoring the ecological state of urban recreation areas based on the characterization of the research objects has been developed. Mathematical models regarding the use of UAV images, their improvement for research purposes are presented, and the algorithm for automating the UAV flight process based on the defined base points is presented. On the basis of the presented models and algorithms, the task of automating the control of the ecological state of recreational zones is solved and their software implementation using function approximation and spline theory is given.

Prognostic assumptions about the development of the research object - the obtained data can be used in the restoration of Luhansk region after de-occupation in the implementation of remote survey processes of individual territories regarding changes and consequences that occurred as a result of military operations.

The field of application is environmental protection in the regions of Ukraine, ecological monitoring of recreational areas and rest areas, information technologies in ecology.

INFORMATION TECHNOLOGY, AUTOMATION OF ENVIRONMENTAL CONTROL PROCESSES, UAV MOVEMENT STRUCTURE, POLE POINT, COMPLEX SYSTEM, ONTOLOGY METHOD.

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 Питання автоматизації контролю екологічного стану довкілля	11
1.1 Історичний огляд розвитку методів моніторингу екосистем для здійснення контролю їх стану	11
1.2 Рекреаційна зона як складна система та об'єкт дослідження	13
1.3 Обґрунтування обраних методів для автоматизації контролю міських рекреаційних зон	16
1.4 Висновок до першого розділу	20
2 Характеристика об'єктів дослідження та проектування інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон	22
2.1 Загальна характеристика об'єктів дослідження для розробки технології екологічного контролю	22
2.2 Вхідні дані та обмеження для створення інформаційної технології контролю рекреаційних зон Ужгорода	25
2.3 Моделювання процесів контролювання основних параметрів за різночасовими даними	29
2.4 Розробка алгоритму маршрутизації БПЛА за описом території дослідження сплайнами	36
2.5 Висновок до другого розділу	42
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РЕКРЕАЦІЙНИХ ТЕРИТОРІЙ	44
3.1 Технологія обробки інформації, наведеної у графічних форматах	44
3.2 Застосування методу онтологій для прив'язки точок заданого маршруту дистанційного контролю стану території	53
3.3 Програмна реалізація маршрутизації БПЛА для автоматичного контролю стану рекреаційної зони	62

3.4 Висновок до третього розділу	65
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТКИ	74

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Контроль екологічного стану міських рекреаційних зон виявляє найгострішу проблему сьогодення – забруднення довкілля в місцях проживання людини. Актуальність досліджень визначається зростанням вимог до підвищення оперативності та повноти інформації при проведенні контролю стану складного об'єкта з метою створення оптимальних форм управління екологічною безпекою місць, призначених для оздоровлення та відпочинку громадян. Подібні дослідження проводяться як контактними методами, так і методами дистанційного моніторингу. Проте при теперішньому розвитку інфраструктури та інформаційних технологій найбільш ефективно проявляє себе поєднання даних методів. Це логічно пояснюється тим, що контактні методи дозволяють одночасно досліджувати фізичні, хімічні, біологічні параметри досліджуваного об'єкту, а за допомогою дистанційних методів проводиться не лише географічна прив'язка результатів, що були отримані за допомогою контактних методів, а й здійснення спостереження за динамікою змін, побудова тривимірних моделей, оцінка антропогенного навантаження безпосередньо на стан рекреаційних зон.

Слід зазначити, що в Україні рекреаційні зони є одним з важливих природних факторів, які мають вплив на формування розвитку суспільства і держави. Залежність суспільства від рекреації зростає, підвищуються вимоги до якості. Дослідження рекреаційних зон кожного регіону є актуальним з точки зору вивчення закономірностей функціонування екосистем в зв'язку з надмірним антропогенним навантаженням, яке призводить до незворотних змін. Яскравим прикладом таких інтенсивних змін були міські рекреаційні зони міст Сєвєродонецьк, Лисичанськ, Рубіжне, Кремінна на Луганщині.

Реалізація комплексних методів досліджень щодо кожного конкретного природного об'єкту передбачає якісний аналіз та структурування проблеми, формування певних критеріїв оцінки, створення моделі складної екологічної



системи, розроблення відповідної процедури оцінювання її стану та можливості прогнозування подальшого розвитку.

Фундаментальні підходи до вивчення водних екосистем розроблені багатьма науковцями як в Україні, так і за кордоном. Значний внесок у розвиток дослідження екологічного стану зон відпочинку зробили С.О. Довгий, Р. Е. Пащенко, Г. Я. Красовський та ін. Проте, не зважаючи на змістовні багаторічні дослідження, тема розробки та застосування інформаційних технологій контролю екологічного стану міських рекреаційних зон з кожним роком стає все більш актуальною.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є розробка інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон.

Для досягнення поставленої мети будуть вирішені наступні задачі:

– проаналізувати сучасні джерела стосовно теми дослідження з метою визначення невирішених раніше проблем чи актуальних питань, вибір та обґрунтування методів дослідження, а також можливих підходів до реалізації інформаційної технології;

– запропонувати теоретичні основи для вирішення актуальних питань, представити математичні моделі та методи вирішення щодо створення інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон;

– розробити моделі та алгоритми виконання задач з екологічного контролю території та запропонувати їх програмну реалізацію.

**Об'єкт дослідження.** Процеси збирання та опрацювання інформації для забезпечення контролю за екологічним станом рекреаційних зон, що розташовані у сучасних містах, з великим антропогенним та техногенним навантаженням.

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є алгоритми, методи та підходи збирання та аналітичного опрацювання інформації, що характеризує

екологічний стан, для створення автоматизованої системи контролю безпечного середовища міських рекреаційних зон.

В роботі використано методи математичного моделювання, статистичної обробки даних та комп'ютерного експерименту.

**Наукова новизна одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає у тому, що удосконалено підхід з виконання дослідження території, що здійснювався на основі контактного забору проб з наступним прогнозуванням та нанесенням на карту змін шляхом поєднання контактних та дистанційних методів дослідження у одній технології, а також запропоновано програмний модуль для коригування растрових знімків (карт, нечітких знімків ДЗЗ), шляхом описування кривими (векторами) окремих особливостей території, за якими можна побудувати рух безпілотного літального апарату для здійснення контролю на місцевості.

**Практичне значення одержаних результатів.** Виконано програмну реалізацію модулю обробки інформації, наведеної у графічних форматах та розроблена програма маршрутизації за описом маршруту проходження літального апарату над територією дослідження сплайнами.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні результати проведених досліджень були використані в роботі Приватної наукової установи «Центр економіко-правових досліджень» (Додаток А).

**Публікації.** Kryazhych O., Itskovych V., Iushchenko K., Hrytsyshyna V., Bruvier D., Nykytyuk V., Bodnarchuk I. (2023) The use of abstract moore automaton to control the sensors of a service-oriented alarm and emergency notification network. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 109, no 1, pp. 111–120. (Публікація в українському виданні, категорія Б) (Додаток Б).

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку літератури з 54 найменувань та 6 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 98 сторінки, з них 73 сторінки основного тексту, який містить 18 рисунків та 1 таблицю.

# 1 ПИТАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

## 1.1 Історичний огляд розвитку методів моніторингу екосистем для здійснення контролю їх стану

Екологія в даний час перетворилася в одну з головних міждисциплінарних синтетичних наук [1], до якою дотичними стали і комп'ютерні науки [2]. Це обумовлене тим, що пізнання екологічних закономірностей необхідно для вирішення провідних проблем, пов'язаних з розвитком і реконструкцією промислових об'єктів і для розуміння взаємозв'язку людини з навколишнім середовищем, питань, які виникли через нераціональне природокористування та загрози, що виникає через антропогенне та техногенне навантаження на довкілля [3].

Шляхи вирішення екологічних питань, стратегія екологічної безпеки і стійкого розвитку є найактуальнішими питаннями управління життєдіяльністю людини на загальносвітовому рівні [1]. У колі світових лідерів, науковців та технічних фахівців йдуть постійні дискусії в процесі роботи над концепцією безпеки на базі системного контролю стану довкілля.

Наприкінці 60-років багато країн усвідомили, що необхідно скоординувати зусилля зі збору, збереженню і переробці даних про стан навколишнього середовища. У 1972 р. в Стокгольмі пройшла конференція з охорони навколишнього середовища під егідою ООН, де вперше виникла необхідність домовитися про визначення поняття «моніторинг», де й було вирішено, що під моніторингом довкілля будуть розуміти комплексну систему контролю змін стану навколишнього середовища під впливом антропогенних факторів. Термін з'явився як доповнення до терміну «контроль стану навколишнього середовища» [4].

Слід зазначити, що Україна з моменту становлення як самостійної держави, стала приділяти значну увагу екологічному контролю з метою

забезпечення захисту навколишнього середовища. В Україні діє «Положення про Державну систему моніторингу довкілля», впроваджене Постановою Кабінету міністрів України № 391 від 30 березня 1998 року [5] зі змінами і доповненнями на теперішній час, у якому визначені основні завдання контролю навколишнього природного середовища.

Аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду дослідження екосистем, показує, що задачі їх збереження і відновлення можуть бути реалізовані лише при активному впровадженні в управління об'єктами контролю сучасних інформаційних технологій. Серед інформаційних технологій екологічного спрямування слід виділити технології комплексного моніторингу екосистем на основі інформаційно-ємних екологічних індикаторів, технології формування комп'ютерних банків даних за результатами комплексного та локального моніторингу, ГІС/ДЗЗ-технології, інформаційно-аналітичні технології обробки результатів дистанційного зондування та полігонно-калібрувальних вимірювань.

Останнім часом найбільший науковий розвиток отримали технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу. Зокрема, цей напрям екологічного контролю широко розповсюджений у США, Канаді, країнах Європейського Союзу з метою оперативного управління національно-природними парками, заповідниками, сільськогосподарськими угіддями, а також застосування у прикладних сферах природоохоронної діяльності.

Слід зазначити, що існує великий обсяг робіт, присвячених використанню методів дистанційного зондування Землі для вирішення задач природокористування, які можна умовно розподілити за історичними етапами розвитку:

– кінець 20-х – початок 40-х років ХХ століття ознаменувалося використанням аерофотозйомки для моніторингу земельних угідь, лісів та водних акваторій. В цей період вийшли роботи Е.І. Ейхвальда [6], Е. Рюле [7]. С. Кульчицького [8] та інш.;

– кінець 40-х – кінець 80-х років ХХ століття, тобто період, якому характерний розвиток космічної техніки і створення перших знімків Землі з космосу, що знайшло деяке відображення у роботах В.Г. Бондарчука [9], П.К. Заморія [10] та інш.;

– кінець ХХ ст. – початок ХХІ ст. обумовлений якісно новими методами і технологіями ДЗЗ. Тут можна вказати інститути України, які працювали за зазначеним напрямком, зокрема: Центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України, Український інститут досліджень навколишнього середовища і ресурсів, Інститут проблем математичних машин і систем НАН України та ін. Основні досягнення стосуються, в основному, розробки сучасних методів аерокосмічних зйомок, обробки знімків, інтерпретації одержаних матеріалів та розробки відповідних систем підтримки прийняття рішень на основі даних ГІС/ДЗЗ. Це представлено в роботах С.О. Довгого [11], Р.Є Паценка [12], Г.Я. Красовського [13] та інш.

Проте, не зважаючи на активний розвиток інформаційних технологій, проблемам автоматизації екологічного контролю екосистем місцевого значення приділяється відносно незначна увага. В даний час, одним з основних напрямів вивчення структурно-функціональної організації і динаміки рекреаційних зон взагалі є біогеографічні дослідження [14]. При цьому абсолютний пріоритет надається натурним дослідженням біоценозів і їх компонент на окремих модельних об'єктах без інтеграції і екстраполяції на схожі території. Сюди відносяться і рекреаційні зони, як частки унікальних природних біоценозів.

## **1.2 Рекреаційна зона як складна система та об'єкт дослідження**

Рекреаційною зоною розуміються ландшафти з озелененням та водною поверхнею у межах міської забудови для відпочинку населення [15]. Рекреаційну зону можна розглядати як біоценоз (штучно створений чи

природний), з рослинами, тваринами, певними характеристиками довкілля [16].

Рекреаційну зону можна розглядати як складну систему [17], що складається з низки компонентів, пов'язаних один з одним тісною взаємодією. У працях [18 – 19] екосистема розглядається, як один з видів складних систем, бо аналізовані процеси розглядаються саме через складність відтворення, моделювання. Це обумовлено обмеженнями, які неодмінно виникають в процесі моделювання поведінки – різні властивості об'єктів, що утворюють складну систему, нелінійність зв'язків між підсистемами складної системи, спонтанний порядок, адаптація та цикли зворотного зв'язку.

Щоб алгоритмізувати процеси, що протікають у складній системі рекреаційної зони, можна представити таку систему як мережу, де вузли представляють компоненти та зв'язки між ними. У цьому випадку дослідження складної системи можливе через колективну або загальносистемну поведінку окремих компонентів. Тоді пояснити модель системи можливо з точки зору їх складових частин та індивідуальних взаємодій між ними.

Досліджуючи екологічний стан, складну систему можна представити за роботою [20], через наступні зв'язки між окремими компонентами або об'єктами системи:

$$S_n = \{(Y_n \in Y) \wedge (X_n \in X) \wedge (U_n \in U) \wedge (\Xi_n \in \Xi)\}. \quad (1.1)$$

У цьому випадку ситуація щодо забруднення рекреаційної зони виступатиме за (1.1) через стани системи  $S_1, S_2, \dots, S_n$ . Тобто, процес забруднення довкілля – не одномоментний, а розглядається на якомусь відрізку часу. Кожен випадок зміни стану системи  $S_n$  може бути охарактеризований конкретними показниками стану  $Y_n, X_n, U_n$ . А пов'язані ці показники фактором ризику виникнення ситуації  $\Xi_k$ .

Модель стану складної системи (1.1) розглядається, як кон'юнкція  $\wedge$ , тобто, об'єднуюча операція. Це обумовлено певним «збігом» впливу негативних факторів на складну систему, які підсилюються в якийсь момент часу  $T_n \in T^\pm$  на певному відрізку функціонування системи:

$$\begin{aligned} Y_s &= \hat{Y}[T_s]; X_s = \hat{X}[T_s]; U_s = \hat{U}[T_s]; \Xi_s = \hat{\Xi}[T_s]; \\ T_s &= \{t_s | t_s > t_{s-1}\}; T_s \in T^\pm; T^\pm = \{t | t^- \leq t \leq t^+\}; \\ Y &= (Y_i | i = \overline{1, m}); X = (X_j | j = \overline{1, n}); \\ U &= (U_q | q = \overline{1, Q}); \Xi = (\Xi_p | p = \overline{1, P}), \end{aligned} \quad (1.2)$$

де:

$Y$  – множина параметрів  $Y_i$ , які означають характеристики стану системи;

$X$  – множина параметрів  $X_j$ , які позначають технологічні чи деструктивні впливи;

$U$  – керуючі параметри  $U_q$ , що надають суттєвий вплив на розвиток складної системи в цілому;

$\Xi$  – множина факторів ризику  $\Xi_p$ ;

$\hat{Y}[T_s], \hat{X}[T_s], \hat{U}[T_s], \hat{\Xi}[T_s]$  – множини відповідних значень на момент часу функціонування складної системи  $T_s$ ;

$T^\pm$  – період функціонування складної системи.

Враховуючи вплив (1.2) на модель (1.1) алгоритмізацію екологічних процесів, що відбувається в складній системі міських рекреаційних зон можна розглядати як функцію  $y = f(x, t)$  [20]. Ця функція дозволяє будувати процес контролю стану екосистеми через деяку точку вимірів стану  $x$ , на момент часу  $t$ . У такому випадку  $y$  може розглядатися, як результат. При змінах результату у точці  $x$ , наприклад, на  $h$ , функція  $f(x, t)$  перетворюється на функцію  $y(t) = f(h, t)$ . Такі точки зі зміною результату можуть утворювати ряд значень, який і дозволить отримати інформацію про стан складної системи на заданий момент часу. Саме такий підхід і можна використати для алгоритмізації процесів контролю стану довкілля міських рекреаційних зон.

### **1.3 Обґрунтування обраних методів для автоматизації контролю міських рекреаційних зон**

Контроль екологічного стану середовища має 3 види: державний, громадський і виробничий [15]. В залежності від форми контролю виділяють попереджувальний, поточний і на перспективу [21].

Попереджувальний контроль націлений на стадії, що передують господарській діяльності в зоні дослідження. Тобто, на цій стадії, визначається, наскільки небезпечним може бути той чи інший вид господарської діяльності на терені рекреаційної зони.

Поточний контроль відбувається в процесі використання рекреаційної зони. Тут контролюється вплив на довкілля з боку людини, аналізуються фактори, що погіршують стан рекреаційної зони, визначаються точки контролю, збираються дані для наступної стадії контролю.

Контроль на перспективу або подальший екологічний нагляд здійснюється на основі аналізу фактів щодо подій, які вже відбулися. Дані, які були отримані на етапі поточного контролю, можуть бути використані для прогнозування та планування природоохоронних та відновлювальних заходів.

Автоматизації процесів піддається така форма екологічного контролю, як інформаційна [15]. Такий контроль здійснюється через системи моніторингу та державного статистичного спостереження. В Україні існує автоматизована система здійснення екологічного контролю – ОКСЕМ [22]. Але робота [23] критично зазначає відносно проблем, що залишилися відкритими при розробці подібної системи та вказує на необхідність багатофакторного підходу при розробці технологій контролю екологічного стану територій. Зокрема, рекомендується використання нових, сучасних методів та інструментів контролю [24], а також їх грамотна інтеграція [25].

Для проведення досліджень міських рекреаційних зон використовують контактні та дистанційні методи моніторингу. Контактні методи є найбільш розробленими, бо використовуються з кінця XVIII століття. Проте вони є



менш точними та більш витратними при дослідженні великих територій. Ефективність контактних методів моніторингу та контролю можна суттєво підвищити за рахунок застосування технологій дистанційного зондування Землі [13]. В їх основі лежать методи отримання інформації дистанційно, на відстані від об'єкта контролю, що не заважає використовувати об'єкти спостереження за призначенням.

Останнім часом подібні дослідження проводяться за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [25]. Для БПЛА, на відміну від космічних апаратів, для ДЗЗ не потрібно враховувати ступень прозорості земної атмосфери для хвиль відповідного діапазону, а також характер їх взаємодії з земними утвореннями. Це обумовлено тим, що характер відбитої сонячної радіації дуже чутливий до таких параметрів земних утворень як концентрація хлорофілу у фітоценозах і зважених органічних і мінеральних речовин у поверхневих водах, вологості і складу ґрунтів. Але саме космічне зондування Землі в оптичному діапазоні може виконуватись тільки вдень і при відсутності хмар над районом зйомки. В тепловому інфрачервоному діапазоні можна виявляти варіації фізико-хімічних параметрів природних утворень по їх температурним змінам як вдень, так і вночі. Зйомка у надвисокочастотному діапазоні чутлива до геометричних і діелектричних характеристик поверхонь, що зондуються.

При використанні БПЛА для контролю стану екосистем враховуються наступні переваги:

- високу оглядовість, можливість одержання миттєвої інформації про територію;
- можливість переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу показників (фотозйомка та відеозйомка);
- можливість одержання інформації у важкодоступних місцях;
- високий рівень точності інформації у прив'язці до місцевості [26].

Потенційні переваги методів ДЗЗ за допомогою БПЛА найбільш значимі

у сфері глобального моніторингу та контролю навколишнього природного середовища, де оглядовість матеріалів і генералізація інформації грають досить істотну роль, а також на рівні національного контролю територій державного значення, особливо гірських чи лісистих місцевостей [27]. Однак і на рівні регіонального або об'єктового моніторингу складових навколишнього природного середовища методи ДЗЗ суттєво доповнюють можливості традиційних технологій. Тому при вирішенні практичних завдань підтримки рішень, пов'язаних з управлінням екологічною безпекою міських рекреаційних зон доцільно орієнтуватись на комплексне використання контактних і дистанційних методів. У цьому випадку результати вимірів контактними методами можна використати для оцінок точності вимірів дистанційними, а також для переходу від відносної шкали оцінок параметрів стану складових довкілля до абсолютної. У свою чергу, дистанційні методи дозволяють перейти від вимірів в окремих пунктах певної території до безперервної картини просторового розподілу розглянутих показників і оптимізувати локалізацію пунктів їх вимірів контактними методами.

Зазначене стало надактуальним останнім часом, коли внаслідок негативного впливу людей на довкілля виникла потреба в організації періодичних та безперервних довгострокових спостережень, оцінках ситуації в цілому з метою постійного контролю змін зон, де постійно проживають та відпочивають громадяни. Наприклад, такі дослідження проводилися у Сєвєродонецьку на Луганщині, коли вивчався стан забруднення у парковій зоні довкола озера [28]. Недолік такого дослідження – використання даних тільки контактних методів контролю з наступною прив'язкою до карти місцевості. Тому є можливість розвинути зазначений підхід шляхом поєднання маршруту БПЛА для візуалізації стану зони дослідження та точок контактного відбору проб. Це дозволить створити технологію, яка не просто поєднає в собі сучасні методи екологічного контролю зон відпочинку, а й збільшить можливості щодо повноти інформації стосовно об'єкту дослідження.

Саме тому пропонується розвинути підхід, використаний у зазначеній роботі [28], доповнити окремим модулем опису напрямку маршруту дослідження векторами для прокладання шляху, за яким рухатиметься БПЛА від точки до точки. Крім того, можна розширити використання знімків дистанційного зондування Землі, отриманих з відкритих джерел, наприклад таких, як дані супутника на Google картах. Використовуючи такі знімки для дослідження невеликих за розміром локальних територій, виникає проблема «розмитості» растрових зображень. Опис таких зображень сплайнами дозволить зробити їх більш чіткими та проводити порівняння результатів стану територій, отриманих з космосу та з БПЛА. У підсумку, програмний продукт з роботи [28] можна буде представити у якості інформаційної технології для екологічного контролю, де контактні методи поєднуються з дистанційними, відбувається порівняння стану за різночасовими даними, а у підсумку будується маршрут БПЛА для автоматичного контролю території дослідження та отримання знімків з зазначених полюсних точок.

Варто підкреслити, що застосування безпілотних літальних апаратів дозволяє досліджувати об'єкти земної поверхні без безпосереднього контакту з ними на відстані, тобто, дистанційно. Це не заважатиме відпочиваючим у рекреаційних зонах та не потребуватиме додаткових витрат на повторні контактні дослідження. Загальна фізична основа таких методів – функціональна залежність між зареєстрованими знімком параметрами об'єкта та його характеристиками, включаючи просторово-часовий стан.

З метою більш повного і раціонального використання рекреаційних територій в межах міст їх всебічно вивчають спеціалісти з лімнології, гідрології, метеорології, біології, біохімії, біофізики, геоморфології та інші. Будь-які нові відомості, одержані про стан довкілля в містах скупчення людей, становлять практичний інтерес для науки, але мають різні формати та шляхи доступу до них. Тому доцільним є створення єдиного інформаційно-аналітичного середовища з використанням класифікації, систематизації та візуалізації логіко-ієрархічних зв'язків між поняттями предметної області

досліджуваного водного об'єкту, що надасть можливість виявляти принципово нові раніше невідомі взаємозв'язки, інтегрувати різноформатні інформаційні ресурси (результати досліджень, отримані різними фахівцями за допомогою різних методів в різний час) для формування інформаційної бази даних впливу антропогенних факторів на еколого-відновний потенціал довкілля, що сприятиме активному аналізу проблематики і пошуку найефективніших рішень.

Для дослідження рекреаційної зони міста використовують наступні методи: визначення гідрохімічних характеристик озерних і прибережно-водних об'єктів, визначення стану ґрунтів, виявлення інвазійних рослин, обробка знімків, експерименти з можливості самовідновлення зони дослідження, статистичний аналіз і обробка даних тощо. Методика відпрацювання полягає у наземній прив'язці характеристик, отриманих в результаті натурних експериментів та дослідження проб ґрунту і води, а також ландшафтно-екологічних умов пляжних та прибережних територій рекреаційної зони.

На основі зібраних у процесі дослідження рекреаційної зони матеріалів роблять його опис, складають таблиці температури повітря і води, прозорості й кольору води, особливостей місцевості, розподілу рослинності на території рекреаційної зони. Результати досліджень можна об'єднати в онтології паспорта об'єкту, навіть, якщо це невелика рекреаційна зона. Візуалізація результатів, особливо за допомогою веб-технологій, дозволить фахівцям різних напрямків швидко отримувати інформацію про стан території та вчасно розробляти і застосовувати заходи з покращення ситуації екосистеми об'єкта як частину біогеоценозу з різних позицій його антропогенного використання.

#### **1.4 Висновок до першого розділу**

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» визначено теоретичні основи створення інформаційних технологій контролю

екологічного стану міських рекреаційних зон. Проаналізовані основні роботи із зазначеної теми, виявлені існуючі проблеми та зазначені можливі шляхи їх вирішення, зокрема:

1) існуюча в Україні автоматизована система здійснення екологічного контролю ОКСЕМ є дещо застарілою та використовує у своїй роботі чітко визначені параметри, які не можливо змінювати для врахування особливостей території дослідження;

2) технології, що можливо застосовувати для контролю невеликих рекреаційних зон мають обмежений функціонал, не пристосовані для роботи з новітніми інструментами та засобами моніторингу і контролю екологічного стану довкілля та зорієнтовані, переважно, на обробку даних, отриманих контактними методами, що є доволі витратно;

3) оптимальним рішенням для створення сучасної інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон може виступити поєднання контактних і дистанційних методів моніторингу територій у програмній реалізації з розрахунку необхідних точок для забору проб та точок прив'язки маршруту БПЛА, який здійснюватиме зйомку стану території з наступним отриманням візуальної інформації для підтвердження екологічного стану рекреаційних зон. Крім того, в інформаційній технології доцільно створити модуль, який дозволить працювати з растровими зображеннями ДЗЗ отриманими з відкритих джерел та проводити порівняння із поточним станом того самого об'єкту, отриманого за допомогою БПЛА. Це дозволить порівнювати зміни, що відбуваються та своєчасно запускати БПЛА по розробленому маршруту для оперативного надання даних про всі зміни, в тому числі – для контролю окремих задач за запитом спеціалістами різних галузей.

## **2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МІСЬКИХ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН**

### **2.1 Загальна характеристика об'єктів дослідження для розробки технології екологічного контролю**

Місто Ужгород на Закарпатті розташоване на річці Уж. Висота над рівнем моря приблизно 120 м. Територія міста – 41,56 км<sup>2</sup>. Протяжність міста в середньому 5-12 км. Зовсім поряд з містом проходить кордон зі Словаччиною.

В м. Ужгород існує декілька міських рекреаційних зон, сформованих на основі озерної екосистеми. Це – озера у Боздоському парку, озеро Цегельне та озеро Старий кар'єр. В межах міста знаходиться міська рекреаційна зона зі спортивним комплексом Оріховецьке озеро. Крім того, на річці Уж сформовано декілька локальних рекреаційних зон. Як правило, більшість із них не є обладнаними для культурного відпочинку територіями і представляють собою стихійні місця для прогулянок, піших мандрівок та відпочинку.

Маленькі стихійні рекреаційні зони на озері Цегельному, як і зони відпочинку на р. Уж не є цікавими для дослідження, бо уявляють зони тимчасового користування. Найбільшими міськими рекреаційними зонами вважаються зона у Боздоському парку та зони довкола озер Старий кар'єр та Оріховецьке. Зазначені зони і виступлять об'єктами дослідження у кваліфікаційній роботі.

Зона відпочинку, яка є центральною рекреаційною зоною Ужгорода – Боздоський парк. Статус парку було надано у 1969 році з метою збереження природного різноманіття та створення території відпочинку громадян, хоча сам парк було закладено у 1954 році [29]. У парку є зелені зони, створені з місцевих та привезених порід, атракціони, господарські споруди. У парку

наявні мінеральне джерело, альтанки, паркувальний майданчик для автомобілів. Наявні озера не впорядковані, захищені територіями стихійного відпочинку. Озера наповнюються частково від джерел та річки Уж, тому наявна слаба течія. Спостерігається засмічення території довкола озер та забруднення води. Доступ в зону озер – безкоштовний. Фрагмент схеми парку із зображенням одного з об'єктів дослідження, наведено на рис. 2.1

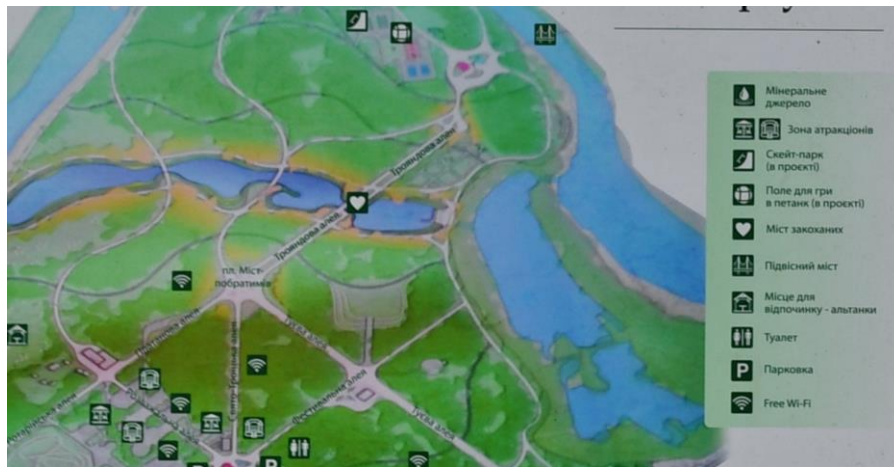


Рисунок 2.1 – Фрагмент схеми з каскадом озер Боздоського парку (фото виконано з рекламного щита на вході до парку)

Рекреаційна зона озера Старий кар'єр – майже не обладнана для культурного відпочинку. Це – робоча площадка колишнього гранітного кар'єру, який функціонував з 1912 по 1970 роки, виробітку якого наразі заповнила вода. Біля озера розташоване кафе. Довкола – техногенний пейзаж, який захопила природа (рис. 2.2). Пляжі не обладнані, засмічені відпочивальниками, дорога до озера не упорядкована як для пішоходів, так і для легкового транспорту. Відпочинок безкоштовний. Є зручні майданчики для встановлення наметів.



Рисунок 2.2 – Загальний вид рекреаційної зони Старий кар'єр

Друга зона – Оріховецьке озеро – має великий спортивно-тренувальний комплекс. Наразі для цієї рекреаційної зони характерне доглянуте довкілля, красиві краєвиди, наявність шляхів доступу та чиста вода озера, що живиться від гірського струмка (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Загальний вид рекреаційної зони Оріховецьке озеро



Ця територія формувалася як рекреаційна ще у радянські часи. Тут була зроблена штучна водойма та поставлене обладнання для рятувальників. Потім тривалий час озеро було у закинутому стані та заросло очеретом. У теперішній час тут побудовано великий спортивний комплекс, є обладнані пляжі з душовими і біотуалетами. Наявні вігвами для ночівлі, заклади харчування. Є централізоване прибирання та вивіз сміття. Відпочинок платний.

Середня річна температура повітря на територіях зазначених рекреаційних зон становить  $+8,2^{\circ}\text{C}$ , січня  $-2,5^{\circ}\text{C}$ , липня  $+19,2^{\circ}\text{C}$ . Сумарна сонячна радіація сягає  $3400-3800$  мДж/м<sup>2</sup> на рік, а тривалість сонячного сяння – 1750 год/рік. Протягом року випадає 550-620 мм опадів, з них за теплий період припадає 370- 450 мм і холодний – 150-180 мм. Сумарне випаровування становить 650-700 мм на рік. Сніговий покрив утримується менше 60 днів. Коефіцієнт зволоженості коливається в межах 2,4-2,8, а гідротермічний коефіцієнт – 1,3-2,0 [30].

Тенденцією останніх років територій дослідження є стрімкий приріст населення м. Ужгород. Фактор зростання населення – внутрішня міграція у зв'язку з активними бойовими діями на території низки областей, в результаті чого з'явилася така категорія, як внутрішньо переміщені особи. Закарпаття вважається самою спокійною зоною України, там навіть відсутня комендантська година. Ряд редислокованих підприємств розгорнули роботу, тому з'явилися додаткові робочі місця. Також важливу роль відіграє близькість до Ужгороду кордонів інших держав, що підсилює сезонну міграцію населення у туристичних та рекреаційних цілях.

## **2.2 Вхідні дані та обмеження для створення інформаційної технології контролю рекреаційних зон Ужгорода**

Рекреаційні зони м. Ужгород є великими за площею територіями. Представлення на знімках супутника досліджуваних зон наведено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Представлення досліджуваних зон на супутникових знімках:  
а) у Боздоському парку; б) Старий кар'єр; в) Оріховецьке озеро

При проведенні контролю стану рекреаційної зони озер використовують низку показників [22]. Деякі можна використати у якості вхідних параметрів для створення інформаційної технології контролю рекреаційних зон. Деякі виступатимуть обмеженнями, і їх вимір буде і надалі здійснюватися контактними методами, результати вимірів яких буде вноситися до програмного продукту. При моделюванні ці показники використовуватимуться у якості обмежень, бо прогнозовані параметри не повинні виходити за межі фактичних.

Наприклад, запах води у озері може виступати обмежуючим фактором. Запах води може виникати у результаті забруднення озера певними хімічними речовинами або в результаті розповсюдження водоростей.

Показник кольору води може бути виміряний контактними методами і, одночасно, проаналізований за знімками БПЛА [32]. Показник кольоровості води характеризує інтенсивність фарбування води та обумовлений вмістом забарвлених сполук. Кольоровість природних вод коливається від одиниць до тисяч градусів. Гранично допустима величина кольоровості у водах рекреаційних зон становить 20 градусів за платиново-кобальтовою шкалою. Кольоровість природних вод обумовлена головним чином присутністю іонів заліза та змитим ґрунтом, особливо, коли є вирубки зелених насаджень. При використанні БПЛА для контролю можна використовувати відбиття та

переломлення світла у воді для виявлення реального стану водного об'єкту [33]. Все це, разом з показниками поверхневих проб, дозволить автоматизувати процес контролю за рекреаційною зоною [34].

Тому для повноти картини при моделюванні процесів дослідження рекреаційної зони, у якості обмежувальних параметрів можуть бути результати забору поверхневих проб. Результати, складені за [35 – 36], щодо стану озер рекреаційних зон в період відпочинку (липень, 2023 р.) – об'єктів дослідження, наведені в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Характеристика якості озер у рекреаційних зонах Ужгорода

Показник	Одиниця виміру	Боздоський парк	Старий кар'єр	Оріховецьке озеро
Розчинений кисень	мг/дм <sup>3</sup>	7,55	6,01	6,88
Температура	°С	23,7	23,2	23,6
Водневий показник	мг/дм <sup>3</sup>	8,1	8,4	8,5
Прозорість	см	24	28	27
БПК5	мг/дм <sup>3</sup>	2,8	0,67	0,63
ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	45,0	22,1	22,7
Зважені речовини	мг/дм <sup>3</sup>	13,0	4,0	5,2
Гідрокарбонати	мг/дм <sup>3</sup>	263	247	221
Жорсткість	ммоль/дм <sup>3</sup>	4,9	6,1	6,2
Мінералізація	мг/дм <sup>3</sup>	762	704	704
Натрій та калій	мг/дм <sup>3</sup>	163	164	161
Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	9,5	7,0	7,6
Кальцій	мг/дм <sup>3</sup>	22,6	25,6	26,1
Магній	мг/дм <sup>3</sup>	40,8	25,4	27,8
Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	137	98	95
Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	255	211	221
Фосфат	мг/дм <sup>3</sup>	0,006	0,008	0,033
Фосфор загальний	мг/дм <sup>3</sup>	0,022	0,021	0,012
Азот нітритний	мг/дм <sup>3</sup>	0,004	0,004	0,003
Азот нітратний	мг/дм <sup>3</sup>	0,620	0,361	0,3
Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	0,035	0,026	0,025
Сіль урини	мг/дм <sup>3</sup>	1,452	0,08	0,1
Мідь	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,0003	0,001
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,003	0,002	0,005
АПАВ /СПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,054	0,013	0,011
Феноли	мг/дм <sup>3</sup>	0,0004	0,000	0,000
Нафтопродукти	мг/дм <sup>3</sup>	0,019	0,000	0,002

Наведені показники є усередненими і в певній мірі показують, що зона на Старому кар'єрі має відносно чисту воду за всіма показниками, а всі сполуки пройшли певну трансформацію. Крім того, сільськогосподарське виробництво не забруднює воду озер рекреаційних зон. Тобто, окрім зони у Боздоському парку, інші дві рекреаційні зони є чистими і безпечними для відпочинку.

А от визначення чистоти довкілля, виявлення стихійних звалищ, виникнення пожеж в результаті антропогенної діяльності – за діючою зараз технологією не визначається. Проте, висоту насаджень, їх стан, пожежі на території, випадкові забруднення в результаті антропогенної діяльності також можна визначати за допомогою БПЛА [33]. Тобто, стан забруднення території побутовими відходами, вирубки, стан зелених насаджень, забруднення озера та розповсюдження у ньому рослинності – все це може бути визначено за допомогою БПЛА і підтвердження знімками. А показники якості води та хімічного складу ґрунту – безпосередньо за допомогою контактних вимірів.

В цілому можна зазначити, що досліджувані рекреаційні зони мають значне антропогенне навантаження. Дикі туристи засмічують зони, розводять вогнища, вирубуючи кущі, дерева поруч з озером. Як наслідок виникає замулювання і розвивається синантропна рослинність, яка згодом витісняє традиційні природні види. Вирубка дерев, навіть, у разі облагороджування рекреаційної зони, може змінювати екологічну ситуацію довкілля, що відображається на біорізноманітності території, особливо ці негативні зміни впливають на рослинність зооценозів та водоймища. На мілководдях вода влітку добре прогрівається, особливо в прибережній зоні. Це сприяє активному росту вищої водної рослинності. Поряд з позитивним впливом на екосистему озера – аерацію води, зайва фітомаса сприяє заболоченню. У процесі обміління озер починається наступ рослин на них, в результаті чого озера замулюються, погіршується їх санітарний стан, скорочується їх водна ванна, а береги можуть заростати неконтрольованою рослинністю. Проблема має бути прогнозованою. І в цьому може допомогти здійснення

систематичного контролю де виміри контактні поєднуються з дистанційним моніторингом у інформаційній технології, де за результатами вимірів контактних проб будується шлях БПЛА, що дозволить отримувати картину стану довкілля за контрольними точками забору проб.

### **2.3 Моделювання процесів контролювання основних параметрів за різночасовими даними**

Використовуючи різночасові дані ДЗЗ (рис. 2.5), можна проводити детальний аналіз змін, які відбулися за певний час, та отримати актуальну інформацію про стан рекреаційної зони на поточний момент. На рис. 2.5 наведені знімки однієї з водойм та довколишньої території у Боздоському парку. Порівнюючи зі схемою (рис. 2.1), можна зазначити, що зона середнього озера з каскаду зазнала значних змін, ймовірно всього – антропогенних (робота по удосконаленню рекреаційної зони). Але на супутникових картах від Google (2.4 – а) [37] чітко прослідковується ще й заболочування та заростання озера рослинами біоценозу (парку), які стали рости на заболочених ділянках.

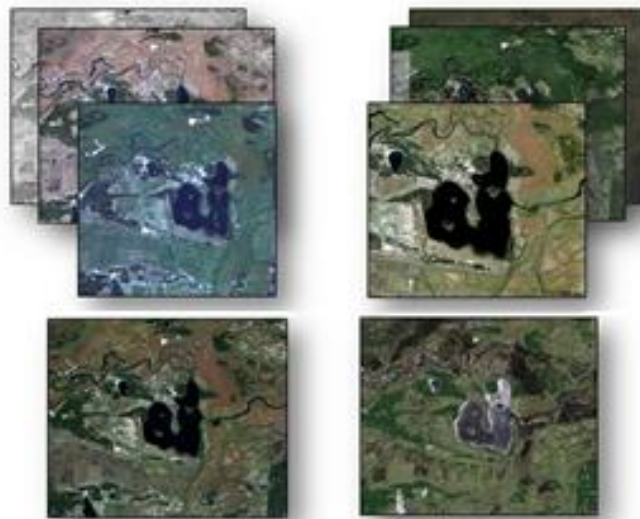


Рисунок 2.5 – Різночасові дані за одним з озер Боздоського парку

Методами дистанційного зондування землі з використанням геоінформаційних систем (ГІС) можна задачі, пов'язані з формуванням бази даних системи екологічного контролю рекреаційних зон. Використовуючи ДЗЗ/ГІС-технології для кількісної оцінки зміни морфометричних параметрів територій [38 – 39], шляхом інтеграції даних космічного і наземного моніторингу та топографічних карт, можна скласти продукційні правила і алгоритми, що визначають високу інформаційну ємність синтезованих еколого-картографічних моделей досліджуваних об'єктів. Методи, які можна використати в розробці, базуються на описових даних, що припускає ряд значних обмежень при оперативному прогнозі та оцінці реальних явищ [40]. Тому запропоновано методологію обробки первинної, аналітичної і прогнозної інформації для аналізу процесів, що відбуваються в рекреаційних зонах великого міста, яка базується на методах тематичної обробки дистанційних знімків з БПЛА, використанні можливостей сучасних ГІС та технології моделювання стану середовища за допомогою даних контактних методів.

Результати космічного моніторингу та застосування інформаційно-аналітичних технологій, забезпечують оцінку динаміки морфометричних характеристик і просторового розподілу таких досліджуваних інтегральних гекологічних параметрів як форма і периметр зони дослідження та процесів евтрофікації водойм [41].

Найбільш достовірні і точні результати реалізації завдання, отримуються при використанні в якості первинних даних багатозональних знімків високої просторової роздільної здатності. Використовуючи гістограми зональної яскравості ідентифікуються класи «вода» і «суша» на основі правила:

$$E \in \begin{cases} W_1, I \leq I_T \\ W_2, I \geq I_T \end{cases}, \quad (2.1)$$

де:  $E$  – елемент зображення;

$W_1$  і  $W_2$  – відповідно класи «вода» і «суша»;

$I$  – зональна яскравість в ближньому інфрачервоному (ПЧ) каналі зйомки;

$I_T$  – її значення, що відповідає локальному мінімуму, який розділяє два основних локальних максимуми на одновимірній гістограмі.

Синтезована еколого-картографічна модель (рис. 2.6) берегової лінії одного із озер каскаду Боздоського парку (рис. 2.5) фіксує динаміку сезонних змін контуру водної поверхні, обумовлену співвідношенням компонент природного водного балансу, які є вирішальним фактором коливань рівня води досліджуваної системи.

Співставлення контурів берегових ліній досліджуваного об'єкта на різночасових тематичних картах, дають можливість ідентифікації сезонних змін границь озера, внаслідок танення снігу і льоду у весняний період. Отримані результати картографічного моделювання просторових параметрів водойми доцільно використовувати для актуалізації еколого-картографічних даних.



а)



б)

Рисунок 2.6 – Межі озера у досліджуваній рекреаційній зоні: а) цифрова карта; б) карта високого просторового розрізнення

Алгоритм розпізнавання за моделлю (2.1) достатньо ефективний для оконтурювання дзеркала водойм ландшафту і прилеглих територій. Не

ідентифікуються річки, канали і струмки парку, ширина яких співмірна з просторовою розподільчою здатністю космознімків. Для ідентифікації акваторій середніх і малих рік потрібні космічні знімки більшої роздільної здатності.

Сезонні зміни морфометричних показників рекреаційних зон м. Ужгорода можуть бути обумовлені змінами гідрогеологічного режиму, а також змінами форми берегової лінії, викликаних сезонним «цвітінням» води та розвитком водно-прибережної рослинності, які помилково класифікуються як «острови». На завершенні вегетації в осінній період, в залежності від тропності водойми, глибини і рельєфу дна, «острови» об'єднуються між собою, або з материковою частиною, що призводить до зменшення кількості «островів» і відповідно зменшення їх загального периметру, в порівнянні з даними дистанційного зондування у весняний період.

Для космічних зображень досліджуваних озер, отриманих у період інтенсивного «цвітіння» синьо-зелених водоростей, модель (2.1) у більшості випадків застосувати не можна. Хоча гістограми є бімодальними, застосування моделі (2.1) для ідентифікації класів «вода» і «суша» приводить до недостовірних результатів, оскільки області з найбільш інтенсивним «цвітінням», а також ділянки вегетуючої водно-прибережної рослинності помилково класифікуються як «острови». У зв'язку з цим для космічних знімків озер в період інтенсивного цвітіння синьо-зелених водоростей був застосований алгоритм вирішення задачі ідентифікації дзеркала водойм, який базується на використанні двовимірних гістограм [42]. Характер типових двовимірних гістограм зональної яскравості для зазначеного випадку якісно відрізняється. Виділення двох кластерів, які приблизно відповідають класам «вода» і «суша», що розділяються похилою прямою, що свідчить про неможливість застосування для вирішення задачі за моделлю (2.1). Тому, якісний характер двовимірної гістограми можна використовувати як критерій застосовності останнього для класифікації «вода»-«суша». В іншому випадку варто застосувати лінійну подільну функцію –  $d(l)$ :



$$X(I) \in \begin{cases} \omega_1, \text{ якщо } d(I) < 0 \\ \omega_2, \text{ якщо } d(I) \geq 0 \end{cases}; \quad (2.2)$$

де  $d(I) = W_0 + W_2 + W_3$ ,  $I_2$  і  $I_3$  – зональні яскравості зображення відповідно в каналах зйомки 2 і 3;

$W_0$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  – сталі коефіцієнти (компоненти вагового вектору), значення яких приблизно оцінюють за двовимірною гистограмою яскравості.

Уточнення значень компонентів вектору досягається за допомогою ітеративних процедур теорії розпізнавання образів, наприклад методами коригуючих приростів чи найменшої середньої квадратичної похибки.

Модель (2.2) реалізується використанням програми синтезу в одній координатній площині двовимірних гістограм різних навчальних вибірок, виділених на зображенні у вигляді прямокутних фрагментів, які відповідають різним візуально ідентифікованим класам. За результатами аналізу гистограми на 2-х навчальних вибірках відповідних класів, простежується певна область перекриття кластерів, які відповідають класам «суша» і «цвітіння», хоча і при низькій повторюваності спільних значень зональної яскравості. Використання алгоритму (2.2) не забезпечує повної достовірності ідентифікації класів, хоча у цьому випадку кількість помилково ідентифікованих елементів зображення значно нижче, ніж у випадку застосування алгоритму (2.1). Це вказує на недоцільність ідентифікації контурів озер під час «цвітіння» води дистанційними методами [40].

Для випадку відсутності «цвітіння» при визначенні контуру берегової лінії водойми часто не потрібна спеціальна обробка космічних знімків. Ця операція може бути виконана стандартними засобами інтегрованих ГІС. Наприклад, у ГІС Arc/View це завдання вирішується стандартним методом створення полігональної теми на фоні візуалізованого космічного знімку (шляхом додавання у Вид теми типу Image). При візуалізації космічного знімку в деяких випадках потрібна зміна способу показу зображення, що

забезпечує розтягування контрасту в зоні низьких значень яскравості, характерних для зображень водної поверхні. У ГІС Arc/View цей результат досягається в режимі редагування теми, заснованої на залученому космічному знімку, наприклад, шляхом застосування опції «лінійний пошук» у «карті кольорів». При використанні матеріалів багатозональної космічної зйомки найефективнішим є застосування космічних знімків, отриманих у спектральних каналах ближнього ІЧ-діапазону. При картографуванні озерних екосистем з високою точністю доцільне залучення панхроматичних знімків, які зазвичай мають вищу просторову роздільну здатність, ніж багатозональні. При ускладненнях автоматичної класифікації «вода – суша», обумовлених наявністю на поверхні водойм ділянок інтенсивного «цвітіння» чи іншими чинниками, доцільно використовувати додаткові текстурні дешифрувальні ознаки, а також космічні знімки високої просторової роздільної здатності, наприклад IKONOS, Quick Bird.

При ідентифікації класи «вода» і «суша» на основі правила, задіяного алгоритмом (2.1), отримані гістограми зональної яскравості суттєво відрізняються між собою, що вказує на різну якість води озер досліджуваних рекреаційних зон. Отримані характеристики акваторії водойм в певній мірі обумовлені геофізичними умовами, оскільки, наприклад, озеро у Старому кар'єрі знаходиться у кам'яному котловані і живиться, в основному напірними водами. Озера у Боздоському парку знаходиться в заплаві річкової системи Уж, тому режим водообміну озера тісно пов'язаний з поверхневим стоком атмосферних опадів та гідроекологічним режимом даних річок [43]. Акваторії озер відрізняються між собою за гідрооптичними параметрами. Це порівняння свідчить про те, що низька прозорість паркового озера, цілком імовірно не антропогенного, а природного походження, обумовленого евтрофікаційними процесами.

Ідентифікація процесів евтрофікації методами обробки космічних знімків для моніторингу евтрофування водойм, зазвичай базується на аналізі варіацій коефіцієнта дифузного відбивання світла поверхневими і

підповерхневими шарами води при збільшенні в них концентрації фітопланктону [44]. Збільшення фітопланктону спричинює зростання дифузного відбивання світла внаслідок підвищення розсіювання світла назад на мікрowodоростях. З іншого боку, цей процес супроводжується збільшенням вмісту у фітопланктоні пігментів, які інтенсивно поглинають світло в специфічних інтервалах, що призводить до зменшення дифузного відбивання світла в певних зонах спектру.

Відомо, що залежність показника поглинання світла від концентрації фітопланктону виявляється тільки в певних спектральних зонах, специфічних для різних пігментів фітопланктону. Найістотнішим є поглинання світла хлорофілом- $\alpha$ . Максимум поглинання цим пігментом припадає на спектральний інтервал 670-690 нм. [45 – 46]. Чутливою до цього ефекту є дистанційна зйомка з відносно високою спектральною роздільною здатністю. Водночас при космічній зйомці з широкими спектральними каналами, ефект зменшення дифузного відбивання світла внаслідок поглинання пігментами фітопланктону може маскуватися збільшенням дифузного відбивання світла, обумовленого зворотним розсіюванням на часточках фітопланктону. При дистанційній зйомці в ближньому ІЧ-діапазоні вихідний світловий потік формується в дуже тонкому приповерхневому шарі води. Тому в разі завислих часток неорганічного походження, для яких характерне збільшення концентрації з глибиною, дифузне відбивання світла є дуже низьким. Водночас за інтенсивного «цвітіння» вод спостерігається висока концентрація фітопланктону в тонкому приповерхневому шарі води, що зумовлює високі коефіцієнти відбивання для ділянок акваторії, де спостерігається інтенсивне «цвітіння».

Описані особливості зонального розподілу дифузно відбитого світла на ділянках інтенсивного «цвітіння» води зумовлюють ефективність використання матеріалів багатозональної космічної зйомки для їх картографування. Алгоритм пропонованого методу аналізу космознімків, з використанням трьох спектральних каналів зйомки суттєво спрощує

вирішення задач екологічного моніторингу водойм, є достатньо ефективний для виявлення аномалій на водному дзеркалі озер. Для цього достатньо використання двох спектральних каналів зйомки, один з яких припадає на ближній ІЧ-діапазон. У цьому разі ефективним є використання каналів зйомки 600-700 нм і 800-900 нм.

#### **2.4 Розробка алгоритму маршрутизації БПЛА за описом території дослідження сплайнами**

Перспективи розвитку рекреаційних зон Закарпаття [47] враховують використання території з географічними особливостями, де ландшафти є різноманітними, що це ускладнює постійний фізичний контроль з боку уповноважених осіб, що виключає застосування підходу [28]. Однак зазначений підхід можна удосконалити, розширивши його модулем задавання руху БПЛА з використанням полюсних точок для зміни напрямку польоту задля контролю стану території.

Для рішення цієї задачі розглядаємо деякий відрізок  $[a, b]$ , який обмежено двома точками. Одну точку можна вважати цільовою, іншу – полюсною або базисом. За цим відрізком і можна побудувати рух БПЛА. Математично напрям руху можна описати безперервною функцією  $y=f(x)$ .

З практичної точки зору рух БПЛА не може лежати на одній прямій, бо необхідно обійти всі цільові точки зони дослідження. Рекреаційна зона є ділянкою місцевості, тобто там не буде руху по прямій априорі. Звивистий шлях можна описати кусково-поліноміальною функцією  $P(x) \in C^1(a, b)$ . Рішенням буде найкраще наближення функції  $y=f(x)$  до нуля. Виразом  $C^1(a, b)$  позначається клас функцій, безперервних на відрізку  $[a, b]$ . Для  $P(x)$  буде вірним наступний вираз:



як базисна, виконувати в цій точці оберт під зазначеним кутом, та рухатися до наступної точки. Проте інтерполяційні поліноми дозволяють отримати більш високу точність розрахунків, які дозволяють описати шматково-гладку криву [50].

Але для реалізації проектів з контролювання екологічного стану території важливо відслідковувати зміни, що відбуваються протягом тривалого часу. Для цього вводиться функція часу  $f(t)$  та деяка дискретна безліч точок, що надають інформацію на момент часу  $t$  за підходом [51]:

$$E = \{Y_0, Y_1, \dots, Y_{N+1}\} \in [a, b]$$

$$Y_0 = a, Y_{N+1} = b. \quad (2.4)$$

Для отримання рішення (2.4) слід знайти поліном зі ступенем  $k$ :

$$P_k(t) = \sum_{i=0}^k x_i t^i. \quad (2.5)$$

Поліном (2.5) мінімізує помилку наближення результату за всіма  $X$  області дослідження рекреаційної зони. Враховуючи вираз (2.4), формула (2.3) доповнюється рядком:

$$f(t) \quad x \in [a, b]. \quad (2.6)$$

Якщо вираз (2.3) розв'язати з врахуванням що задовольнить всі встановлені обмеження. Це можна представити наступною задачею програмування:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max \sum_{j=1}^k d_j x_j \\ \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \leq b_i \\ x_j \geq 0, i = \overline{1, P}; \quad j = \overline{1, k}. \end{array} \right. \quad (2.7)$$

Точка, якої відбувається пошук, є  $X^0 = (x_1^0, \dots, x_k^0)$ . Для неї вірно:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j^0 \leq b_i \\ x_j^0 \geq 0, i = \overline{1, P}; \quad j = \overline{1, k}. \end{array} \right. \quad (2.8)$$

Варто врахувати, що точка  $X^0$  при виконанні виразу (2.8) може й не бути полюсна. Тобто, не обов'язково БПЛА запускати з якоїсь визначеної точки, щоб літальний апарат пройшов весь маршрут і зробив знімки об'єктів, які цікавлять дослідника. Процедура задавання базисної точки для БПЛА може відбуватися за допомогою наступного алгоритму:

1) з деякої точки  $X^0$  здійснюється вибір напрямку  $S$ , за яким величина  $\sum_{j=1}^k d_j S_j$  буде мати найбільше значення, а вектор  $S = (S_1, \dots, S_k)$  задовольнятиме обмеження  $\sum_{j=1}^k P_{ij} S_j \leq 0, i = \overline{1, P_1} (P_1 \leq P + K)$ .

2) Отримується матриця  $P = (P_{ij})$ . Це матриця, яка створена для вирішення задачі за матрицею обмеження (2.7).

3) Обмеження для точки  $X^0$  будуть вирішуватися, як рівняння.

4) Тоді для матриці  $P$  рішенням буде:

$$\sum_{j=1}^k P_{ij} x_j^0 = b_i, i = \overline{1, P_1}, \quad (2.9)$$

Обмеженням рішення виступить отримання від'ємного значення.

5) Як тільки буде обраний напрямок  $S$  руху БПЛА, варто обрати довжину кроку шляхом визначення  $\lambda$ . Цей крок – умовний рух за обраним напрямом до повороту на інший напрям, щоб найкоротшим шляхом провести огляд усіх зазначених у маршруті точок. Але варто врахувати, що  $X^1$  повинна відповідати умовам виразів (2.8) та (2.9);

б) визначення  $\lambda$  :

$$\lambda = \left\{ \min \frac{b_1 - \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j^0}{\sum_{j=1}^k a_{ij} S_j} \mid \sum_{j=1}^k a_{ij} S_j > 0, i = 1, P \right\}. \quad (2.10)$$

7) закріплення на маршруті точки  $X^1 = X^0 + \lambda S$ , яка задовольняє (2.8). У цьому випадку задача (2.7) буде подовжуватися на довжину кроку з врахуванням (2.10). Тобто, вона буде дорівнювати  $\lambda \sum_{j=1}^k d_j S_j$ ;

8) повторення кроків 1) и б) відносно точки  $X^1$  та отримання точки  $X^2$ . Цей крок повторюється, доки не буде отримане від'ємне значення для величини  $\sum d_j S_j$ . Тобто, це є підтвердженням того, що всі необхідні точки контролю пройдені і БПЛА може повертатися на базу.

9) Кінець алгоритму. Рішення задачі (2.7) отримане.

Для розробки шляху БПЛА для отримання контрольних даних за територією за деяким підінтервалом  $f(x)$  варто врахувати наступні умови:

- 1) У середині підінтервалу не повинно бути полюсних точок;
- 2) Підінтервал повинен бути обраний таким чином, щоб ступінь апроксимуючого полінома не перевищувала припустиму.

У зв'язку з переліченими вимогами до вибору пропонується спочатку визначити підінтервал:

а) який дорівнює деякій заданій величині  $E1 > 0$ , якщо в цьому підінтервалі немає полюсних точок;

б) який дорівнює відстані між точками, що не перевищує значення  $E1$ .



Тобто, найкращим рішенням подібної задачі при її програмуванні є визначення точок апроксимації за формулою  $x_j = \alpha + w_j$ , де  $\{w_j\}$  є псевдовипадковою послідовністю. Якщо кількість точок достатня, то такий вибір зменшує невизначеність при знаходженні рішення за похідною функції  $f(x)$ .

В деяких випадках доцільно будувати додаткові вектори руху для найкращого опису всієї території. Для цього всі точки можуть прийматися полюсними.

В цілому алгоритм автоматичного руху БПЛА для отримання знімків території з метою контролю її екологічного стану, може бути представлений наступним алгоритмом:

- 1) Початок алгоритму.
- 2) Визначення початкової точки дослідження за формулою (2.8).
- 3) Фіксування координат точки на плані руху.
- 4) Формування векторів руху за напрямом (2.9) і з довжиною кроку (2.10);
- 5) Формування вхідного масиву даних (фото або відеозйомка);
- 6) Вирішення (2.7) з врахуванням (2.3) – (2.6), де точки  $a = C_0 < C_1 < C_2 < \dots < C_S < C_{S+1} = b$  є цільовими;
- 7) Визначення довжини підінтервалу апроксимації;
- 8) Визначення ступені поліному апроксимації;
- 9) Зменшення довжини підінтервалу апроксимації для уточнення даних (за необхідністю);
- 10) Побудова матриці обмежень;
- 11) Побудова  $C_1$  і знаходження  $X^1$  задачі (2.7);
- 12) Побудова напрямку  $S_1$ ;
- 13) Розрахування кроку для вектору з  $X^1$ ;
- 14) Побудова нового вектору з  $X^1$ ;
- 15) Зниження ступеню та побудова нових обмежень;

- 16) Підвищення ступеню та побудова нових обмежень;
- 17) Запис результатів для бази даних;
- 18) Цикл розрахунків (у разі необхідності уточнення даних);
- 19) Збереження всіх отриманих результатів – побудова руху з поверненням літального апарату на базу;
- 20) Кінець алгоритму.

Результати, отримані за допомогою наведеного алгоритму дозволять побудувати рух БПЛА над об'єктом дослідження з необхідними кроками щодо збільшення або зменшення зони контролю у разі потреби – виявлених проблем чи стійкого підтвердження наявності будь-яких змін на досліджуваній території.

## **2.5 Висновок до другого розділу**

В другому розділі кваліфікаційної роботи досліджено підхід до створення моделі руху у досліджуваній рекреаційній зоні та викладено основи проектування інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон:

1) наведена загальна характеристика об'єктів дослідження, виявлені основні особливості формування рекреаційних зон, що знаходяться в межах міста Ужгород, доведена необхідність дослідження саме зазначених рекреаційних зон;

2) виявлені керуючі впливи та обмеження відносно технології екологічного підходу, що розробляється, а також визначені особливості, при яких відбуваються зміни у екосистемі рекреаційних зон. Зокрема, виявлено, що частина озер міліє (характерно для озер каскаду Боздоского парку), що призводить до докорінних змін у довкіллі. А відносно зони Старий кар'єр виявлено засмічення та стихійні звалища, що є результатом антропогенного навантаження;

3) застосовано комплексне використання методик відбору і обробки інформації шляхом застосування ГІС-технологій (тематичну класифікацію результатів дистанційного зондування в умовах обміну даними наземних звірок та незалежними ознаками об'єктів), з приведенням результатів до вигляду, зручного для інтерпретації. Врахування ефектів поверхневих проявів геофізичних умов є необхідним для розробок та обґрунтування природоохоронних рішень. Інформаційно-аналітичні технології забезпечують вирішення задач оцінки стану і динаміки змін рекреаційної зони;

4) розроблено алгоритм автоматизації процесу польоту БПЛА за визначеними базисними точками, на яких фіксуються зміни стану рекреаційної зони з метою наступного введення знімків дистанційного зондування до бази даних та проведення обробки інформації і порівняння візуальних змін території дослідження.

Все це вимагає створення удосконаленої інформаційної технології, яка поєднає у собі контактні і дистанційні методи для підвищення оперативності інформації контролю та моніторингу.

## **3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РЕКРЕАЦІЙНИХ ТЕРИТОРІЙ**

### **3.1 Технологія обробки інформації, наведеної у графічних форматах**

Багато інформації екологічного призначення представлено у графічному форматі – зображення, карти, схеми територій, часто дуже низької якості. Як правило [52] це інформація за минулі роки функціонування зони дослідження, але для контролю стану часто виникає необхідність порівняти процеси деградації чи відновлення території. Крім того, для роботи у невеликих рекреаційних зонах не завжди можна знайти знімки ДЗЗ зі супутників гарної якості. Наприклад, використання карт Google при збільшенні зображення втрачають чіткість і потребують для роботи перекладу растрового зображення у векторне з виправленням нечіткостей, що виникли. Використання у якості основи для побудови маршруту БПЛА таких зображень призведе до отримання неточної або невірної інформації.

Якщо, наприклад, технологія контролю стану території буде реалізована на веб-платформі, то у цьому випадку можна реалізувати або власний графічний редактор, або здійснити підключення існуючих, наприклад:

- Fotoshop-онлайн (<https://online-fotoshop.ru/>; <https://photoshop.adobe.com>);
- Method Draw (<https://editor.method.ac/>);
- інші векторні редактори (<https://sketch.io/>; <https://www.autodraw.com/>).

Якщо ж є задачею представити програмний продукт, то можна створити додаток для обробки космознімків низької роздільної якості з використанням графічних редакторів Photoshop та CorelDraw.

В графічному редакторі Photoshop реалізується безпосередньо створення масиву даних для пошуку – пошукова модель, за якими здійснюється пошук відповідності між оригіналом високої роздільної здатності (наприклад, якісного фотознімка) та деяким растровим

зображенням. Програмний модуль із супутніми файлами .rip1 та .h, прикладні компоненти \*.cpp та \*.h створюють програмний додаток, що дозволяє виконати дії з побудови моделі тексту. У Додатку В наведена загальна логіка алгоритму реалізації зазначеного.

Робота починається з запуску графічного редактора Photoshop, завантаження зображення та його налаштування, після чого здійснюється виклик програмного модулю, який виконує побудову моделі у форматі .cmx, доступного для подальшої роботи у графічному редакторі CorelDraw. Вхідні параметри для побудови текстової моделі для пошуку – аркуш, рядок, символ. Аркуш має обмеження за текстовим полем, кількість рядків і символів не обмежена.

Блок-схема алгоритму реалізації програмного модулю обробки інформації наведена в Додатку Г. Основний компонент програмного модулю можна представити через значення аргументу вибору (selector), що можна використати з компонентів графічного редактора Photoshop:

- FILTER\_SELECTOR\_ABOUT з метою отримання інформації про програмний модуль через виконання меню «Help» – «About plugin» – «Use\_Contour\_01»;

- FILTER\_SELECTOR\_PARAMETERS, щоб задати початкові значення параметрів;

- FILTER\_SELECTOR\_CONTINUE, що призначений для виконання алгоритму на цьому етапі реалізації завдань обробки інформації (рис. 3.1).

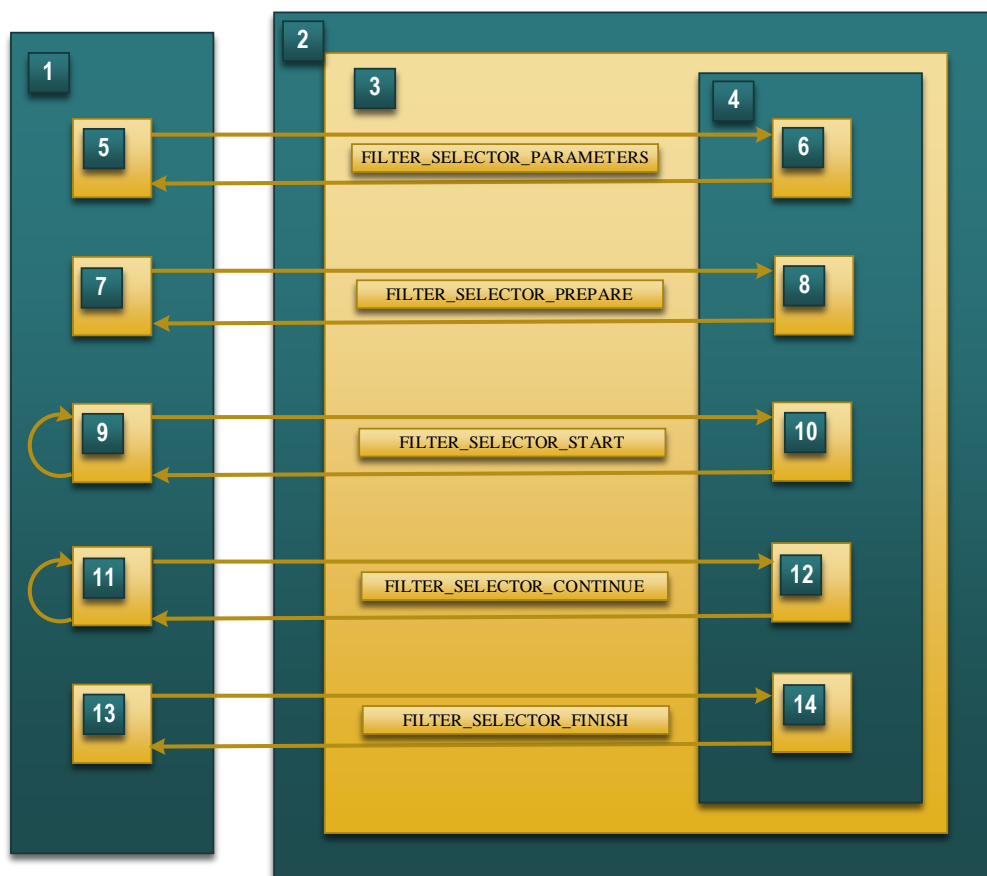


Рисунок 3.1 – Відпрацювання функцій обробки інформації: основні компоненти програмного модулю

Позначки та пояснення до рис. 3.1:

- 1 – Середовище графічного редактору «Photoshop»;
- 2 – плагин;
- 3 – функція `PluginMain`;
- 4 – функціональний блок;
- 5 – вибір пункту меню «Filter»;
- 6 – ініціалізація параметрів;
- 7 – вибір пункту меню «Last Filter»;
- 8 – виділення необхідної пам'яті для проведення операції обробки зображення;
- 9 – можливе зациклювання до завершення обробки зображення за адаптивним алгоритмом до закінчення процесу обробки або до виникнення помилки;

10 – перевірка параметрів, обробка зображення або визначення ділянки зображення, на якій за алгоритмом далі відбуватиметься пошук та обробка;

11 – повторення п. 9: зациклювання або помилка;

12 – обробка поточного фрагменту зображення, визначення наступного фрагменту для обробки і пошуку збігів;

13 – завершення роботи алгоритму;

14 – підготовка до завершення роботи плагіну.

Безпосередньо виконання програмного додатку здійснюється через реалізацію функцій:

- структурування масиву інформації, що описує зображення,
- виділення контуру зображення, як послідовник точок на площині дослідження,
- формування контурів зображення,
- представлення параметрів контурів у вигляді кривих, що описані функціями.

Робота з неструктурованою інформацією відбувається за допомогою моделі формату .cmx графічного редактору CorelDraw. Особливості цього формату – призначення для роботи з будь-якими даними, формат яких залежить від їх типу, включаючи вкладені фрагменти (різновид Resource Interchange File Format для обміну різними ресурсами). Зовнішній фрагмент такого формату складається із заголовка та області даних. Перші чотири байти заголовку утримують код ідентифікатора даних FOURCC, де зареєстрована частина пишеться великими літерами, а незареєстрована – малими. Наступні чотири байти заголовка – розмір області даних, може утримувати нульовий байт для збереження розмірності. Безпосередньо область «Дані» утримує ідентифікатор «CMX1» та набір з десяти фрагментів у форматі .cmx, а саме:

- Header утримує всю інформацію про версію, визначення, атестацію, систему та архітектуру, визначає фрагмент «cont»;

- Thumbnail при необхідності дозволяє отримати фрагмент низької роздільної здатності для порівняння, ідентифікує «DISP»;
- Preview Box дозволяє здійснити перегляд, визначає фрагмент «xtnt»;
- Color Correction з ідентифікатором фрагменту «csmm» для розподілу кольорів при необхідності такого визначення;
- Page з однойменним ідентифікатором сторінок у форматі «CMX1» щодо інструкцій та шарів (layers);
- Procedure утримує описи шаблонів, контейнерів, текстур з перехресними посиланнями. Тут ідентифікатори окремі – «pvt», «pctn» і обираються безпосередньо при виконанні конкретної задачі;
- Reference List визначає необхідні інструкції, структури і процедури з ідентифікатором фрагменту «rlst»;
- Description зберігає визначення об'єктів тексту та графіки, наприклад, у форматі .bmp. Має ідентифікатори «rgrw», «rota», «rclr», «rdot», «rfnt», «rotl», «rott», «rpen», «plns», «rscr», «LIST ('imag') info», «LIST ('imag') data»;
- Index з фрагментами перехресних посилань, що дозволяє знаходити сторінки, шари, процедури та посилання. Має ідентифікатори: «LIST ('indx') ixtl», «LIST ('indx') ixtl», «LIST ('indx') ixef», «LIST ('indx') ixlr», «LIST ('indx') ixpg», «LIST ('indx') ixpc», «LIST ('indx') ixmr», «LIST ('indx') ixtl»;
- Trailer складається з «INFO list» і надає глобальну інформацію, коментар, ключові слова. Може бути розширення для внесення додаткової інформації з метою подальшого архівування. Ідентифікатори: «LIST ('INFO') IKEY», «LIST ('INFO') ICMT».

Всі перелічені фрагменти мають сталу структуру, окрім Page, що визначаються зображенням, мають основний зміст формату CMX та наступні керівні настанови:

- rendering, що відповідає за візуалізацію та визначає координати та графічні атрибути тексту, зображень та векторної графіки. Один з таких об'єктів, що застосовано в роботі – «PolyCurve».



- grouping, що визначає процес групування, начало і кінець логічного набору сторінок, шарів, групи, текстового потоку тощо;

- flow control визначає управління потоком руху між керівними установами щодо виконання дій. Перша і остання керівні установи відповідно – «BeginPage» та «EndPage», в середині яких утримуються шари і групи, при чому шари можуть уміщувати групи, але не навпаки. Пріоритет видимості графічних об'єктів також визначається порядком застосування керівних установ, кожна з яких посилається на певні процедури, що утримуються в інших фрагментах через номери посилань, що, у свою чергу, визначаються за допомогою індексної таблиці.

Керівні настанови, як основні описові елементи формату CMX мають фіксовану структуру, що складається з двох байтів довжини настанови, наступних двох байтів коду настанови та байтів параметрів інструкції, що залежать від її типу. Описовий елемент tag (тег) дозволяє ідентифікувати групи параметрів для визначення формату файлу. Елемент тег також має визначену структуру з фіксованою послідовністю.

В межах вирішення задач роботи необхідно розглянути структуру керівної настанови «PolyCurve» графічного редактору CorelDraw, як кривої, що складається з двох та більше кривих, представлених одним об'єктом.

«PolyCurve» має код 0x0043 у 16-й системі числення. До керівної настанови входять наступні параметри:

- Tag\_PolyCurve\_RenderingAttr, що надалі позначений тег А, із заданою довжиною та параметрами візуалізації – Rendering Attributes;

- Tag\_PolyCurve\_PointList, тег В, із заданою довжиною та параметрами Point List (списком точок);

- Tag\_PolyCurve\_BoundingBox, тег С, із заданою довжиною та параметрами Bounding Box (рамка кайми);

- Tag\_Polycurve\_KeepFillForOpenPath, тег D, із заданою довжиною;

- кінцевий Tag\_EndTag із кодом 255.

Параметри тегу А визначають спеціальні ефекти, контур, атрибути зафарбування для кривої, у тегу В утримуються значення координат та опис вузлів, де стикуються частини кривої, тег С визначає межі деякого малюнку, а наявність тегу D визначає файл СМХ, який повинен бути згенерований таким чином, щоб розірвані частини кривої були зафарбовані і створювали єдиний контур.

Тобто структура файлу формату .cmx досить складна, що значно ускладнює реалізацію технології як за часом, так і в питаннях програмування технологічних рішень. Проте файл формату .cmx можна представити у вигляді постійної і змінної складових, що формуються автоматично за наступним алгоритмом:

- 1) Отримання первинного файлу в форматі .cmx.
- 2) Створення моделі шаблону тексту у програмі CorelDraw.
- 3) Видалення з моделі шаблону тексту елементів, що не задіяні в процесі порівняння, що змінює структуру (наприклад, видалення кольорів).
- 4) Виділення з моделі шаблону тексту змінної частини (що впливають на зображення, як-то – розмір, контури, шари) і постійної частини (копія моделі шаблону тексту).
- 5) Виділення окремих керівних настанов окремо для обох частин файлу.
- 6) Створення нової структури файлу шляхом послідовного запису обох частин файлу у відповідності до формату .cmx.

Тобто, в графічному редакторі CorelDraw створюється файл шаблону об'єкту, який і використовується для порівняння і за яким здійснюється пошук відповідності. При аналізі структури файлу наявні необов'язкові для пошуку елементи, наприклад, ідентифікатор «сстт», що вказує на розподіл кольорів з адреси 0x0000C0, відповідно, цей фрагмент можна виділити. Це призведе до зміни довжини файлу шаблону та коригуванню елементів структури з вказівкою довжини. Правильність змін, внесених на кроці 3, можна перевірити при порівнянні первинного файлу та моделі шаблону.

Пофрагментні зміни файлу та виконання кроку 5 призводить до того, що постійні частини файлу шаблону тексту будуть представлені у вигляді масиву байт, довжина яких відповідає первинному файлу, а змінна частина файлу шаблону тексту буде представлена числовими значеннями відповідної розмірності.

Наприклад, керівна установа щодо початку шару буде представлена наступними елементами в порядку черговості:

- масив довжиною 5 байт, що відповідає початку аналогічної керівної настанови в первинному файлі шаблону;
- числова величина розмірністю 4 байти, в якій вказується кількість керівних настанов щодо дій між визначенням початку та кінця шару;
- масив довжиною 19 байт, відповідний закінченню цієї керівної настанови в первинному файлі шаблону.

Внесення таких змін призводить до формування нового файлу шаблону тексту наступного порядку:

- заголовок фрагменту RIFF (довжина 8 байт);
- ідентифікатор CMX1 (довжина 4 байти);
- заголовок фрагменту «Header» (довжина 8 байт);
- структура, що описує фрагмент «Header»;
- заголовок фрагмента «Page» (8 байт);
- структура, що описує фрагмент «Page»;
- масив (16 байт), що описує фрагмент «Reference List» (копіюється);
- масив (26 байт) для опису контурів (копіюється);
- масив (16 байт) для опису стилю ліній (копіюється);
- масив (26 байт) для опису інструментів (копіюється);
- масив (16 байт) переривчатих ліній (копіюється);
- масив (14 байт) для опису стрілки (копіюється);
- масив (24 байт) для опису кольору (копіюється при необхідності);
- масив (28 байт) для візуалізації на екрані (копіюється);

– структури, що описують фрагменти покажчиків стосовно шарів, сторінок, індексації;

– Tag\_EndTag із кодом 255.

На завершальному кроці 6 здійснюється формування елементів новостворених структур та їх послідовний запис в створюваний файл, в порядку, що визначається файлом шаблону. Для цього складаються правила, що визначають змінні елементи цих структур, а в постійні елементи здійснюється копіювання відповідних елементів з первинного файлу.

У якості пробної версії програми був створений за допомогою Microsoft Visual Studio плагін RasterToVector.8bf з використанням динамічних бібліотек (CrtImgSeg.dll; Normalization.dll; ToBezier.dll; OutCMX.dll), де замість ряду функцій для опису кривими растрового тексту були використані криві (зокрема для спрощення операцій був використаний стандартний інструмент з кривими Без'є).

Початковий код програмного модулю, призначений для відпрацювання описаного сервісу обробки інформації в графічних форматах через емуляцію комп'ютерної мережі, написаний на мові C++ (файл RasterToVector.cpp). У Додатку Д представлений основний фрагмент коду реалізації алгоритму програмного додатку з порядком виклику динамічних бібліотек.

На початку фрагмента виконується перекодування переданого програмного модулю зображення, записаного в масиві, що визначається змінною FPB → outData, в початковий масив, який визначається змінною pBMP. У процесі перекодування структура переданого масиву, в якій з кожним пікселем може бути пов'язано 1 – 4 байти, визначених змінною FPB → planes, перетвориться в структуру початкового масиву, де кожен піксель визначається одним байтом. Крім того, враховуються особливості, пов'язані з вирівнюванням масивів на певну межу байт. Оскільки переданий масив вирівняний на межу 16 байт, то додаткові байти не враховуються. Початковий масив вирівнюється на межу 4 байти додатковими байтами з кодом 0xff.

Подібна технологія дозволяє порівнювати та проводити суміщення невеликих фрагментів місцевості з картами місцевості різного масштабу, що необхідно при розробці топографічних карт та проводити порівняння контурів забруднень, відмічених на картах за різні періоди часу.

### **3.2 Застосування методу онтологій для прив'язки точок заданого маршруту дистанційного контролю стану території**

Поняття інтелектуалізації при розробці маршруту БПЛА стосовно вирішення екологічних задач вимагає відповідних підходів при прив'язці полюсних точок маршруту к деяким об'єктам, стосовно яких доцільне дослідження в рамках поставлених задач. Для здійснення такої прив'язки точок можна використати розробки [53 – 54] з використанням методу онтологій.

Об'єкти досліджуваної системи, які потребують контролю стану, можуть бути вибрані з паспорту рекреаційної зони. Як правило, офіційно визнані рекреаційні зони мають такий паспорт у вигляді таблиць або електронної бази даних. Зони, які використовуються, як рекреаційні, але не мають офіційного статусу, можуть мати різноманітні офіційні документи (звіти екологів, інформація про санітарний стан, дані геологічної розвідки, нормативні акти місцевих органів влади), які і можуть бути використані для реалізації запропонованої технології.

Виходячи з зазначеного методу онтологій, вихідними даними для відображення руху БПЛА у вигляді таксономічної структури або графу є таблиця, в якій описуються окремі об'єкти можливих спостережень для здійснення контролю. Комірki стовпчика А містять імена материнських вершин графа, комірki стовпчика В – імена зв'язків між вершинами, комірki стовпчиків від С до ... – імена дочірніх вершин. Подібна таблиця заповнюється порядково (рис. 3.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Паспорт озера	Розділ	Назва	Місце знаходження	Розмір озера та характер берегової лінії	Характеристика ґрунту на міліні. Потужність мулових відкладень	Температура води на поверхні і на різних глибинах у різні сезони	Колір, прозорість та інші характеристики води	Заміри глибин з човна	Дані про пересихання, промерзання, замори, найбільші і найменші рівні води

Рисунок 3.2 – Вихідна таблиця формування таксономічної структури таблиці руху БПЛА за полюсними точками

У випадку створення таксономічної структури маршруту руху БПЛА в ролі класу виступає сама таблиця, а в ролі об'єктів – розділи таблиці. Так само розділи можуть являти собою клас для об'єктів – підрозділів таблиці. Тобто, подібних таблиць може бути багато, що дозволяє кожен раз моделювати окремий маршрут, необхідний для визначення стану того чи іншого об'єкту дослідження у рекреаційній зоні.

Таксономічна структура може розширюватися та доповнюватися як табличним способом, так і вручну. Табличний спосіб розширення та доповнення таксономічної структури онтології дозволяє до вихідної таблиці таксономічної структури додати нові класи, об'єкти або зв'язки. Наприклад, в наведеній таблиці «Колір, прозорість та інші характеристики води» є одночасно об'єктом (розділом) класу «Маршрут БПЛА» та новим класом для об'єктів (підрозділів) «Прозорість», «Показники поверхні водоймища», що характеризують стан окремого об'єкта рекреаційної зони чи в цілому стан рекреаційної зони (рис. 3.3).

Аналогічно, в наведеній таблиці «Показники поверхні водоймища» є одночасно об'єктом (підрозділом) класу «Колір, прозорість та інші характеристики води» та новим класом для об'єктів (підрозділів) «Температура води», «Вміст NaCl» (рис. 3.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Паспорт озера	Розділ	Назва	Місце знаходження	Розмір озера та характер берегової лінії	Характеристика ґрунту на миліні, Потужність мулових відкладень	Температура води на поверхні і на різних глибинах у різні сезони	Колір, прозорість та інші характеристики води
2	Колір, прозорість та інші характеристики води	Підрозділ	Прозорість	Швидкість течії	Показники поверхні водоймища			

Рисунок 3.3 – Розширення вихідної таблиці формування таксономічної структури таблиці руху БПЛА

	A	B	C	D	E
2	Колір, прозорість та інші характеристики води	Підрозділ	Прозорість	Швидкість течії	Показники поверхні водоймища
3	Показники поверхні водоймища	Підрозділ	Температура води	Вміст NaCl	

Рисунок 3.4 – Розширення вихідної таблиці формування таксономічної структури

За таким самим алгоритмом відбувається доповнення класів новими об'єктами. Наприклад, клас «Показники поверхні водоймища» доповнився об'єктами «Показник рН» та «Електропровідність», що вже визначаються контактними методами і прив'язуються до попередніх таблиць, розширюючи і доповнюючи зміст контрольованих параметрів (рис. 3.5).

2	Колір, прозорість та інші характеристики води	Підрозділ	Прозорість	Швидкість течії	Показники поверхні водоймища	
3	Показники поверхні водоймища	Підрозділ	Температура води	Вміст NaCl	Показник рН	Електропровідність

Рисунок 3.5 – Доповнення вихідної таблиці формування таксономічної структури

Таким чином, таксономічна структура маршруту руху БПЛА набуває вигляду, представленого на рис. 3.6.

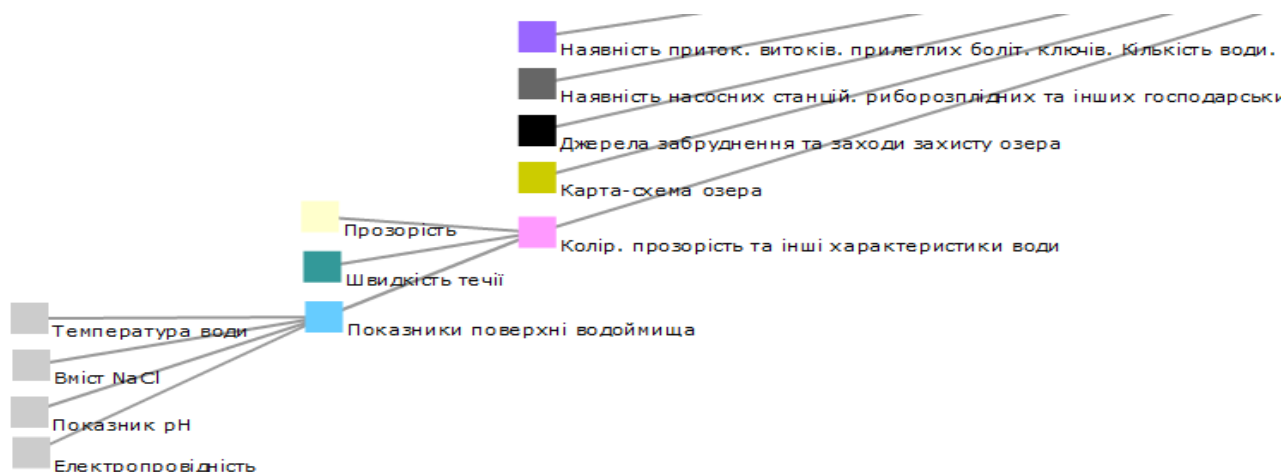


Рисунок 3.6 – Таксономічна структура онтології маршруту руху БПЛА після розширення та доповнення

Цей рисунок означає наступне: вибираються найбільш значимі показники, які отримані як контактними, так і безконтактними методами, і там де є фактори, що можуть бути визначені як змістовні чи пріоритетні, встановлюються полюсні точки, за якою буде здійснений рух БПЛА для



контролю стану території. Це показано на рис. 3.6 у вигляді п'яти кольорових точок справа.

Такий підхід реалізації технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон пропонується тому, що дослідження рекреаційної зони проводиться одночасно кількома фахівцями різного спрямування різноманітними методами, тож існує необхідність агрегації отриманих результатів в онтології руху БПЛА з метою отримання повної і точної інформації для всіх фахівців без повторення маршруту за одним і тим самим напрямом.

Так само як розширення та доповнення таксономічної структури онтології, агрегація результатів дослідження рекреаційної зони та супровідної інформації може відбуватися шляхом занесення до таблиці в середовищі MS Excel, так і шляхом заповнення карток вершин графу вручну в середовищі Graph Editor. Табличний спосіб, з огляду на показники інтелектуального навантаження, є більш раціональним порівняно із способом наповнення онтологій вручну оскільки:

- одночасно із наповненням онтології ведеться облік існуючої інформації про результати дослідження;
- беручи до уваги алгоритм заповнення картки (відкриття діалогового вікна, натискання клавіш додавання, зберігання інформації та власне онтології), алгоритм заповнення таблиці займає порівняно менше часу;
- в разі пошкодження, втрати чи видалення файлу онтології його легко відновити з вихідних таблиць таксономічної структури та інформаційного наповнення.

Хоча цей спосіб і є більш раціональним і несе менше інтелектуальне навантаження на користувача, він також має певні недоліки, бо для онтологій з невеликою кількістю вершин витрати часу на заповнення карток відносно менші, ніж при заповненні таблиці, а при заповненні карток існує можливість одразу вказати клас інформаційних ресурсів (наприклад, таблиці, мультимедійні матеріали, закони та нормативно-правові акти тощо) для їх

фільтрації при подальшому перегляді. Враховуючи зазначене, формування інформаційного наповнення онтології починається із заповнення комірки 1А таблиці програмними даними «nodedata» («дані вершини») з метою визначення Graph Editor'ом до якої вершини яку інформацію належить віднести. Далі в стовпчик А з таблиці таксономічної структури онтології переносяться назви вершин, до яких прикріплятиметься інформація.

Прикріплена інформація може бути двох типів: текстова (text) та гіперпосилання (href). Текстова інформація заноситься до комірки стовпчика В таблиці інформаційного наповнення онтології в тому ж рядку, що і назва вершини. Поруч в комірках стовпчиків С та D вказується, що ця інформація є текстовою «text».

Інформація у вигляді гіперпосилання заноситься до таблиці наступним чином:

- до комірки стовпчика В таблиці інформаційного наповнення онтології в тому ж рядку, що і назва вершини, заноситься назва гіперпосилання;
- поряд в комірці стовпчика С вказується адреса гіперпосилання, наприклад <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0775-13>;
- в комірці стовпчика D вказується, що ця інформація є гіперпосиланням «href».

Гіперпосилання може бути на будь-які зовнішні джерела, які містять текстові, фото-, відео, мультимедіаматеріали і які можуть бути використані для визначення полюсних точок (рис. 3.7).

Імена вершин структури онтології	Текстова інформація або назва гіперпосилання	Гіперпосилання та системні дані	
		C	D
1 nodedata			
2 <b>Закони</b> <b>України</b>		text	text
3 <b>Закони</b> <b>України</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
4 <b>Закони</b> <b>України</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
5 <b>Закони</b> <b>України</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
6 <b>Закони</b> <b>України</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
7 <b>Закони</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
8 <b>Закони</b>		text	text
9 <b>Закони</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
10 <b>Закони</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
11 <b>Закони</b> <b>України</b>		text	text
12 <b>Закони</b> <b>України</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
13 <b>Закони</b> <b>України</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
14 <b>Закони</b> <b>України</b>		<a href="http://zakon4.rada.gov.ua">http://zakon4.rada.gov.ua</a>	href
15 <b>Закони</b> <b>України</b>		text	text

Рисунок 3.7 – Фрагмент таблиці інформаційного наповнення онтології

При заповненні комірок таблиці слід звертати увагу на те, що в стовпчику А комірки з назвою вершини, до якої прикріплюється інформація, мають повторюватися стільки разів, скільки видів інформації було прикріплено.

Результатом об'єднання таблиці таксономічної структури та таблиці наповнення онтології маршруту руху БПЛА є інформаційне середовище, що містить текстову інформацію результатів дослідження, супровідні фото- та відеоматеріали, корисні посилання на урядові, законодавчі та інші сайти, що логічно представлено для подальшої роботи у складі бази даних інформаційної технології контролю екологічного стану. На рисунку (рис. 3.8) представлений приклад оформлення титульної сторінки комп'ютерної онтології маршруту руху БПЛА стосовно однієї з рекреаційних зон при веб-реалізації технології.

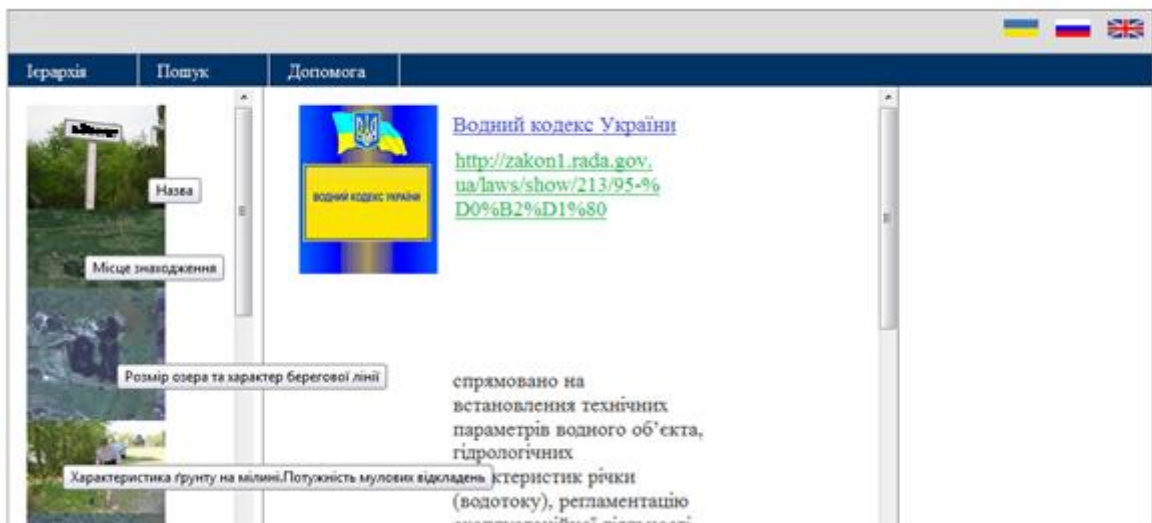
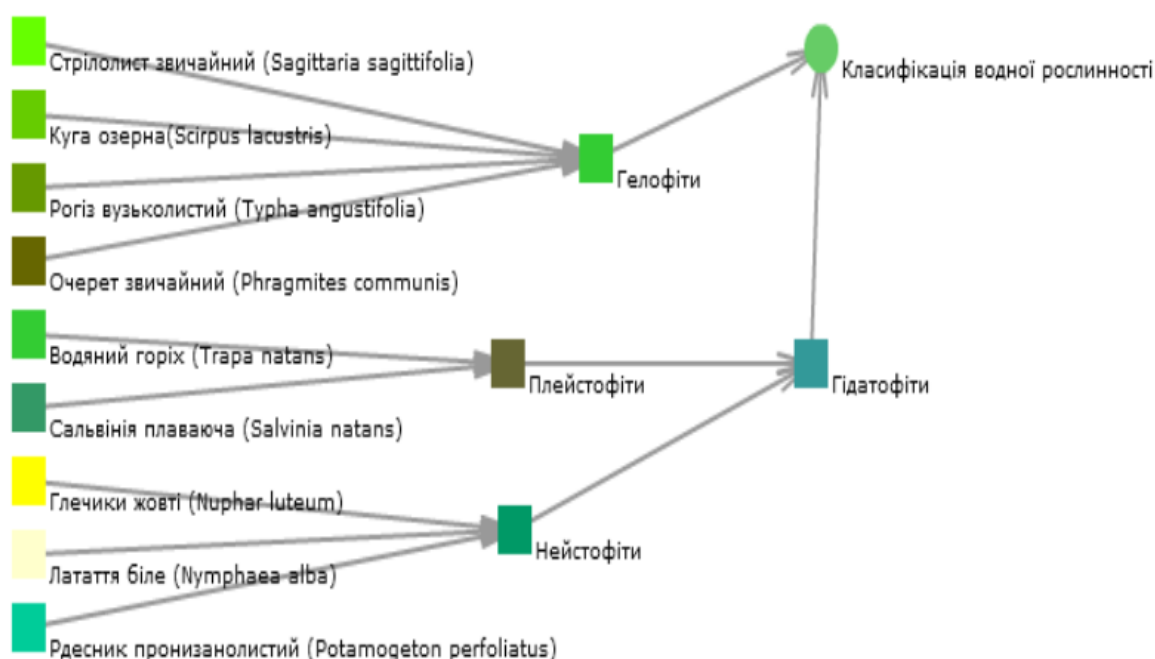


Рисунок 3.8 – Варіант оформлення титульної сторінки комп'ютерної онтології маршруту руху БПЛА

Відмінною ознакою такого середовища (рис. 3.8) є можливість його динамічного розширення та поповнення новими даними, а Web-орієнтований інтерфейс дозволяє просторово розподіленим користувачам взаємодіяти з

системою будь-де та будь-коли. Складання маршруту щодо дослідження будь-якого об'єкту вимагає комплексного підходу та експертної оцінки фахівців різних галузей природоохоронного спрямування. В процесі створення маршруту руху БПЛА над одним із озер каскаду Боздоського парку, використовуючи методику формування комп'ютерних онтологій, були створені такі підрозділи комп'ютерної онтології як «Класифікація водної рослинності» та «Тваринний світ» (рис. 3.9).



	A	B	C	D	E
1	Класифікація	Гідатофіти	Гелофіти		
2	Гелофіти	Стрілолист звичайний (Sagittaria sagittifolia)	Куга озерна (Scirpus lacustris)	Рогіз вузьколистий (Typha angustifolia)	Очерет звичайний (Phragmites communis)
3	Гідатофіти	Плейстофіти	Нейстофіти		
4	Плейстофіти	Водяний горіх (Trapa natans)	Сальвінія плаваюча (Salvinia natans)		
5	Нейстофіти	Глечики жовті (Nuphar luteum)	Латаття біле (Nymphaea alba)	Рдесник пронизанолистий	

Рисунок 3.9 – Представлення комп'ютерної онтології «Класифікація водної рослинності»

Онтологічний підхід дозволив перетворити базу даних результатів дослідження на динамічне інформаційне середовище, яке постійно поповнюється доробками територіально розподілених дослідників різних напрямків екологічної галузі. Кожний розділ таблиць може бути уточнений, розширений, доповнений. Завдяки візуальному відображенню онтографа стають зрозумілими взаємозв'язки між елементами в середині системи, а онтологічний інтерфейс не лише є доступним для користувача з будь-яким рівнем знань у сфері комп'ютерних наук (рис. 3.10), а й дозволяє поширити екологічні знання серед широкого загалу, зберігаючи семантичні відношення між об'єктами комп'ютерної онтології.

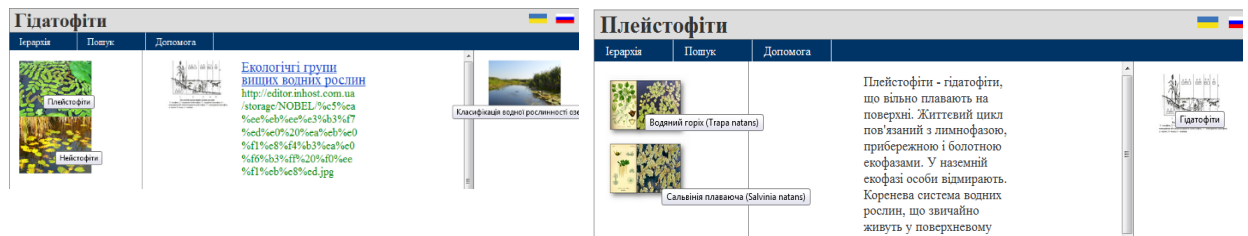


Рисунок 3.10 – Інтерфейс комп'ютерної онтології для вибору напрямків руху БПЛА згідно різних питань з дослідження території

Таким чином, застосований при створенні таблиці побудови напрямків руху БПЛА онтологічний підхід, дозволив логічно відобразити семантичні властивості інформаційних ресурсів досліджуваного середовища, що дозволило створити зрозумілий інтерфейс користувача та структурувати всі дані в залежності від задач, які можуть виконуватися при здійсненні контролю екологічного стану міських рекреаційних зон.

### 3.3 Програмна реалізація маршрутизації БПЛА для автоматичного контролю стану рекреаційної зони

Програмна реалізація методу контролю поширення фітопланктону в прісних водоймищах виконана на C++. Особливістю є визначення початкової точки як випадкової, з наступним наданням їй статусу базисної. Ця точка визначається з допомогою функції випадкової точки  $f_s(x)$  на деякому заданому інтервалі  $[\alpha, \beta] \subset [a, b]$  з побудовою поліному  $f_s(x)$  ступеня  $n$ . Далі вирішується завдання лінійного програмування (2.3) з урахуванням умови (2.4), та реалізується метод поділу зони дослідження на сектори, обмежені векторами за заданими напрямками. Інтерфейс програми (рис. 3.11) складається із вікна, реалізованого в класичному стилі для роботи під операційною системою Windows.

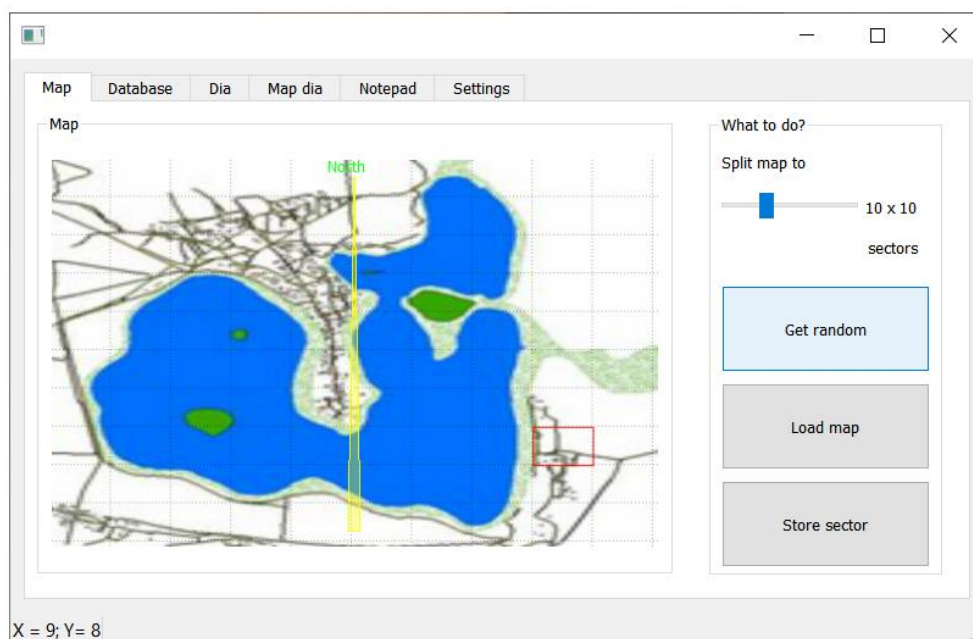


Рисунок 3.11 – Інтерфейс користувача програмної реалізації інформаційно-аналітичної системи моніторингу водної екосистеми на основі біоценозу

На прикладі (рис. 3.11) наведене одне з озер каскаду Боздоського парку. Початком дослідження є виведення карти або супутникового знімка у вікно візуалізації результатів, що є основним робочим інструментом інтерфейсу користувача, як це показано на рис. 3.11. На це вікно накладається сітка прив'язки на місцевості сітка з поділом на комірки від 1 x 1 до 30 x 30. За допомогою бігунка «Spilit map to ... sectors» існує можливість досліднику самому визначити, на скільки клітин розбити ділянку для досліджень і якого вони розміру в залежності від площі досліджуваної водної акваторії. Така розбивка дозволяє визначити зручний для дослідника масштаб візуалізації та співвідносити зображення з реальними розмірами водної поверхні.

За допомогою натискання кнопки «Get random» здійснюється вибір точки на карті дослідження – червоною рамкою позначається комірка з умовною почтаковою точкою у центрі. Цей осередок візуалізує прямокутник на місцевості, де необхідно здійснити перший знімок. Перший отриманий за допомогою програми прямокутник з певними координатами точки стає базовою точкою X, від якої будуються вектори напрямків, на яких також здійснюється фотофіксація стану території для подальшого моделювання ситуацій екологічного стану озера.

Кнопкою "Store sector" фіксуються координати точки в таблиці бази даних програми (на вкладці Database). При цьому автоматично фіксується дата, час та погодні умови, за яких проводиться дослідження.

Збір та обробку результатів можна призупинити на будь-якому етапі та експортувати отримані результати для подальшої обробки у вигляді таблиці MS Excel із додаванням координат, де було зроблено кожен знімок. Ці координати і стають полюсними точками, за яким рухатиметься БПЛА.

Обробка результатів у програмі проводиться так:

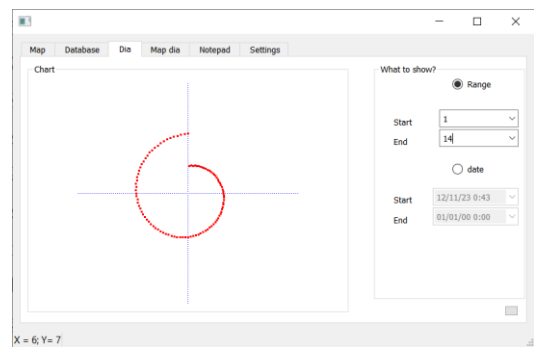
- 1) Вибираються фактичні параметри та визначаються величини, необхідні для виконання роботи;
- 2) Будуються масиви вхідних параметрів, результатів, часового інтервалу;

- 3) Визначається попередній ступінь полінома апроксимації за допомогою масивів;
- 4) Виходить нова точка;
- 5) Здійснюється зменшення довжини підінтервалу на половину та відновлення лічильників;
- 6) Будується матриця обмежень.
- 7) Формується масив точок  $C$  з базовою точкою  $X$ .
- 8) Здійснюється фіксація результатів та перехід до нового підінтервалу апроксимації.
- 9) Після обчислення довжини кроку для побудови нового вектору  $X_1$  повторюються пункти 6 – 8;
- 10) Знову фіксуються результати та здійснюється перехід до нового підінтервалу апроксимації;
- 11) "STOP" – задається користувачем при отриманні необхідної кількості результатів;
- 12) Здійснюється збереження всіх отриманих результатів із формуванням бази даних.

Приклади побудови маршруту для озера, наведеного на рис. 3.11 представлені на рис. 3.12.



а)



б)

Рисунок 3.12 – Побудова маршруту руху БПЛА для контролю стану території відпочинку біля озера: а) за векторами; б) за полюсними точками



Виходячи з рис. 3.12, спочатку програмно розраховується маршрут за векторами, а потім промальовується за полюсними точками, що і є остаточним маршрутом руху, який охоплює всі необхідні об'єкти контролю стану території.

Лістинг коду програмної реалізації наведеного підходу представлений у Додатку Е.

### **3.4 Висновок до третього розділу**

В третьому розділі кваліфікаційної роботи представлений опис виконаної програмної реалізації удосконаленої технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон. Зокрема:

1) Розроблений модуль, що дозволяє обробляти інформацію, наведену у растрових форматах та переводити її у векторний формат. Така інформація може бути використана для порівняння станів території з використанням попередніх знімків та схем стану (змін берегової лінії, насадження та знищення дерев, виникнення стихійних звалищ і т. інш.).

2) Використано метод онтологій для прив'язки руху БПЛА за полюсними точками, які можуть означати окремі рослини, особливості місцевості, стан водного об'єкта, такий, як рівень розповсюдження різних видів водоростей). Це дозволяє задовольнити інтереси різних груп дослідників.

3) Розроблено програмну реалізацію, яка за окремими полюсними точками дозволяє задати модель руху БПЛА над зоною, яка досліджується.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі освітнього рівня магістр:

– проведено огляд джерел за темою дослідження та визначені основні невирішені питання в інформаційних технологіях, які використовуються для контролю екологічного стану, на основі чого було зроблено узагальнення щодо необхідності створення інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон з поєднанням вхідної інформації для обробки, що надходить за результатами контактних і дистанційних методів моніторингу територій;

– розроблено підхід до проектування інформаційної технології контролю екологічного стану міських рекреаційних зон на основі проведеної характеристики об'єктів дослідження. Представлені математичні моделі щодо використання зображень ДЗЗ, їх удосконалення для цілей дослідження та представлено алгоритм автоматизації процесу польоту БПЛА за визначеними базисними точками, на яких фіксуються зміни стану рекреаційної зони з метою наступного введення знімків дистанційного зондування до бази даних та проведення обробки інформації і порівняння візуальних змін території дослідження;

– на основі представлених моделей та алгоритмів вирішена задача автоматизації контролю екологічного стану рекреаційних зон та наведена їхня програмна реалізація. Приведено програмну реалізацію модулю обробки графічної інформації, яка дозволяє описувати територію векторами. Автоматизовано удосконалений підхід екологічного дослідження територій та розроблено програму маршрутизації БПЛА за описом маршруту сплайнами.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Huntington, H. P. (2000). Using traditional ecological knowledge in science: Methods and applications. *Ecological Applications*. 10 (5): 1270–1274. [doi:10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1270:UTEKIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1270:UTEKIS]2.0.CO;2)
2. Davis, A.; Wagner, J. R. (2003). Who knows? On the importance of identifying "experts" when researching local ecological knowledge. *Human Ecology*. 31 (3): 463–489. [doi:10.1023/A:1025075923297](https://doi.org/10.1023/A:1025075923297)
3. McMichael, A. J.; Bolin, B.; Costanza, R.; Daily, G. C.; Folke, C.; Lindahl-Kiessling, K.; et al. (1999). Globalization and the Sustainability of Human Health. *BioScience*. 49 (3): 205–210. [doi:10.2307/1313510](https://doi.org/10.2307/1313510)
4. McDonnell, M. J.; Pickett, S. T. A. (1990). "Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: An unexploited opportunity for ecology". *Ecology*. 71 (4): 1232–1237. [doi:10.2307/193825](https://doi.org/10.2307/193825)
5. Про затвердження положення про Державну систему моніторингу довкілля : Постанова КМУ від 30.03.1998 р. за № 391 [Електронний ресурс] // Офіц. текст. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF>.
6. Eichvald E. I. Naturhistorische Skizze von Lithauen, Volynien und Podolien in geognostisch mineralogischer, botanischer und zoologischer Hinsicht / E. I. Eichvald. — Wilno, 1830. — 210 s.
7. Ruhle E. Utwory lodowcowe zachodniej czesci Polesia Wolynskiego / E. Ruhle // Kosmos. — 1937. — Vyp. IV. — S. 103–112.
8. Kulczyński S. Torfowiska Polesia / S. Kulczyński. — Krakow, 1940. — 777 s.
9. Бондарчук В. Г. Геологічна будова Української РСР / В. Г. Бондарчук. — К. : Рад. шк., 1963. — 376 с.
10. Заморій П. К. Четвертинні відклади Українського Полісся / П. К. Заморій // Нариси про природу і сільське господарство Українського Полісся. — К. : КДУ, 1955. — 45 с.

11. Інформатизація аерокосмічного землезнавства / В. И. Лялько, С. О. Довгий, О. М. Трофимчук [та ін.]; НАН України, Ін-т геол. наук, Центр аерокосм. досліджень Землі [та ін.]. – К. : Наук. думка, 2001. – 606 с.
12. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / Р. Е. Пащенко, В. В. Радчук, Г. Я. Красовський, І. В. Радчук [та ін.]; під ред. С. О. Довгого. – К. : Пономаренко Є.В., 2013. – 316 с.
13. Красовський Г. Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем з застосуванням геоінформаційних технологій / Г. Я. Красовський. – К. : Наук. думка, 2007. – 493 с.
14. Бейдик О. О. Рекреаційно-туристські ресурси України : методологія та методика аналізу, термінологія, районування / О. О. Бейдик; КНУ ім. Тараса Шевченка. – К. : Київ. ун-т, 2001. - 395 с. : табл. – Бібліогр.: с. 341-372. – ISBN 966-594-260-3.
15. Закон України Про охорону навколишнього природного середовища. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
16. Бейдик О. О. Тлумачний словник термінів з рекреаційної географії (географія туризму): Роздавальний матеріал для студ. географ. фак. / О. О. Бейдик; КНУ ім. Тараса Шевченка. – К., 1993. – 56 с.
17. Skrimizea, Eirini; Haniotou, Helene; Parra, Constanza (2019). On the 'complexity turn' in planning: An adaptive rationale to navigate spaces and times of uncertainty. *Planning Theory*. 18: 122–142. [doi:10.1177/1473095218780515](https://doi.org/10.1177/1473095218780515)
18. Yvon-Durocher, Gabriel; Caffrey, Jane M.; Cescatti, Alessandro; Dossena, Matteo; Giorgio, Paul del; Gasol, Josep M.; Montoya, José M.; Pumpanen, Jukka; Staehr, Peter A. (2012). "Reconciling the temperature dependence of respiration across timescales and ecosystem types". *Nature*. 487 (7408): 472–476. [doi:10.1038/nature11205](https://doi.org/10.1038/nature11205)
19. Díaz, Sandra; Demissew, Sebsebe; Carabias, Julia; Joly, Carlos; Lonsdale, Mark; Ash, Neville; Larigauderie, Anne; Adhikari, Jay Ram; Arico, Salvatore; Baldi,

- András; Bartuska, Ann (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 14: 1–16. [doi:10.1016/j.cosust.2014.11.002](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002)
20. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. Изд.2-е, испр. – М.: Наука, Гл. Ред. физ.-мат. лит., 1987. – 552 с.
21. ISO 14001:2015: "Environmental management systems. Requirements with guidance for use" (2015). <https://www.iso.org/standard/60857.html>
22. Міністерство охорони навколишнього природного середовища. Про затвердження Правил створення та експлуатації автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки та Регламенту створення та функціонування автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки. Наказ від 27.03.2009 № 148. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0148617-09#Text>
23. Варламов Є. М. Автоматизовані системи екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки / Є. М. Варламов // *Экология и промышленность*. – 2008. – № 3. – С. 83-87. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom\\_2008\\_3\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2008_3_18).
24. Yarovyi O. Системи управління безпілотними літальними апаратами для здійснення моніторингу наземних об'єктів / О. Yarovyi // *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 3 (49). – С. 33-38. – doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.3.033>
25. Глушков В.М., Стогний А.А., Афанасьев В.Н. Автоматизированные информационные системы. – М.: Знание, 1973. – 64 с.
26. Мехед, О. Т. Дрони (БПЛА), їх роль у сучасному житті та екології / О. Т. Мехед, Н. М. Защепкіна // XV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 14-15 червня 2022 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – С. 128-130. – Бібліогр.: 6 назв.

27. Smetanin K. Особливості використання безпілотних літальних апаратів в екологічному моніторингу / К. Smetanin // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 3 (49). – С. 22-25. – doi:<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.3.022>.
28. Кряжич О.О., Коваленко О.В., Грицишин В.О. Задача опису забрудненої території з мінімізацією точок забору проб / Кряжич О.О., Коваленко О.В., Грицишин В.О. // Математичне моделювання в економіці. – 2019. – № 1. – С. 20–32.
29. Карпати інфо. <https://www.karpaty.info/ua/uk/zk/ug/uzhgorod/sights/>
30. Експерсії Ужгородом: навч. посіб. Кн. 1 / за ред. Р. Офіцинського. – Ужгород: РІК-У, 2017. – 338 с. – (Туристичні маршрути Закарпаття). – ISBN [617-7404-47-6](https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.3.022).
31. TS2 SPACE. ПЕРЕВАГИ ДРОНІВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ. [HTTPS://TS2.SPACE/UK/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D0%B3%D0%B8-%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B2-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BC%D0%BE%D0%BD-2/](https://TS2.SPACE/UK/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D0%B3%D0%B8-%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B2-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BC%D0%BE%D0%BD-2/)
32. Howell, R.G.; Jensen, R.R.; Petersen, S.L.; Larsen, R.T. Measuring Height Characteristics of Sagebrush (*Artemisia* sp.) Using Imagery Derived from Small Unmanned Aerial Systems (sUAS). *Drones* 2020, 4, 6. <https://doi.org/10.3390/drones4010006>.
33. Filippelli, S.K.; Lefsky, M.A.; Rocca, M.E. Comparison and integration of lidar and photogrammetric point clouds for mapping pre-fire forest structure. *Remote Sens. Environ.* 2019, 224, 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.029>.
34. Tonkin T.N., Midgley N.G., Graham D.J., Labadz J.C.. The potential of small unmanned aircraft systems and structure-from-motion for topographic surveys: A test of emerging integrated approaches at Cwm Idwal. North Wales.

- Geomorphology. Volume 226. 2014. Pages 35-43.  
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.021>.
35. Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської ОДА. Офіційний веб-сайт. <https://ecozakarp.at.gov.ua/?p=4911>
36. Varosh. Екологічний рейтинг України 2022. <https://varosh.com.ua/noviny/ekologichnyj-rejtyng-ukrayiny-2022-zakarpattya-na-tretomu-misczi/>
37. Карти Google: Боздоський парк м. Ужгород. <https://www.google.com/maps/place/%D0%91%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9+%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BA/@48.6188791,22.2705368,375m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x4739185af9100561:0xbe4bc884b79aee9e!8m2!3d48.6212246!4d22.2655132!16s%2Fg%2F11cmh5258v?entry=ttu>
38. Huadong G.; Qingni H.; Xinwu L.; Zhongchang S.; Ying Z. (2013). Spatiotemporal analysis of urban environment based on the vegetation–impervious surface–soil model. *Journal of Applied Remote Sensing*. 8: 084597. [doi:10.1117/1.JRS.8.084597](https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.084597)
39. Chuanrong Z.; Xinba L. (2022). Land Use and Land Cover Mapping in the Era of Big Data. *Land*. 11 (10): 1692. [doi:10.3390/land11101692](https://doi.org/10.3390/land11101692)
40. Wang R.; Gamon J. A. (2019). Remote sensing of terrestrial plant biodiversity. *Remote Sensing of Environment*. 231: 111218. [doi:10.1016/j.rse.2019.111218](https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111218)
41. Cerrejón C.; Valeria O.; Marchand Ph.; Caners R.T.; Fenton N. J. (2021). No place to hide: Rare plant detection through remote sensing. *Diversity and Distributions*. 27 (6): 948–961. [doi:10.1111/ddi.13244](https://doi.org/10.1111/ddi.13244)
42. Aparicio M., Costa C. J. (2014). Data visualization. *Communication Design Quarterly Review* 3 (1): 7–11. [doi:10.1145/2721882.2721883](https://doi.org/10.1145/2721882.2721883)
43. Загальна гідрологія /За ред. В. К. Хільчевського і О. Г. Ободовського: Підручник. – 2-ге вид., доповнене. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 399 с. – [ISBN 978-966-439-016-0](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.021)

44. Karlusich P., José J.; Ibarbalz Fe. M.; Bowler C. (2020). Phytoplankton in the Tara Ocean. *Annual Review of Marine Science*. 12 (1): 233–265. ISSN 1941-1405.
45. Acevedo-Trejos, E., Brandt, G., Bruggeman, J., and Merico, A. (2015). Mechanisms shaping size structure and functional diversity of phytoplankton communities in the ocean. *Sci. Rep.* 5:8918. doi: 10.1038/srep08918.
46. Ardyna, M., Claustre, H., Sallée, J.-B., D'Ovidio, F., Gentili, B., van Dijken, G., et al. (2017). Delineating environmental control of phytoplankton biomass and phenology in the Southern Ocean: phytoplankton dynamics in the SO. *Geophys. Res. Lett.* 44, 5016–5024. doi: 10.1002/2016GL 072428.
47. Hirnyak, K. & Bagriy, M.. (2016). РЕКРЕАЦІЙНІ ЗОНИ ЗАКАРПАТТЯ: СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology*. 18. 17-22. 10.15421/nvlvet6904.
48. Burden R.; Faires D. (2015). *Numerical Analysis* (10th ed.). Cengage Learning. pp. 142–157. [ISBN 9781305253667](#).
49. Kryazhych O., Itskovych V., Iushchenko K., Hrytsyshyna V., Bruvier D., Nykytyuk V., Bodnarchuk I. (2023) The use of abstract moore automaton to control the sensors of a service-oriented alarm and emergency notification network. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 109, no 1, pp. 111–120.
50. Süli E.; Mayers D. (2003).. *An Introduction to Numerical Analysis*. Chapter 6. Cambridge University Press. [ISBN 0-521-00794-1](#).
51. Кряжич О.О. Алгоритм апроксимації функцій з використанням методу Дж. Зойтендейка / О.О. Кряжич // *Математичне моделювання в економіці*. – 2016. – № 1(5). – С. 19-29. – Бібліогр.: 8 назв. <http://dspace.nbuu.gov.ua/handle/123456789/131838>
52. Uzhgorod.net.ua Втрачений Ужгород: як з'явився радванський кар'єр. <https://uzhgorod.net.ua/news/160328>
53. Стрижак О. Є. Методика створення онтологічного інтерфейсу у середовищі WEB-порталу / О. Є. Стрижак, М. А. Попова, К. В. Ляшук // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2014. – № 2. – С. 78–84.



54. Стрижак О. Є. Онтологічні інформаційно-аналітичні системи / О. Є. Стрижак // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2014. – № 3. – С. 71–76.

## **ДОДАТКИ**

## Апробація результатів кваліфікаційної роботи рівня «Магістр»



Приватна наукова установа «Центр економіко-правових досліджень»  
вул. Січових Стрільців, 40-а, м. Київ, 04053; e-mail: [elresearchcenter@gmail.com](mailto:elresearchcenter@gmail.com);  
сайт: [el-research.center](http://el-research.center) Код ЄДРПОУ 41090200

«14» листопада 2023 р. № 607/2-01

## ДОВІДКА

щодо апробації результатів кваліфікаційної роботи  
рівня «Магістр» на тему «Інформаційна технологія контролю  
екологічного стану міських рекреаційних зон»  
Грицишиної Вероніки Андріївни

Результати кваліфікаційної роботи Грицишиної Вероніки Андріївни на тему «Інформаційна технологія контролю екологічного стану міських рекреаційних зон» були апробовані під час проведення оцінки стану територій, що зазнали негативного впливу під час російської агресії на території Київської області.

Одержані Грицишиною В.А. результати роботи збіглися з даними візуальних спостережень. З використанням запропонованих у роботі алгоритмів було здійснено контроль зсувів ґрунту та ділянок деградації територій, спричинених непереборними впливами на довкілля.

Директор  
кандидат юридичних наук  
старший науковий співробітник



Ірина КРЕМЕНОВСЬКА

## Публікація наукової статті (журнал кат. Б)

Вісник Тернопільського національного технічного університету  
[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu)  
 Scientific Journal of the Ternopil National Technical University  
 2023, № 1 (109) [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2023.01](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.01)  
 ISSN 2522-4433. Web: [visnyk.tntu.edu.ua](http://visnyk.tntu.edu.ua)

UDC 004.415

**THE USE OF ABSTRACT MOORE AUTOMATON TO CONTROL THE  
 SENSORS OF A SERVICE-ORIENTED ALARM AND EMERGENCY  
 NOTIFICATION NETWORK**

**Olha Kryazhych<sup>1,2</sup>; Victoria Itskovych<sup>3</sup>; Kateryna Iushchenko<sup>3</sup>; Veronika  
 Hrytsyshyna<sup>4</sup>; Danylo Bruvier<sup>4</sup>; Vyacheslav Nykytyuk<sup>2</sup>; Ihor Bodnarchuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Telecommunications and Global Information Space of National  
 Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine*

<sup>3</sup>*Institute of Telecommunications and Global Information Space of National  
 Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>4</sup>*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine*

*Summary. The paper aims to achieve the ability of an abstract Moore automaton to control the sensors of a service-oriented alarm system for notification of emergency situations in a metropolis. An important procedure is minimization of the internal settings of the automaton, on the basis of which there will be a graph of transitions to the machine for which a synchronous trigger is turned on – a switch between sensors, - which allows not only to receive information, but also to confirm that it is necessary to notify about the current emergency situation. The relevance of those proves the need for security of living in the urban environment. Constant monitoring of the parameters of the medium is of high necessity. This allows to balance the key factors influencing the system in order to make a sound management decision. The possible ways of using an abstract Moore automaton to control the sensors of a service-oriented alarm system about emergency situations in a metropolis is analysed.*

*Key words: Aufenkamp-Honu algorithm, equivalence, trigger, synchronous transition, graph, signal, combination, parameter.*

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2023.01.111](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.01.111)

Received 11.01.2023

**The problem formulation.** Urbanization not only excessively loads the environment but causes the problems bound with society functioning of in overpopulated cities. One of these issues is the safety of residence places. The problem lies in comprehensive study of parameters that influence the result and make it possible to balance the controlling influences on the system to obtain a considered management solution. This can be achieved through the development of a service-oriented network, which signals the possibility of an emergency situation, a threat to the environment and people, by means of installed sensors which constantly monitor the urban environment.

**Analysis of available research results.** British Standards Institution embraces all the mentioned by the term ‘Smart City’ [1]. In particular, this notion also denotes keeping the safety of human activity and environment by means of modern information communicative technologies [2]. At the same time, the energy efficiency of networks that transmit information about the state of the studied urban environment is of considerable importance [3]. That is why researchers [4–6] tend to use LoRaWaN technology to build service-oriented networks for notification of emergency situations and critical parameters within the framework of smart city technology [7]. The main problems to be solved in this case are creating of technologies for combining devices into a network and their management [8], as well as developing the models

of a complex system of the research object [9], where network devices are points-sources of input information [5].

**Objective of the research** is to study the possible use of the Moore abstract automaton to control the sensors of the service-oriented network of alarm and emergency notification in the metropolis. A well-balanced network device management system allows receiving information without interference, failures and noise, which ultimately leads to efficient network operation. At the same time, the procedure for minimizing the internal states of automaton is important, based on which the transition graph of the automaton is built, after which a synchronous trigger – a switch between sensors – is turned on. This allows not only to obtain data but also to confirm or deny the occurrence of an emergency.

**Statement of the problem.** This paper considers the task of sensor management of a service-oriented network. The sensors of such a network are of the same type according to the types of tasks. For example, CO<sub>2</sub> carbon dioxide sensors in the residential area of the city. There can be several dozens to hundreds of such network devices in just one district of the metropolis. In addition to sensors, executive devices, controllers and other objects that require control automation with minimization of repetition of the same type of actions are connected to the network.

The use of abstract automaton for algorithmization of processes in service-oriented network requires the division of all states of the original abstract automaton into classes of equivalent states that do not overlap, and the replacement of each equivalence class by one state. According to this approach, it is possible to describe a mathematical model of a system where there are many input actions of the same type, transitions between states that allow to isolate similar input data, and to draw a conclusion for each group of input results, taking into account the limitations caused by transitions between states [10, 11]. That is, a minimum of states and a given output function are obtained. The idea of using an abstract automaton to control the sensors of a service-oriented network arose according to [11].

The given problem can be solved by the Aufenkamp-Hohn algorithm [12] while minimizing the number of internal states of the Milli automaton  $S = \{X, Y, A, \lambda, \delta, a_0\}$ :

1. Find successive partitions  $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k, \pi_{k+1}$ , of the set  $A$  into classes of one-, two-, ...,  $K, (K + 1)$ -equivalent states until at  $(K + 1)$  step it will turn out that  $\pi_k = \pi_{k+1}$ . In this case, the  $K$ -equivalent states are equivalent. The number of steps  $K$ , at which  $\pi_k = \pi_{k+1}$ , does not exceed  $N-1$ , where  $N$  is the number of internal states of the automaton.

2. In each equivalence class  $\pi$ , one representative of the class is selected, which form sets  $A'$  of the states of the minimal automaton  $S'$ .

3. The function of transitions  $\delta'$  and outputs  $\lambda'$  of the automaton  $S'$  is determined on the set  $A' \times X$ . For this, in the table of transitions and exits, the columns corresponding to the states included in the set  $A'$  are crossed out. The remaining columns of the transition table change their state to the equivalent one from the set  $A'$  to the corresponding elements.

4. One of the states equivalent to state  $a_0$  is selected as  $a'_0$ .

In the minimization of the Moore automaton, the concept of 0-equivalence of states and the division of the set of states into 0-classes is introduced: any states of the Moore automaton, marked by the same output signals, are called 0-equivalent. For example, minimization of the Moore automaton can be given as follows (Table 1).

**Table 1**

Table of transitions and outputs of the Moore automaton

Y	y <sub>1</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>2</sub>
A	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>2</sub>
x <sub>2</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>8</sub>



Then the partition of  $\pi_0$  will be as follows:

$$\pi_0 = \{B_1, B_2, B_3\};$$

$$B_1 = \{a_1, a_2, a_8\}, B_2 = \{a_6, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}\}, B_3 = \{a_3, a_4, a_5, a_7\}.$$

Accordingly, the partition by  $\pi_0$  can be presented in the Table 2:

**Table 2**

Table of partition by  $\pi_0$

Y	B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>					B <sub>3</sub>			
A	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>
x <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>

According to the given algorithm,  $\pi_1$  is split:

$$\pi_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_4\};$$

$$C_1 = \{a_1, a_2, a_8\}, C_2 = \{a_6, a_9, a_{11}\}, C_3 = \{a_{10}, a_{12}\}, C_4 = \{a_3, a_4, a_5, a_7\},$$

with the corresponding partition table (Table 3).

**Table 3**

Table of partition by  $\pi_1$

Y	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>		C <sub>4</sub>			
A	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>
x <sub>2</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>

If perform the partition of  $\pi_2$ , the results will be obtained:

$$\pi_2 = \{D_1, D_2, D_3, D_4\};$$

$$D_1 = \{a_1, a_2, a_8\}, D_2 = \{a_6, a_9, a_{11}\}, D_3 = \{a_{10}, a_{12}\}, D_4 = \{a_3, a_4, a_5, a_7\},$$

indicating the completion of the splitting procedure, since the  $\pi_2$  split repeats the  $\pi_1$  split. After that, it is sufficient to choose arbitrarily one representative from each equivalence class  $D_1, D_2, D_3, D_4$  – in this case, by the minimum number:  $A = \{a_1, a_3, a_6, a_{10}\}$ . Then, by removing ‘redundant’ states from the original table of transitions, the minimum Moore automaton can be determined (Table 4).

**Table 4**

The minimal Moore automaton obtained according to the Aufenkamp-Hohn algorithm

Y	y <sub>1</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>2</sub>
A	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>10</sub>
x <sub>1</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>
x <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>1</sub>

Considering [12], it should be noted that the equivalence of states can be proved using iterative methods, but there may be restrictions on the input values. But for this study, this limitation is not significant, since the states of sensors of the system are clearly defined [13].

Note that, taking into account [14], it would be illogical to stop only at the specified one (Table 4) to solve the given problem, since further decisions are transferred to the plane of human management. And this can cause problems of obtaining relevant data during optimization [15]. That is why it is worth setting a trigger that will direct the sensors to perform actions according to a certain protocol.

For a trigger-type task, a shortened transition table with two information inputs and a full transition table of an asynchronous trigger with two information inputs X and Y are built in practice.

When constructing transition tables of a synchronous trigger, it should be borne in mind that when  $C = 0$ , the internal state of the trigger does not change regardless of the states of inputs X and Y, i.e.  $Q(t+1) = Q(t)$ , and when  $C = 1$ , the synchronous trigger functions as a corresponding asynchronous [16]. Taking this into account, it is possible to obtain both abbreviated and full transition tables of a synchronous trigger.

It should be mentioned that the study of the synchronous trigger was considered in [17], where the prospects of using digital automata in modern systems and networks were pointed out, and it was also noted that a similar task requires multi-faceted analysis in different directions.

**Analysis of numerical results.** We minimize the abstract Moore automaton designed to control the sensors responsible for monitoring the state of one object in the service-oriented network of emergency and emergency notification in the metropolis and specified by the table of transitions and outputs (Table 5).

Table 5

Table of transitions and outputs

Y	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>4</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>4</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>1</sub>
A	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>
X	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>10</sub>
x <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>10</sub>
x <sub>2</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>5</sub>
x <sub>3</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>7</sub>

We partition  $\pi_0 = \{B_1, B_2, B_3, B_4\}$ . For the Moore automaton  $\pi_0$  is partitioned by the input signal:

$$B_1 = \{a_1, a_5, a_9, a_{10}\}, B_2 = \{a_2, a_6, a_8\}, B_3 = \{a_3\}, B_4 = \{a_4, a_7\}.$$

Construct the  $\pi_0$  partition table (Table 6).

Table 6

 $\pi_0$  partition table

	B <sub>1</sub>				B <sub>2</sub>			B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	
A	a <sub>1</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>
x <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
x <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>

Olha Kryazhych, Victoria Itskovych, Kateryna Iushchenko,  
Veronika Hrytsyshyna, Danylo Bruvier, Vyacheslav Nykytyuk, Ihor Bodnarchuk

According to  $\pi_0$  partition table (Table 6), the partition of  $\pi_1$  is performed. When performing this partition, the analysis is carried out only within each separate set of  $B_i$ :

$$\pi_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9\}$$

$$C_1 = \{a_1, a_{10}\}, C_2 = \{a_5\}, C_3 = \{a_9\}, C_4 = \{a_2\}, C_5 = \{a_6\}, C_6 = \{a_8\}, C_7 = \{a_3\}, C_8 = \{a_4\}, C_9 = \{a_7\}.$$

Due to the obtained results, the table of partition  $\pi_1$  is constructed (Table 7)

**Table 7**

Table of partition of  $\pi_1$

	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>
A	a <sub>1</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>8</sub>
x <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>
x <sub>3</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>

On the basis of the above mentioned table of partition  $\pi_1$ , the partition of  $\pi_2$  is performed:

$$\pi_2 = \{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, D_9\}.$$

$$D_1 = \{a_1, a_{10}\}, D_2 = \{a_5\}, D_3 = \{a_9\}, D_4 = \{a_2\}, D_5 = \{a_6\}, D_6 = \{a_8\}, D_7 = \{a_3\}, D_8 = \{a_4\}, D_9 = \{a_7\},$$

which ultimately repeats the partition of  $\pi_1$ .

That is, the partitioning procedure can be completed, which makes it possible to create a combined table of transitions with the construction of a graph of transitions and to consider the combinations of the trigger, which will allow transferring the sensors to two stable states (action/stop) and make transitions between them (receiving information, transmitting information, checking own state, saving previous information for control in the cell). These transitions must be performed by all sensors in a certain sequence to ensure the relevance of the information received and transmitted by the service-oriented network.

**Results of the research.** From each equivalence class, we select one representative of this class. We choose  $a_1$  from the set  $D_1 = \{a_1, a_{10}\}$ , therefore  $a_1 \equiv a_{10}$ . In the transitions table, we cross out the column that corresponds to the state of  $a_{10}$ , and in the rest of the table, we replace  $a_{10}$  with  $a_1$ . We obtain a combined table of transitions and outputs of the minimal automaton (Table 8).

**Table 8**

Combined table of transitions and outputs of the minimal automaton

Y	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>4</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>4</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>1</sub>
A	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
X									
x <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>7</sub>
x <sub>2</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>9</sub>
x <sub>3</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>

Based on Table 8, it is possible to construct the transition graph of the Moore automaton (Fig. 1).



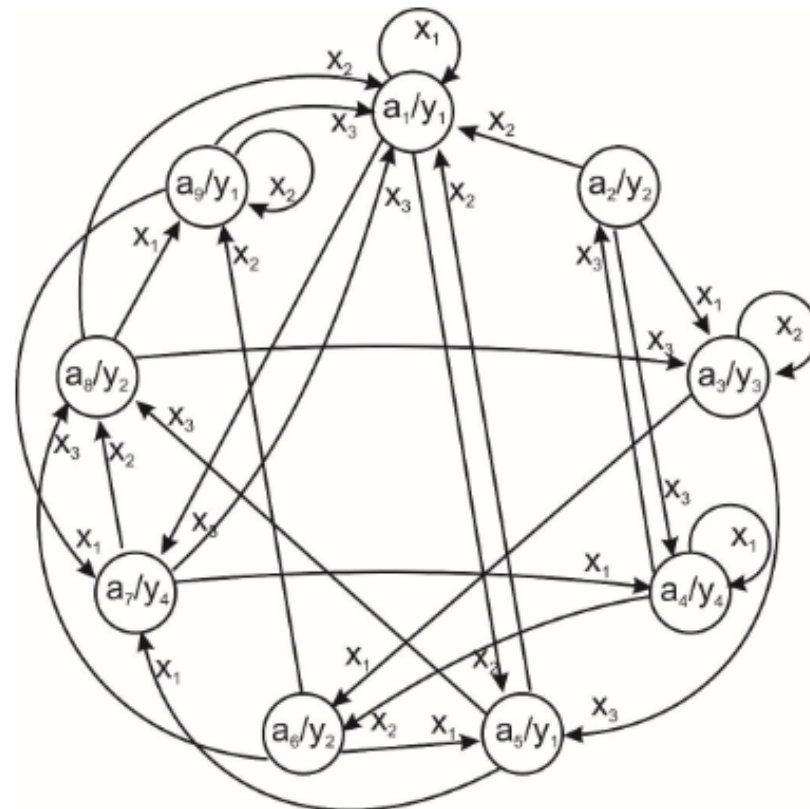


Figure 1. Transition graph of a Moore automaton

The automatic trigger has four possible options for transitions: «0-0», «0-1», «1-0», «1-1». Transitions table (Table 9) and signal combinations table (Table 10) were used to create the network test model.

Table 9

Experimental data of transitions

a) «0-0»

t		(t+1)
X	Y	Q
0	0	0
0	1	$\overline{Q(t)}$
1	0	$\overline{Q(t)}$
1	1	1

b) «0-1»

t			t+1
X	Y	Q	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Olha Kryzhych, Victoria Itskovych, Kateryna Iushchenko,  
Veronika Hrytshynna, Danylo Bruvier, Vyacheslav Nykytyuk, Ihor Bodnarchuk

The end of the table

t			t+1
C	X	Y	Q
0	0	0	Q(t)
0	0	1	Q(t)
0	1	0	Q(t)
0	1	1	Q(t)
1	0	0	0
1	0	1	Q(t)
1	1	0	Q(t)
1	1	1	1

t				t+1
C	X	Y	Q	Q
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Table 10

Combination of signals

Q(t)	Q(t+1)	X	Y
0	0	0	0
		0	1
0	1	1	0
		1	1
1	0	0	0
		1	0
1	1	0	1
		1	1

It can be noted that according to the transitions table (Table 9, b) there are correspondences to combinations of X and Y signals (Table 10).

Thus:

1. For the transition «0-0» X = 0, Y can be equal to 0 or 1.
2. For the transition «0-1» X = 1, Y can be equal to 0 or 1.
3. For the «1-0» transition, X can be equal to 0 or 1, and Y = 0.
4. For the «1-1» transition, X can be equal to 0 or 1, and Y = 1.

Then the transition matrix of the trigger can be written as follows:

0-0	0	b1
0-1	1	b2
1-0	b3	0
1-1	b4	1

where:

b1, b2, b3, b4 are random signals (0 or 1).

Determining of interdependence between the input variables of the trigger is a mandatory condition that provides the possibility of maximum simplification of circuits with memory, which ultimately also contributes to the energy efficiency of the network.

The obtained results can also be used in the implementation of 3D resumes, which allow personnel selection in real time with transitions between task events depending on the completed/uncompleted previous task. In this case, the trigger type can be RS, and to meet the conditions of the 3D resume, transitions will be made when a unit is submitted to the output upon successful completion of the task with a transition to another stage, or zero in the case of an incorrect response with a transition to questions at a lower level or exit from the testing service.

**Conclusions.** Within the research conducted by Academician Viktor Glushkov, it was noted about the widespread use of digital automata in various areas of business. Modern informatization and digitalization of society requires new or fundamentally improved approaches to the automation of operations and process management.

The paper analyses the possibility of using Moore's abstract automaton to control the sensors of the service-oriented network of emergency and emergency notification in the metropolis. It has been established that the minimization of the Moore automaton can be solved using the Aufenkamp-Hohn algorithm, which allows to isolate the equivalent state of the automaton: choose arbitrarily from each equivalence class one representative with the minimum number. After that, it is sufficient to remove from the original table of transitions other states that are superfluous for this case and determine the minimum Moore automaton. Then, the matrix of transitions of the trigger is formed, which, in this case, is not only just an action counter, but also triggers the action of the next sensor depending on what the input signal was.

The developed approach and the results obtained from the implementation of the test service-oriented network of notification of emergency and emergency situations in the metropolis allow the use of an abstract Moore automaton to automate the process of surveying sensors with verification of the received information from the source.

The obtained results can also be used in the implementation of 3D resumes, which allow personnel selection in real time with transitions between task events depending on the completed/uncompleted previous task.

#### References

1. British Standards Institution. URL: <https://www.bsigroup.com/>.
2. Batty M. et al. 2012. Smart Cities of the Future. *European Physical Journal ST*. 214: 481–518. Doi:10.1140/epjst/e2012-01703-3. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
3. Maksymov A., Vakhovych I., Hutnichenko T., Babicheva P., Vakulenko N., Iholnikova N., Tsyfra T., Molodid O., Molodid O., Bielienskova O., Iachmenova Yu., Doroshuk Yu., Skrypnyk A., Vakoliuk A., Boiko V., Sehedii M., Vakhovych D. Enerhoefektyvnist v munitsypalnomu sektori. Navchalnyi posibnyk dlia posadovykh osib mistsevoho samovriaduvannya. Asotsiatsiia mist Ukrainy. K.: TOV "Pidpriemstvo "VI EN EI", 2015. 184 p. [In Ukrainian].
4. Raza U., Kulkarni P., Sooriyabandara M., Low power wide area networks: an overview, *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 19 (2). 2017. P. 855–873. <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2652320>
5. LoRaWAN Specification. v1.1, LoRa Alliance/ 2017. URL: [https://lora-alliance.org/resource\\_hub/lorawan-specification-v1-1/](https://lora-alliance.org/resource_hub/lorawan-specification-v1-1/).
6. Ploennigs J., Cohn J., Stanford-Clark A., The future of IoT, *IEEE Internet Things Mag.* 1 (1). 2018. P. 28–33. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/IOTM.2018.1700021>.

Olha Kryazhych, Victoria Itskovych, Kateryna Iushchenko,  
Veronika Hrytsyshyna, Danylo Bruvier, Vyacheslav Nykytyuk, Ihor Bodnarchuk

7. Shepard, Mark 2011. *Sentient City: Ubiquitous Computing, Architecture, and the Future of Urban Space*. New York City. Architectural League of New York. The Architect's Newspaper. ISBN 978-0262515863.
8. Zghurovskiy M. Z., Pankratova N. D. *Systemnyi analiz. Problemy, metodolohiia zastosuvannia*. K.: "Naukova dumka", 2011. 728 p. [In Ukrainian].
9. Gill A. *Vvedenie v teoriyu konechnikh avtomatov*. M.: Nauka, 1966. 272 p. [In Russian].
10. Glushkov V. M. *Abstraktnaya teoriya avtomatov*, UMN, 16:5(101) (1961), 3–62; *Russian Math. Surveys*, 16:5 (1961), 1–53. [In Russian]. <https://doi.org/10.1070/RM1961v016n05ABEH004112>
11. Aufenkamp D. D., Khon F. Ye., *Analiz posledovatel'nostnykh mashin*. *Matematika*, 3:3 (1959), 129–148; *IRE Trans.*, 6 (1957), 276–285. [In Russian].
12. Glushkov V. M. *Sintez tsifrovikh avtomatov*. M.: GIFML, 1962. 476 p. [In Russian].
13. Butsiy R., Lupenko S. *Comparative analysis of neurointerface technologies for the problem of their reasonable choice in human-machine information systems*. *Scientific Journal of TNTU*. 2020. Vol. 100. No. 4. P. 135–148. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2020.04.135](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2020.04.135)
14. Yemets V. *Technological systems investigation machines tools with parallel structure kinematic*. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. Vol. 102. No. 2. P. 37–44. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2021.02.037](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2021.02.037)
15. Mano, M. Morris; Kime, Charles R. 2004. *Logic and Computer Design Fundamentals*, 3rd Edition. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Education International. P. 283. ISBN 0-13-191165-1.
16. Lukac M., Kameyam M., Perkowski M. *Quantum Finite State Machines – a Circuit Based Approach*. *International Journal of Unconventional Computing*. 2013. Vol. 9. Issue 3/4. P. 267–301. 35 p.
17. Elshabrawy T., Robert J. *Interleaved chirp spreading lora-based modulation*, *IEEE Internet Things J.* 6 (2). 2019. P. 3855–3863. <https://doi.org/10.1109/IIOT.2019.2892294>

#### Список використаних джерел

1. British Standards Institution. URL: <https://www.bsigroup.com/>.
2. Batty M. et al. 2012. *Smart Cities of the Future*. *European Physical Journal ST*. 214: 481–518. Doi: 10.1140/epjst/e2012-01703-3. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
3. Максимов А., Вахович І., Гутніченко Т., Бабічева П., Вакуленко Н., Ігольнікова Н., Цифра Т., Молодіт О., Молодіт О., Беленкова О., Ячменьова Ю., Дорошук Ю., Скрипник А., Ваколюк А., Бойко В., Сегедій М., Вахович Д. *Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування*. Асоціація міст України. К.: ТОВ «Підприємство «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. 184 с.
4. Raza U., Kulkarni P., Sooriyabandara M., *Low power wide area networks: an overview*, *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 19 (2). 2017. P. 855–873. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/COMST.2017.2652320>.
5. LoRaWAN Specification. v1.1, LoRa Alliance/ 2017. URL: [https://lora-alliance.org/resource\\_hub/lorawan-specification-v1-1/](https://lora-alliance.org/resource_hub/lorawan-specification-v1-1/).
6. Ploennigs J., Cohn J., Stanford-Clark A., *The future of IoT*, *IEEE Internet Things Mag.* 1 (1). 2018. P. 28–33. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/IOTM.2018.1700021>.
7. Shepard, Mark 2011. *Sentient City: Ubiquitous Computing, Architecture, and the Future of Urban Space*. New York City. Architectural League of New York. The Architect's Newspaper. ISBN 978-0262515863.
8. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. *Системний аналіз. Проблеми, методологія застосування*. К.: «Наукова думка», 2011. 728 с.
9. Гилл А. *Введение в теорию конечных автоматов*. М.: Наука, 1966. 272 с.
10. Глушков В. М. *Абстрактная теория автоматов*, УМН, 16:5(101) (1961), 3–62; *Russian Math. Surveys*, 16:5 (1961), 1–53. <https://doi.org/10.1070/RM1961v016n05ABEH004112>
11. Ауфенкамп Д. Д., Хон Ф. Е., *Анализ последовательностных машин*. *Математика*, 3:3 (1959), 129–148; *IRE Trans.*, 6 (1957), 276–285.
12. Глушков В. М. *Синтез цифровых автоматов*. М.: ГИФМЛ, 1962. 476 с.
13. Butsiy R., Lupenko S. *Comparative analysis of neurointerface technologies for the problem of their reasonable choice in human-machine information systems*. *Scientific Journal of TNTU*. 2020. Vol. 100. No. 4. P. 135–148. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2020.04.135](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2020.04.135)
14. Yemets V. *Technological systems investigation machines tools with parallel structure kinematics*. *Scientific Journal of TNTU*. Vol. 102. No. 2. P. 37–44. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2021.02.037](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2021.02.037)
15. Mano, M. Morris; Kime, Charles R. 2004. *Logic and Computer Design Fundamentals*, 3rd Edition. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Education International. P. 283. ISBN 0-13-191165-1.
16. Lukac M., Kameyam M., Perkowski M. *Quantum Finite State Machines – a Circuit Based Approach*. *International Journal of Unconventional Computing*. 2013. Vol. 9. Issue 3/4. P. 267–301. 35 p.
17. Elshabrawy T., Robert J. *Interleaved chirp spreading lora-based modulation*, *IEEE Internet Things J.* 6 (2). 2019. P. 3855–3863. <https://doi.org/10.1109/IIOT.2019.2892294>



УДК 004.415

## ВИКОРИСТАННЯ АБСТРАКТНОГО АВТОМАТА МУРА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ДАТЧИКАМИ СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНОЇ МЕРЕЖІ ОПОВІЩЕННЯ ПРО НАДЗВИЧАЙНІ ТА АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ

Ольга Кряжич<sup>1,2</sup>; Вікторія Іцкович<sup>3</sup>; Катерина Ющенко<sup>3</sup>;  
Вероніка Грицишина<sup>4</sup>; Данило Брувер<sup>4</sup>; Вячеслав Никитюк<sup>2</sup>;  
Ігор Боднарчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна

<sup>3</sup>Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна

<sup>4</sup>Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Северодонецьк, Україна

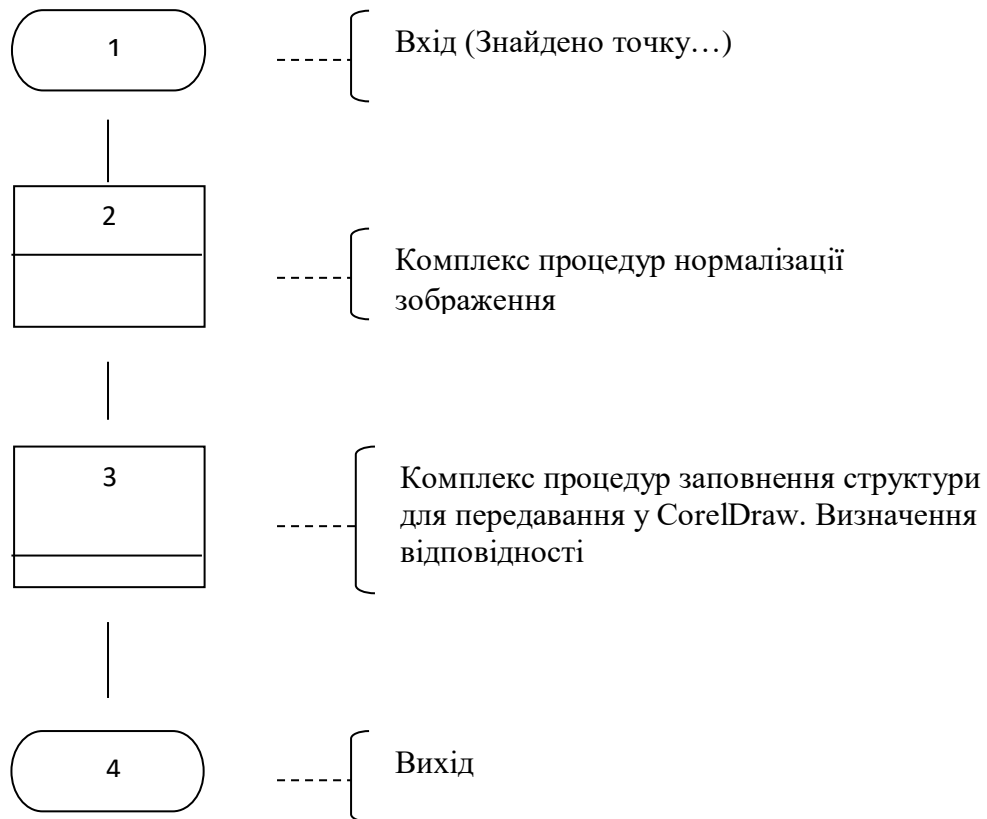
**Резюме.** Метою роботи є дослідження можливості використання абстрактного автомата Мура для управління датчиками сервіс-орієнтованої мережі оповіщення про надзвичайні та аварійні ситуації в мегалісі. Важливою є процедура мінімізації внутрішніх станів автомата, на основі чого будується граф переходів автомата, за яким вмикається синхронний тригер – перемикач між датчиками, – що дозволяє не просто отримати інформацію, а й підтвердити чи спростувати настання екстреної ситуації. Актуальність теми підтверджується необхідністю забезпечення безпеки проживання в урбаністичному середовищі. Необхідним є постійний моніторинг параметрів середовища, які дозволяють збалансувати керуючі впливи на систему для отримання зваженого управлінського рішення. Проаналізовано можливість використання абстрактного автомата Мура для управління датчиками сервіс-орієнтованої мережі оповіщення про надзвичайні та аварійні ситуації в мегалісі. Встановлено, що проведення мінімізації автомата Мура можна вирішити за алгоритмом Ауфенкампа-Хоу, що дозволяє вичленювати еквівалентний стан автомата: вибрати довільно з кожного класу еквівалентності по одному представнику за мінімальним номером. Після цього достатньо видалити з вихідної таблиці переходів інші, зайві для даного випадку, стани та визначити мінімальний автомат Мура. Після цього формується матриця переходів тригера, яка, у даному випадку, не лише є просто лічильником дій, а й запускає в дію чергового датчика залежно від того, який був вихідний сигнал. Розвинений підхід та отримані результати з реалізації у тестовій сервіс-орієнтованій мережі оповіщення про надзвичайні та аварійні ситуації в мегалісі дозволяють використовувати абстрактний автомат Мура для автоматизації процесу опитування датчиків з перевіркою отриманої інформації від джерела. Отримані результати можуть бути також використані при реалізації 3D резюме, які дозволяють здійснювати відбір персоналу в режимі реального часу з переходами між подіями-завданнями залежно від виконаного/невиконаного попереднього завдання.

**Ключові слова:** алгоритм Ауфенкампа-Хоу, еквівалентність, тригер, синхронний перехід, граф, сигнал, комбінація, параметр.

[https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2023.01.111](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.01.111)

Отримано 11.01.2023

## Додаток В

**Загальна логіка алгоритму реалізації сервісу обробки інформації  
у графічних форматах**

**Блок-схема реалізації сервісу обробки інформації  
у графічних форматах**

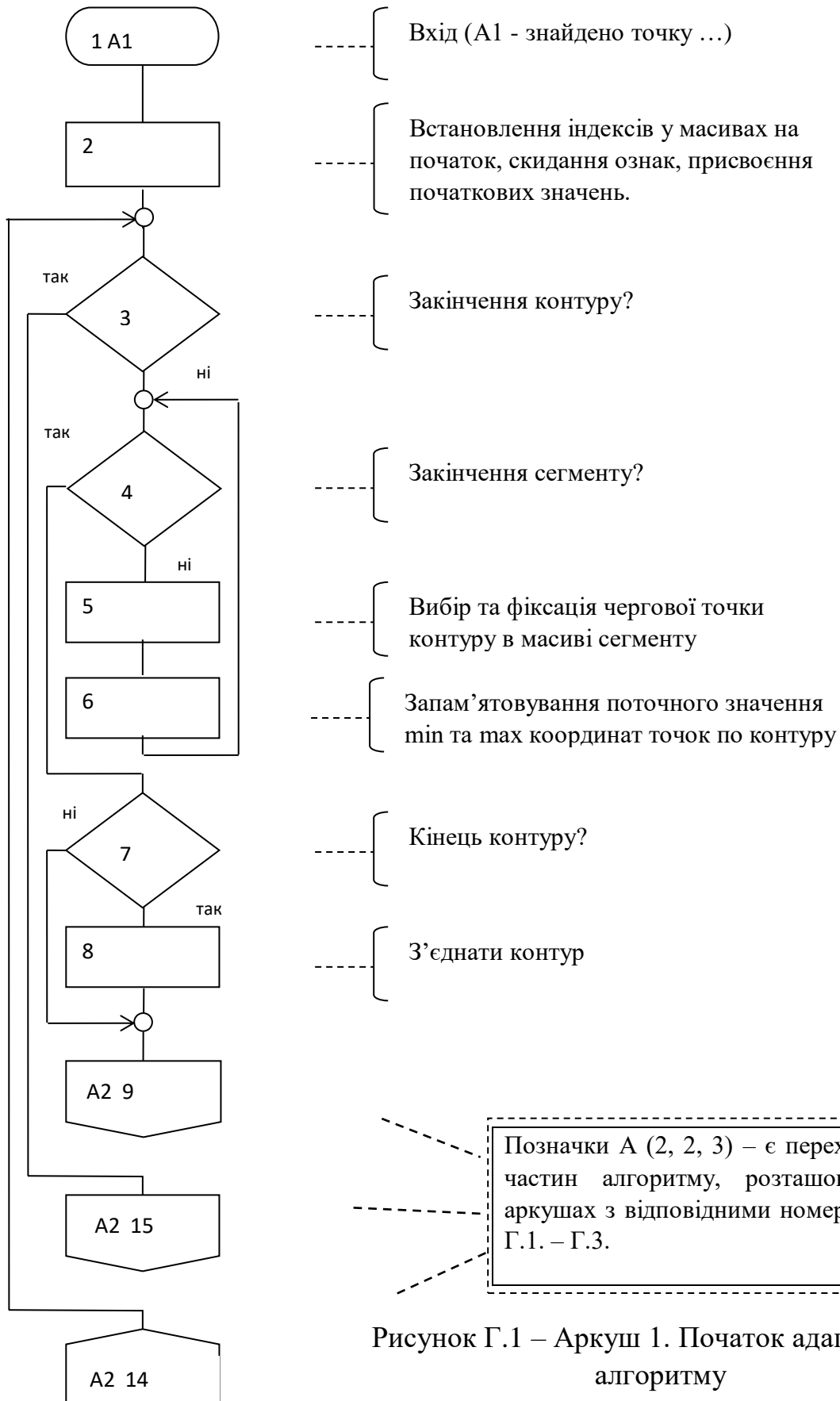


Рисунок Г.1 – Аркуш 1. Початок адаптивного алгоритму



Рисунок Г.2 – Аркуш 2. Виконання перетворень



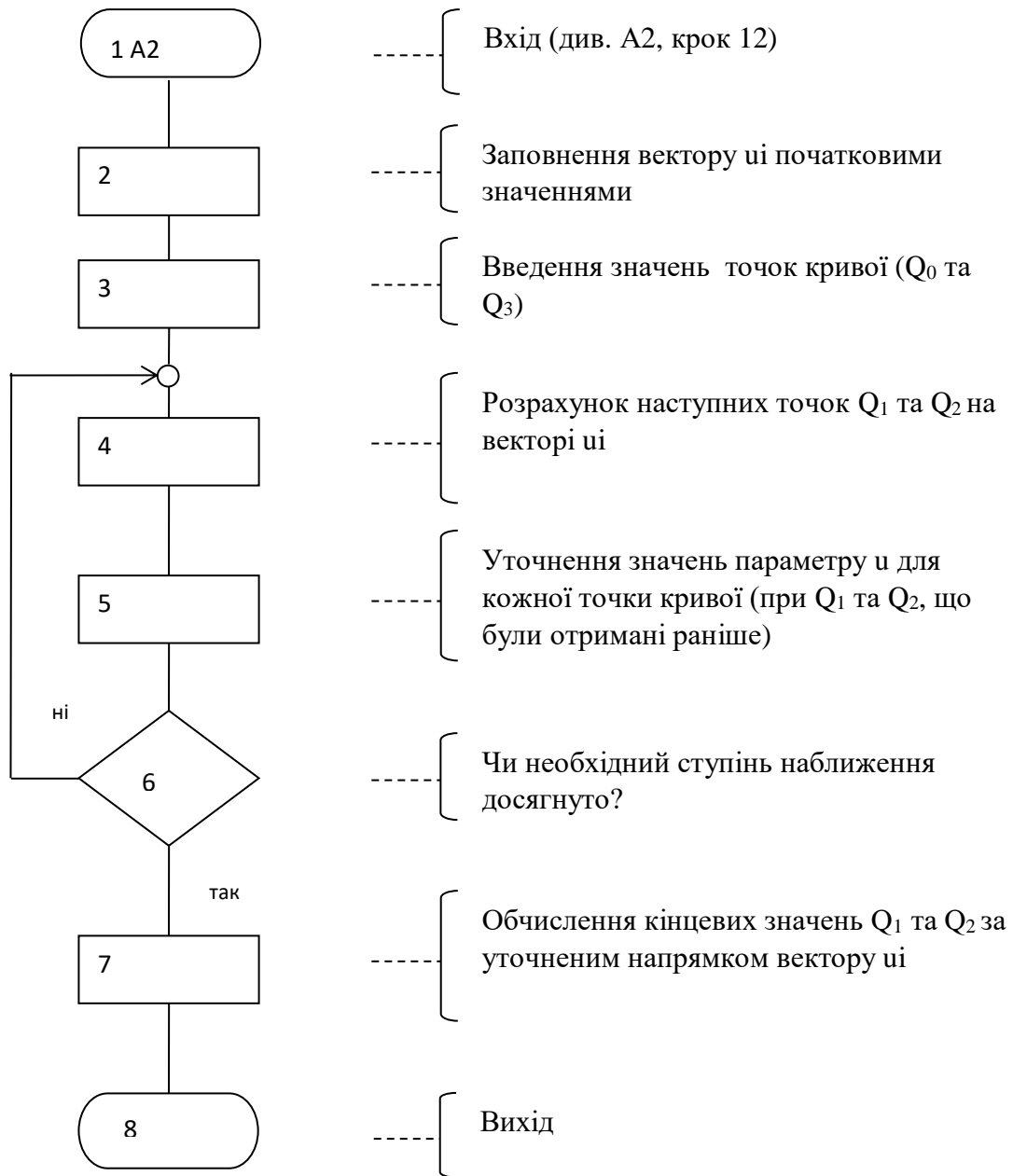


Рисунок Г.3 – Аркуш 3. Досягнення необхідного ступеню наближення і розпізнавання графічного зображення

## Основний фрагмент коду реалізації алгоритму сервісу з порядком виклику динамічних бібліотек

```

HGLOBAL hBMP;
LPBYTE pBMP;
struct ContLineSeg
{
    // вказівка на масив точок контуру зображення
    POINT *pPt;
    short N_Pt;          //кількість точок у контурі
};

// динамічний масив структур ContLineSeg
CArray <ContLineSeg,ContLineSeg> arContLineSeg;

_declspec(dllimport) GetData(LPBYTE &lpBMP,short nBitCount);

_declspec(dllimport) FindImageLines(CArray <ContLineSeg,ContLineSeg>
&aContLineSeg);
_declspec(dllimport) FindContSegSC(POINT *pPt, short N_Pt);

// mpoint - клас, який вміщує координати x, y точки
class mpoint
{
public:
    double x;          // координата x ;
    double y;          // координата y;
    mpoint();
    mpoint(double, double);
    virtual ~mpoint();
};

// DefContBezier - структура, що утримує інформацію про
контур
// у кривих:

struct DefContBezier
{
    mpoint *Pointer; // вказівник на масив координат характерних точок всіх
кривих
    // контуру;
    double maxx,    // максимальна координата x у контурі;
        maxy,        // максимальна координата y у контурі;
        minx,        // мінімальна координата x у контурі;
        miny;        // мінімальна координата y у контурі;
    short count;     // кількість точок у контурі.
};

CArray < DefContBezier , DefContBezier> &aQ_Table;

_declspec(dllimport) void normalize(CArray < DefContBezier , DefContBezier>
&aTable);
_declspec(dllimport) BOOL ContourToBezier(POINT *Point, int n,
DefContBezier &OneContour, int Xrate,
int Yrate);
_declspec(dllimport) MainOutCMX(CArray < DefContBezier , DefContBezier>
&aTable, CString NameFile);

```

```

void PluginMain(const short selector, FilterRecord* FPB, long* data,
                short* result)
{
    .....
    switch( selector )
    {
        .....
        case FILTER_SELECTOR_CONTINUE:
            // ім'я файлу .cmx
            CString NameImage;
            CUserDialog dlg;
            int err;
            dlg.m_edit="Figure_1.cmx";
            err = dlg.DoModal();
            if(err== IDCANCEL )
            {
                * result = USER_CANCELED_ERR;
                return;
            }
            NameImage=dlg.m_edit;
            int LenStr, v, h, LenStrMod4;

            //перекодування масиву, що отриманий
            LenStrMod4=FPB->imageSize.h + (4-FPB->imageSize.h % 4);
            int length= FPB->imageSize.v *LenStrMod4;
            hBMP = GlobalAlloc(GMEM_FIXED, length);
            pBMP = (LPBYTE) GlobalLock( hBMP );
            if(FPB->planes == 1)
            {
                if(FPB->imageSize.h % 16 == 0)
                    LenStr=FPB->imageSize.h;
                else
                    LenStr=FPB->imageSize.h + (16- FPB->imageSize.h%16);
            }
            else
                LenStr=FPB->imageSize.h;
            for(v=0;v< FPB->imageSize.v ;v++)
                for(h=0;h<LenStr;h++)
                {
                    if(h>=FPB->imageSize.h)
                    {
                        if(h<LenStrMod4)
                            pBMP[v*LenStrMod4+h]= 0xff;
                        continue;
                    }
                    pBMP[v*LenStrMod4+h]= FPB->outData[(v*LenStr +h) *
                    FPB->planes];
                }

            // виділення контурів
            arContLineSeg.RemoveAll();
            GetData(pBMP, 8);
            FindImageLines(arContLineSeg);
            short N = arContLineSeg.GetSize();
            for(short i=0;i<N;i++)
            {
                FindContSegSC(arContLineSeg[i].pL,
                arContLineSeg[i].N_Pt);
            }

            // запис контурів кривими

```

```
for(i=0;i<N;i++)
{
    DefContBezier      OneContourBezier;
    ContourToBezier(arContLineSeg[i].pPt,
                    arContLineSeg[i].N_Pt, OneContourBezier,
                    FPB->imageSize.h, FPB->imageSize.v);
    aQ_Table.Add(OneContourBezier);
}
    // нормалізації зображення.
normalize(aQ_Table);
    // підготовка та запис зображення у форматі .cmx
MainOutCMX(aQ_Table, NameImage);
    break;
        .....
}
.....
}
```

## Додаток Е

## Фрагменти лістингу коду програмного додатку побудови руху БПЛА за ПОЛЮСНИМИ ТОЧКАМИ

```

using System;
using System.Drawing;
using System.Windows.Forms;
using System.Drawing.Drawing2D;
using System.Drawing.Imaging;
using System.Collections;
using System.IO;
//24/08/19
//Тут об'єкт розуміється як частина BMP, т.е. м.б. розміщений в центрі BMP, зазор
можна не забезпечувати!
//Open BMP був раніше. Переміщення об'єкту - натиснути ControlKey, потім
MouseDown, потім MouseMove.
//Підсвітити потрібний об'єкт. До переміщення обрати колір.
//Меню дозволяє редагувати об'єкт.
//14/7/19 err: nn++ =4 виправлена у OnMouseDown()

//Open BMP + Obj //19/8/19
//Isch_Demo_Ok
// For Path_class
//BuildYForBezier(PointF[] arBezier, ref double[] arY); //вихідний масив - 4
точки управління, вихід - масив Y
//
//BuildYForCurve(PointF[] arCurve, ref double[] arY);

//r - redactor +- snake 25/4/18
//r -del snake 28/4/18 & back 29/4/18
//r in BuldArFrSnakeNN()
//in GetArIntFromDog() ERR //30/4/18
//in RealtionPathNN() ERR //30/4/18
//new Bitmap(350, 350);??? Де обирати розміри?
//Sc- масштаб
//12/5/08 change Y image!!! in OnMouseMove()
//13/5/08 OK!! change Y image!!! in OnMouseMove()
//14/5/08 OK! ContrlAservSnks() in OnMouseMove()
//16/5/08 OK! ContrlAservSnks() in OnMouseMove()
////20/5//08 N_snkEnd = FrIm.asn0.Count - 1;
////20/5//08 N_snkEnd = FrIm.asn0.Count - 1; in OnMouseDown() add Pt-Ok

class ForImage: Form
{
    public int y_Min = 0;
    public Point pt_Old;
    public int Dx;
    public int Dy;
    public bool bControlKey = false;
    public bool bControlKey_MouseDown = false;

    string sFileName;
    public bool bYesBmp = false;

    public static int Pr=11;

```

```

Image image;
public bool YesImg = false;
//r
byte Cr_snakeType;
public int[] BegX;
public int[] LastX;
public Size oldSzImg;
public bool bScl;
public float Scl;
public bool bDelLast;
public bool bSaveSnake;
public bool bLeftKey;
public bool bRgtKey;
ArrayList asn0_TMP;
ArrayList asn1_TMP;
public static snake snCr_k;//current
public static snake snCr_t;//current

//r end

public int N_snk;//№ snk
public int Lnt_asn0;
public bool bRgt;

public bool bTMP;
public Point[] aptTMP;
public byte[] abyPointTypeTMP;//0-Start,1-Line,16-Curve...
public bool Bad_DownL;

int i;
int jOtl;
//snake
public int iBt;
public int Ww;
public int WwCrnt;

//otladka 25/3/7
String strNmVers;
public Size szImage;
public int szClr;
public static int N;//r
int Nn;//otladka 25/3/17
public Graphics grfx;//otladka 25/3/17
public int LntArF;//otladka 25/3/17

public static int M;//mashtab
public static int colorIMG;//mashtab
public static int CntSs;//-Count snakes
    public int LntAserv;//-Count Aserv one snake
protected string strProgName;
public string strFileName;
public string strOnlyName;
FileStream fs;
BinaryWriter bw;
SaveFileDialog dlg;
BinaryReader br;
snakeOfFile sof;
MenuItem miChngType;
MenuItem miScl;
    MenuItem miCrts;
MenuItem miCtPoltn ;
MenuItem mi;

```

```

MenuItem miAllInCurve;
MenuItem miAllInLine;
MenuItem miCurve;
MenuItem miTools;
// MenuItem miScale;
MenuItem miLine;
MenuItem miColors;
MenuItem miTon;
MenuItem miRed;
MenuItem miGreen;
MenuItem miBlue;

//

MenuItem miDel;
MenuItem miEsq;
MenuItem miN_Cnts;
MenuItem miDl_Cnts;

//
// bool bSn;//bSn=true, if snakes-ishcdn,else if snakes-

//public static
    ArrayList asn0;
    ArrayList asn1;
    public static snake snCr;//current
    public static snake snCr1;//current
    public static snake snk;
    public static snake snkEnd;
    public static snake snkBegin;
    public static snake snk1;//
    public static string st1;
    public static string st;

/////
    public Graphics grfxBm;
    public Graphics grfxBmImg;
    public GraphicsPath gpt;
    public Rectangle r;
    public bool bNewW;
    //5/1/08 ForServ FrSrvCrnt;
    ForServ FrSrv;
    ForServ FrSrvKt;
    ForServ FrAcson;
    Point PtL1_1;
    Point PtL1_2;
    public Bitmap btmImg;
    public Graphics grfxBm2;
    public Bitmap btmImg2;
    public GraphicsPath gpt2;
    public Bitmap btmImgForSave;
    public bool bForSaveBMP=false;
    public Bitmap bitmap;
    [STAThreadAttribute]
    public static void Main()
        // static void Main(string[] args)
        {
            .....

        }

        FrIm.BuldPathFrSnakeNN(((snake)FrIm.asn1[i]).apt,
((snake)FrIm.asn1[i]).abyPointType);//Path=yes

```

```

if (i == 0)
    ClSnk = Pens.Black;
else if (i == 1)//r
    ClSnk = Pens.Red;
else if (i == 2)
    ClSnk = Pens.Green;
else if (i == 3)
    ClSnk = Pens.Blue;
else if (i == 4)
    ClSnk = Pens.Aqua;
else if (i == 5)
    ClSnk = Pens.Beige;
else if (i == 6)
    ClSnk = Pens.Coral;
else if (i == 7)
    ClSnk = Pens.AliceBlue;
else if (i == 8)
    ClSnk = Pens.AntiqueWhite;
else if (i == 9)
    ClSnk = Pens.Azure;
else if (i == 10)
    ClSnk = Pens.Bisque;
else if (i == 11)
    ClSnk = Pens.Brown;
else if (i == 12)
    ClSnk = Pens.BurlyWood;
else if (i == 13)
    ClSnk = Pens.CadetBlue;
else if (i == 14)
    ClSnk = Pens.Chartreuse;
else if (i == 15)
    ClSnk = Pens.Chocolate;
else if (i == 16)
    ClSnk = Pens.Cornsilk;
else if (i == 17)
    ClSnk = Pens.Crimson;
else if (i == 18)
    ClSnk = Pens.DarkBlue;
else if (i == 19)
    ClSnk = Pens.DarkCyan;
else if (i == 20)
    ClSnk = Pens.DarkGoldenrod;
else if (i == 21)
    ClSnk = Pens.DarkKhaki;
else if (i == 22)
    ClSnk = Pens.DarkMagenta;
else if (i == 23)
    ClSnk = Pens.DarkOliveGreen;
else if (i == 24)
    ClSnk = Pens.DarkOrange;
else
    ClSnk = Pens.CornflowerBlue;//r end

{
    if (i == FrIm.N_snk)
        grfx.DrawPath(ClSnkR, FrIm.gpt);
    else
        grfx.DrawPath(ClSnk, FrIm.gpt);
}

//
//
//
grfx.DrawPath(ClSnk, FrIm.gpt);
}
//

```



```

        bitmapSyluet = new Bitmap(Size.Width, Size.Height); //Sc
        grfxBmSrv = Graphics.FromImage(bitmapSyluet);
        Rectangle rct;
        if (FrIm.N_snk < ForImage.N) //r
            for (int nn = 0; nn <
                ((snake)FrIm.asn1[FrIm.N_snk]).pointCount; nn++)
            {
                rct = new
                Rectangle(((snake)FrIm.asn1[FrIm.N_snk]).apt[nn].X - 5,
                ((snake)FrIm.asn1[FrIm.N_snk]).apt[nn].Y - 5, 10, 10);
                grfx.FillRectangle(BrRed, rct);

                grfxBmSrv.FillRectangle(BrRed, rct);
            }

        //
        grfx.DrawLine(Pens.Yellow, new Point(250, 0), new
        Point(250, ((Size)FrIm.szImage).Height));
        grfx.DrawLine(Pens.Yellow, new Point(3, 0), new
        Point(3, ((Size)FrIm.szImage).Height));
        /* otladka
        Point[] arPts;

        arPts=new Point[5];
        arPts[0]=new Point(10,100);
        arPts[1]=new Point(40,50);
        arPts[2] = new Point(40, 50);
        arPts[3] = new Point(60, 80);
        arPts[4] = new Point(100, 100);
        grfx.DrawCurve(Pens.Beige, arPts);
        */
        // otladka
    }
    if (Ww == 0)
    {
        for (int i = 0; i < ForImage.N; i++) //r
        {

            ForImage.snake
            snk=(ForImage.snake)FrIm.asn0[i]; //Last snake_Z

            FrIm.BuldPathFrSnakeNN(((snake)FrIm.asn0[i]).apt,
            ((snake)FrIm.asn0[i]).abyPointType); //Path-yes

            if (i == 0)
                ClSnk = Pens.Black;
            else if (i == 1) //r
                ClSnk = Pens.Red;
            else if (i == 2)
                ClSnk = Pens.Green;
            else if (i == 3)
                ClSnk = Pens.Blue;
            else if (i == 4)
                ClSnk = Pens.Aqua;
            else if (i == 5)
                ClSnk = Pens.Beige;
            else if (i == 6)
                ClSnk = Pens.Coral;
            else
                ClSnk = Pens.CornflowerBlue; //r end
        }
        if (i == FrIm.N_snk)

```

```

        grfx.DrawPath(ClSnkR, FrIm.gpt);
    else
        grfx.DrawPath(ClSnk, FrIm.gpt);
    }

        .....

}

public class snake
{
    public Point[] apt;
    public byte[] abyPointType;//0-Start,1-Line,16-Curve...
    public byte snakeType;//0-Start,1-Line,16-Curve...вместо Curve if
variant-bezier, 3-bezier,32-PathMarker,128--вбудована функ,
    public int pointCount;
    public int[] Aserv;//array of service
    public byte ArrType;//0-for karta 1-for color !!!//after 1-R;2-G;4-B;8-
rezerv
}
public class snakeOfFile
{
    public byte snakeType;//0-Start,1-Line,16-Curve...замість Curve if
variant-bezier, 3-bezier,32-PathMarker,128--вбудована функ,
    public int pointCount_k;
    public Point[] apt_k;
    public byte[] abyPointType_k;//0-Start,1-Line,16-Curve...

    public int pointCount_t;
    public Point[] apt_t;
    public byte[] abyPointType_t;//0-Start,1-Line,16-Curve...
}
/*    class Arsnakes
    {
        //snakee
        ArrayList asn;
        byte [] abysnakeeType;//0-Start,1-Line,16-Curve
        byte ArrType;//0-Karta,1-Poluton
        //after 1-R;2-G;4-B;8-rezerv
    }
*/
using System;
using System.Drawing;
using System.Windows.Forms;

class CommandLine2
{
    static void Main(string[] args)
    {
        // Display the number of command line arguments:
        System.Console.WriteLine(args.Length);
        for (int i = 0; i < args.Length; i++)
        {
            System.Console.WriteLine("Arg[{0}] = [{1}]", i, args[i]);
            // System.Console.Write WriteLine(args[i]);
        }
        string st=args[0];
        MessageBox.Show(st);
    }
}

```