

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

"На правах рукопису"
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ О.В. Коваль
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2018р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
за спеціалізацією Програмне забезпечення розподілених систем
на тему _____ Інтеграція системи моделювання забруднення річок Quality2000
з ПС ArcGis _____

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ТВ-71мп

Патенко Роман Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доцент Тихоход В. О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

асистент Швайко В. Г.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ - 2018

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти другий, магістерський

зі спеціальності - 121 Інженерія програмного забезпечення

за спеціалізацією - Програмне забезпечення розподілених систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль О.В.

(прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

«_____» _____ 2018р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Патенко Роман Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Інтеграція системи моделювання забруднення річок Quality2000 з ПС ArcGis

Науковий керівник доцент Тихоход Володимир Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 5 листопада 2018 року №4072с

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження є програмний забезпечення для моделювання розповсюдження забруднень в річках України

4. Предмет дослідження інструментів для роботи в гео-даними

5. Перелік питань, які потрібно розробити створити модель даних в просторовій базі даних ArcGis; створити програмний додаток для конвертування даних з ПБД ArcGis в формат QUAL2K; створити програмний додаток для конвертування та відображення в ArcGis результатів моделювання; провести аналіз наслідків розповсюдження забруднювачів в річках.

6. Орієнтований перелік ілюстративного матеріалу Функціональна схема у вигляді use-case діаграми, структура програми, загальна діаграма класів, схема бази даних, схема сегментації QUAL2K для річки.

7. Орієнтований перелік публікацій _____

1) Швайко В.Г., Патенко Р.М. “Моделювання переносу забруднювачів в річках України з використанням програми моделювання QUAL2K та геоінформаційної системи ArcGis.”

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	асистент Швайко В.Г.		

7. Дата видачі завдання « 11 » вересня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	30.09.2017	
2	Збір інформації	20.12.2017	
3	Аналіз вимог завдання, вибір методів і засобів розв'язання поставленої задачі	30.05.2018	
4	Програмна реалізація системи	12.09.2018	
5	Розробка структур окремих підсистем		
6	Розв'язання практичної задачі моделювання розповсюдження забруднень в річках	09.10.2018	
7	Перевірка адекватності результатів роботи програми даними натурних досліджень	10.10.2018	
8	Захист програмного продукту	22.10.2018	
9	Передзахист	26.11.2018	
10	Розробка стартап-проекту	05.12.2018	
11	Оформлення пояснювальної записки	10.12.2018	
12	Захист	18.12.2018	

Студент

_____ (підпис)

Патенко Р. М.
(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Тихоход В. О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота присвячена інтеграція системи моделювання забруднення річок Quality2000 з ПС ArcGis. Особливостями програмного продукту є виконання перетворення даних річки та параметрів навколишнього середовища для їх подальшої передачі в систему моделювання забруднення річок Quality2000.

QUAL2K — це програмне забезпечення для моделювання, яке імітує до 15 параметрів якості води у системі розгалужених потоків. У моделі використовуються математичні рівняння, такі як кінцево-різницева рішення прив'язно-дисперсійних масових транспортних та реакційних рівнянь. Програма розраховує серію незмінних водних профілів і моделює зміни рівня потоку вздовж потоку. Модель застосовується лише до дендритних потоків, які добре змішуються, і передбачає, що основний транспортний механізм, адвекція та дисперсія значущі лише у напрямку потоку.

ArcGIS має надійну документацію, велику базу для використання та підтримку старих продуктів, які більшість інших компаній не можуть надати. Вони інвестують у нові технології та поширюють нові концепції. ArcGIS має найкращий картографічний контроль і вихід усіх. Він має широкі функції маркування, створення символів, він має багато особливостей програмного забезпечення для векторної графіки.

Дана дипломна робота описує основні проблеми при інтеграції системи моделювання. Кожен опис такої проблеми включає в себе один або декілька програмних рішень, а також обґрунтування вибору алгоритмів. Розглянуті теми включають в себе: створення модель даних в просторовій базі даних ArcGis, конвертування даних, відображення результатів моделювання.

Дана робота складається з 80 сторінок машинописного тексту, 31 рисунків, 2 додатка і містить 18 бібліографічних посилань.

ABSTRACT

This thesis is dedicated to the integration into river contamination modeling system Quality2000 with software system ArcGis. The features of the software product are the implementation of river data transformation and environmental parameters for their further transfer to the modeling of pollution of the rivers Quality2000.

QUAL2K is modeling software which simulates up to 15 water quality parameters in branching stream system. The model uses mathematical equations like finite-difference solution of the advection- dispersive mass transport and reaction equations. The program computes a series of steadystate water surface profiles and simulates changes in flow conditions along the stream. The model is applicable only to dendritic streams that are well mixed and it assumes that the major transport mechanism, advection and dispersion are significant only along the main direction of flow of the stream.

ArcGIS has a solid documentation, large use base and support for old products that most of other companies cannot provide. They have been investing in new technologies and spread of new concepts. ArcGIS has the best cartographic control and output of all. It has extensive labelling features, symbol creation, it's has many features of a vector graphics software.

This thesis describes the main problems when integrating the modeling system. Each description of such a problem includes one or more software solutions, as well as a justification of the choice of algorithms. The topics discussed include: creating a data model in the ArcGis spatial database, data conversion, displaying simulation results.

This work consists of 80 pages of typewritten text, 31 figures, 2 applications and contains 18 citations.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів	8
Вступ.....	9
1. Задача розробки програмного забезпечення для моделювання забруднення...	11
2. Огляд існуючих програмних рішень для моделювання забруднень	13
2.1. MIKE SHE.....	13
2.2. MIKE HYDRO RIVER.....	14
2.3. MT3DMS	17
2.4. Висновки.....	18
3. Методи та засоби розробки програмного забезпечення	19
3.1. Середовище розробки Visual Studio	20
3.2. Мова програмування С#	21
3.3. Технологія .NET	24
3.4. Фреймворк моделювання QUAL2K	26
3.5. Технологія WPF.....	32
3.6. Технологія ArcObject SDK.....	33
3.7. Використання інтерполяції для відображення забруднень на основі точок забруднень.....	36
3.8. Висновки.....	39
4. Програмне забезпечення моделювання забруднення.....	40
4.1. Архітектура системи	40
4.2. Структурна організація систем.....	45
4.3. Опис функціональних особливостей системи	48
4.4. Методика роботи користувача з програмою.....	50
4.5. Висновки.....	55

5. Розробка стартап проекту «CLEARIVER»	56
5.1.Опис ідеї проекту	56
5.2.Технологічний аудит ідеї проекту.....	58
5.3.Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	59
5.4.Розроблення ринкової стратегії проекту.....	66
5.5.Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	68
5.6.Висновки.....	71
Висновки.....	72
Список використаних джерел.....	73
Додаток А Апробації.....	75
Додаток Б Акт впровадження.....	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПС	Програмна система
SDK	software Development Kit — набір із засобів розробки
ПБД	Просторова база даних
ГІС	Геоінформаційна система
XML	Extensible Markup Language — Розширювана мова розмітки
LINQ	Language Integrated Query — запити, інтегровані в мову
GDI	Graphics Device Interface — інтерфейс
XAML	eXtensible Application Markup Language — декларативна мова розмітки
WPF	Windows Presentation Foundation — графічна (презентаційна) підсистема
UML	Unified Modeling Language — уніфікована мова моделювання
ООП	Об'єктно – орієнтоване програмування
ПЗ	Програмне забезпечення

ВСТУП

Завдання, пов'язані з екологією, виходять на перший план у всіх сферах людської діяльності, знаходять особливо широке застосування в народному господарстві в зв'язку з посиленням в останні роки роллю хімії в промисловому виробництві. Інтенсивне соціально-економічне, агротехнічне і промисловий розвиток помітно впливають на навколишнє середовище. Проблеми виживання людини вимагають конкретних відповідей на питання про зміни, що відбуваються в навколишньому середовищі. Відбуваються аварії в хімічній і нафтохімічній промисловості, що супроводжуються викидом у водні джерела токсичних речовин. Для вироблення правильних рішень щодо запобігання або ліквідації надзвичайних ситуацій необхідно чітко уявляти динаміку їх розвитку.

Рішення екологічних завдань проводиться на різних рівнях, в тому числі і за допомогою комп'ютерного моделювання. Математичне моделювання є найбільш перспективним напрямком вирішення завдань екології за своїми можливостями прогнозування, а також економічності матеріальних витрат і безпеки для людини проведених прогностичних експериментів. За своєю природою завдання екології та оцінки стану навколишнього середовища не допускають проведення повномасштабних натуральних експериментів, і математичне моделювання є, по суті, єдиним методом для оцінки ситуаційних ризиків, вивчення динаміки природних і техногенних катастроф та прогнозування їх наслідків, отримання загальної картини екологічної ситуації.

Однією з важливих проблем, пов'язаних з екологією, є прогнозування поширення забруднень у водному середовищі. До теперішнього часу в області математичного моделювання поширення забруднень в річках і розробки чисельних методів для нього склалася ситуація, при якій проводяться в світі роботи розглядають, як правило, окремі явища, але не охоплюють їх комплексно.

Даний модуль призначений для використання екологами для застереження

екологічних катастроф або службами порятунку для контрзаходів, якщо катастрофа все таки сталася.

При цьому важливим аспектом побудови модулю, що виконує функції взаємодії з серверною частиною є створення чіткого зрозумілого інтерфейсу з можливістю надання необхідної інформації про стан річки, навколишнього середовища та введення даних про забруднення.

Повноцінну геоінформаційну систему неможливо створити без використання потужних сервісів для побудови карт, геокодування та отримання інформації щодо необхідної локації на мапі.

Моделювання таких складних процесів, як розповсюдження забруднень в річках, досить важка задача та забере багато часу на виконання її. Тому було вирішено використати QUAL2K, що являється інструментом для симуляції стану річок і якості води.

ArcGis зручний являється лідером серед програмних систем для роботи з картами. Він має надійну документацію, велику базу для використання та підтримку старих продуктів, які більшість інших компаній не можуть надати. Розробники системи інвестують у нові технології та поширюють нові концепції.

Для інтеграції між ArcGis та QUAL2K добре підійде середовище розробки програмного забезпечення MS Visual Studio, мова програмування — С#. В купі із бібліотекою ArcObjects SDK, яку використовують для створення автономних картографічних додатків. Для розробки графічного середовища й інтерфейсу користувача використано технологію WPF.

Пояснювальна записка містить п'ять розділів. Перший розділ описує задачу інтеграція системи моделювання забруднення. Другий розділ складається з проведення аналізу існуючих програмних засобів інтеграція системи моделювання забруднення. Третій розділ обґрунтовано вибір програмних засобів розробки. Опис програмної реалізації системи та роботи з нею наведено в четвертому розділі. У п'ятому розділі проводиться розробка стапрап-проекта.

1. ЗАДАЧА РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ

Метою розробки є моделювання поширення забруднювачів в ріках України з використанням програми моделювання QUAL2K та геоінформаційної системи ARCGIS.

Система інтегрує дані з геоінформаційної бази даних в яку будуть включені топографічні та тематичні карти річки її притоки, ділянок та параметри навколишнього середовища.

Необхідними можливостями, які має забезпечувати програмне забезпечення, є:

- створити модель даних в просторовій базі даних ArcGis;
- створити програмний додаток для конвертування даних з ПБД ArcGis в формат QUAL2K;
- створити програмний додаток для конвертування та відображення в ArcGis результатів моделювання;
- провести аналіз наслідків розповсюдження забруднювачів.

Для моделювання для інтеграції спочатку потрібно побудувати двовимірний план річок України з позначками точок вимірювання характеристик річки і вказанням масштабу. Масштаб вказується, щоб визначити реальні розміри різних елементів на схемі. Для створення нового план необхідно скористуватися інструментами ArcMap або завантажити готову геоінформаційну базу даних.

Інтерфейс програми включає такі елементи:

- контекстне меню;
- робочу область;
- панель елементів;

- інформаційну панель для результатів моделювання;
- інформаційну панель перегляду вхідних даних;
- діалогове вікно для введення даних точкового забруднення;
- діалогове вікно для введення даних забруднень на ділянці.

Результатом програми має бути надання результатів моделювання забруднення ділянки річки після певного часу з урахуванням факторів таких як:

- балансу потоку води;
- греблі;
- водопадів;
- поздовжньої дисперсії;
- температуру;
- випаровування;
- конденсацію;
- водорості да дні.

Так як програма являється додатком до ArcMap користувач отримує доступ до всіх можливостей цієї програми такі як:

- робота з картами;
- друк карт;
- компіляція і редагування наборів геоданих;
- використання геоопрацювання для автоматизації роботи і виконання аналізу;
- організація баз геоданих і документів ArcGIS і управління ними;
- документування географічної інформації.

2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕНЬ

На даний час існують програмні рішення для моделювання поширення забруднення річок. Кожна з них має певні переваги й недоліки. Таким чином можна взяти з них найкраще та використати в нашому продукті та спробувати не повторювати недоліки цих програм після їх аналізу.

Розглянемо деякі комп'ютерні програми, присутні на ринку ПО для сільськогосподарського виробництва. Асортимент представлений імпортним програмами: MIKE SHE, MIKE HYDRO RIVER, MT3DMS і т. д.

2.1. MIKE SHE

Інтегрована комп'ютерна технологія для аналізу, прогнозу та управління водними ресурсами та вирішення екологічних проблем при спільному розгляді гідрологічних процесів в підземних і поверхневих водах.

MIKE SHE дозволяє детально моделювати гідрологічні цикли водних ресурсів і прилеглих до них територій, включаючи кількісний і якісний аналіз кожної фази гідрологічного циклу. Програма є необхідним інструментом проектних і науково-дослідних інститутів при вирішенні гідрологічних завдань.

MIKE SHE не має аналогів в частині повноти кількісного і якісного представлення процесів, що відбуваються в ґрунтових водах, що зробило його унікальним засобом для вирішення завдань водного господарства, зрошення і осушення земель і екології. Пакет володіє чудовими пре- і пост- процесорні можливостями для аналізу і наочного представлення результатів моделювання.

MIKE SHE застосовна до об'єктів різного просторового масштабу, від профілю ґрунту на конкретній ділянці до великих регіонів, що включають басейни кількох річок. Як математичний інструмент моделює система MIKE SHE придатна для вирішення практично будь-якого виду гідрологічних проблем:

- управління річковими басейнами, режим використання ґрунтів і води;
- водозабезпечення, якість води;
- іригація і дренаж, процеси в ґрунтах, геохімічні процеси;
- поширення забруднень з місць складування відходів, дослідження ризику забруднень ґрунтових вод і ефекту від проведення відновлювальних заходів;
- вплив методів землеробства (включаючи використання добрив);
- прогноз наслідків використання ґрунтових і поверхневих вод;
- прогноз впливу змін землекористування на водні запаси, ґрунтову ерозію, затоплення і підтоплення;
- аналіз впливу змін клімату;
- екологічні зміни, включаючи ті, які пов'язані з заболоченими територіями.

MIKE SHE орієнтована на дослідження за кількістю та якістю водних ресурсів для передбачення гідрологічних наслідків проектів водокористування та інших антропогенних змін.

MIKE SHE була протестована і випробувана в великому числі проектів, що охоплюють як довгострокові регіональні дослідження, так і невеликі демонстраційні моделі.

2.2. MIKE HYDRO RIVER

Програмний комплекс, розроблений компанією DHI Water & Environment, для моделювання зон затоплень, наслідків гідротехнічних аварій, прориву гребель, прогнозу паводків і повеней в складній системі річок та каналів.

Дана версія вважається вдосконаленою моделлю MIKE 11. Вона необхідна для гідравлічного розрахунку поверхневого стоку, систем річок різного ступеня складності, споруд, які встановлені на водному об'єкті і так далі. Продукт користується попитом у річковій гідрологічній сфері завдяки стабільності, багатофункціональності та приголомшливої ефективності.

Можливості MIKE HYDRO RIVER:

- створення декларації безпеки гідротехнічних споруд (розділ гідравліки);
- аналіз можливих сценаріїв при руйнуванні греблі;
- проектування гідротехнічних споруд;
- прогнозування підняття рівня води в річці і визначення меж зон затоплення;
- розробка конструкцій, що запобігають прориви річкових гребель;
- підвищення продуктивності штучних водойм;
- покращення стану води у річковій системі;
- різновиди модулів в MIKE HYDRO RIVER;
- модуль прориву гребель (DB).

Переваги подібного модуля:

- різні сценарії проривів споруд;
- моделювання поверхневого або донного розмиву ґрунтових гребель і дамб;
- визначення хвилі виливу при руйнуванні секцій гравітаційних гребель, затворів водопропускних споруд і воріт шлюзів;
- розрахунок хвилі прориву під час аварії конструкцій, які пропускають воду, гребель гравітаційного типу і шлюзових воріт (прориви на ГТС будь-якого класу);
- моделювання первинних і вторинних проривів (каскаду водосховищ).

Критерії аналізу гідродинамічної аварійної ситуації на гідротехнічних спорудах:

- гідрограф виливу, трансформація і поширення його вниз за течією;

- рівень глибини в зонах, де сталося затоплення;
- швидкісна відмітка течії в річкових руслах та заплавах;
- часовий період приходу хвилі прориву до кожного річкового створу;
- тривалість процесу затоплення.

Гідродинаміка (HD)

- стандартний річковий 1D модуль, який являє собою основу системи модельного проектування;
- аналіз різних режимів течії;
- динамічна модельна імітація на базі рівняння руху Сен-Венана в руслах відкритого типу;
- величезна база класичних ГТС;
- рухливий модуль керівництва затворами опускного типу, турбінами і так далі;
- функція, що дозволяє проаналізувати річкову систему завдяки квазідвовимірної схемою;
- три варіанти тимчасового кроку модельної імітації;
- можливість побачити змодельовані результати в форматі барвистою графічної таблиці і квазідвовимірних схем.

Програма Mike Hydro River (11) має низку додаткових модулів, які можуть бути корисні:

- RAINFALL-RUNOFF (поверхневого стоку);
 - STRUCTURE OPERATION (модуль гідротехнічних споруд);
 - ADVECTION-DISPERSION (адвекція — дисперсія);
 - ECOLOGICAL MODELLING (екологічне моделювання);
 - DATA ASSIMILATION / FLOOD FORECASTING (оперативний аналіз і розрахунок паводків);
- вдосконалений модуль ACS — Cohesive sediment (рух зв'язкових наносів)[1].

2.3. MT3DMS

MT3DMS — це модульна тривимірна транспортна модель для моделювання адвекції, дисперсії та хімічних реакцій розчинних компонентів у ґрунтових водах. MT3DMS використовує модульну структуру, подібну до структури, яка використовується MODFLOW. MT3DMS використовується разом з MODFLOW у двоетапному потоці та моделюванні транспорту. Голови та терміни потоку по клітинах обчислюються MODFLOW під час моделювання потоку і записуються у спеціально відформатований файл. Цей файл потім читає MT3DMS і використовується як поле потоку для транспортної частини симуляції.

MODFLOW був побудований у 1980-х роках так званим модульним дизайном. Це означає, що він має багато атрибутів того, що називалося об'єктно-орієнтованим програмуванням. Наприклад, можливості (називаються "пакети"), які імітують осідання або озера або потоки, можна легко ввімкнути та вимкнути, а вимоги до часу виконання та збереження цих пакетів повністю вичерпаються. Якщо програміст хоче щось змінити в MODFLOW, чиста організація спрощує роботу. Дійсно, подібні інновації — це саме те, що було передбачено при проектуванні MODFLOW.

Важливо відзначити, що модульність MODFLOW дозволяє створювати різні пакети, які призначені для вирішення однієї і тієї ж цілі моделювання різними способами. Це дозволяє розрізнити думку про те, як функціонує системні процеси. Таке тестування є важливою частиною багатомірного моделювання або тестування альтернативних гіпотез. Моделі, такі як MODFLOW та SUMMA, програма від NCAR, яка імітує поверхневі процеси, такі як опади та стирання льоду, роблять це випробування більш чітким та контрольованим. Це призводить до того, що інші аспекти програми залишаються незмінними[2].

2.4. Висновки

Перераховані програми мають досить непоганий спектр функцій як моделювання зон затоплень, наслідків гідротехнічних аварій, прориву гребель, прогнозу паводків і повеней в складній системі річок та каналів, моделювання адвекції, дисперсії та хімічних реакцій розчинних компонентів у ґрунтових водах і т. д. Але їх багатофункціональність може і негативно вплинути на досвід користувача від користування програмою. Інтерфейс має бути добре продуманим і зрозумілим.

Другим недоліком цих програм являється те що програми використовують свої геоінформаційні системи для роботи з геоданими, або навіть не працюють в ними. Це веде до того, що результати цих програм важко перенести на старі версії своєї ж програми. Потрібно підтримувати документацію, щоб було легко працювати з програмою. Можуть виникнути проблеми з роботою та використанням векторної графіки .

Тому в моїй роботі було вирішено не повторювати помилок уже існуючих програмних рішень. Тому в наступному пункті роботи буде описано які технології і навіть були вибрані для створення якісного програмного продукту.

3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

При розробці програмного забезпечення програміст повинен вибрати такі засоби, які б полегшили його роботу, надавши всі необхідні інструменти для реалізації завдання.

При створенні програми автоматизованого проектування схем відеоспостереження було обрано такі засоби:

- середовище розробки Microsoft Visual Studio 2010;
- мову програмування C#;
- програмну технологію .NET Framework 4.0;
- технологію WPF;
- програмну систему ArcGis;
- фреймворк моделювання QUAК2K.

Для розробки було використано операційну систему Windows 7, основними перевагами якої є:

- стабільність роботи системи;
- зручний інтерфейс.

Також операційна система Windows 7 має точки відновлення, тому в разі збою в роботі системи можливе повне відновлення документів та інших даних. Система є багатофункціональною, при встановленні має стандартний пакет драйверів.

Для реалізації розробки інтерфейсу користувача було обрано середовище MS Visual Studio 2010, використана база геоданих, що створена в ArcGis. Для розробки графічного середовища й інтерфейсу користувача використано технологію WPF.

3.1. Середовище розробки Visual Studio

Середовище Microsoft Visual Studio — лінійка продуктів компанії Microsoft, що включають інтегроване середовище розробки програмного забезпечення і ряд інших інструментальних засобів. Дані продукти дозволяють розробляти як консольні додатки, так і додатки з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайти, веб-додатки, веб-служби як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, підтримуваних Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, Xbox, Windows Phone .NET Compact Framework і Silverlight.

За допомогою цього продукту можна розробляти:

- консольні додатки;
- додатки з графічним інтерфейсом (з підтримкою технології Windows Forms);
- web-сайти;
- web-додатки.

Visual Studio включає в себе редактор вихідного коду з підтримкою технології IntelliSense і можливістю найпростішого рефакторінга коду. Вбудований відладчик може працювати як відладчик рівня вихідного коду, так і відладчик машинного рівня. Решта вбудовуються інструменти включають в себе редактор форм для спрощення створення графічного інтерфейсу додатку, веб-редактор, дизайнер класів і дизайнер схеми бази даних. Visual Studio дозволяє створювати і підключати сторонні додатки (плагіни) для розширення функціональності практично на кожному рівні, включаючи додавання підтримки систем контролю версій вихідного коду (як, наприклад, Subversion і Visual SourceSafe), додавання нових наборів інструментів (наприклад, для редагування і візуального проектування коду на предметно-орієнтованих мовах програмування) або інструментів для інших аспектів процесу розробки

програмного забезпечення (наприклад, клієнт Team Explorer для роботи з Team Foundation Server).

3.2. Мова програмування C#

Мова C# [3, 4] — типізована об'єктно-орієнтована мова програмування, яка базується на сімействі мов програмування C (C, C++ , Java).

Мова C# призначена для розробки різноманітних безпечних і потужних додатків, які виконуються в середовищі .NET Framework. За допомогою мови C# можна створювати звичайні додатки для Windows, XML-веб-служби, розподілені компоненти, додатки “клієнт-сервер”, додатки баз даних тощо [5].

Усі змінні і методи, включаючи метод Main, інкапсулюються в визначенні класів. Мова C# підтримує поняття інкапсуляції, наслідування і поліморфізму [6]:

— наслідуванням є можливість при описі класу вказувати на його походження (kind of relationship) від іншого класу. Наслідування дає можливість створити новий клас, в основу якого покладено існуючий. В отриманий таким чином клас можна внести свої зміни, а потім створити нові об'єкти даного типу. Цей механізм лежить в основі створення ієрархії класів. Після абстрагування наслідування є найбільш значущою частиною загального планування системи. Похідним (derived class) є створюваний клас, похідний від базового (base class). Похідний клас наслідує всі методи базового;

механізм інкапсуляції дає можливість приховати внутрішню будову об'єкта від його користувачів, надаючи через інтерфейс доступ тільки до тих членів об'єкта, з якими клієнтові можна працювати безпосередньо. Інкапсуляція має на увазі наявність межі між зовнішнім інтерфейсом класу (відкритими членами, видимими користувачам класу) і деталями його внутрішньої реалізації. Перевага інкапсуляції для розробника полягає в тому, що він може відкрити ті члени класу, які будуть залишатися статичними або незмінними, приховавши

внутрішню організацію класу, більш динамічну і в більшій мірі піддається змінам. У мові C # інкапсуляція досягається шляхом призначення кожному члену класу свого модифікатора доступу — `public`, `private` або `protected`;

властивість поліморфізму (`polymorphism`) дає можливість старому коду викликати новий. Завдяки поліморфізмові можна змінювати поведінку класів у межах інтерфейсу, що, в свою чергу, дає можливість створювати класи, які матимуть однакове загальне призначення, проте будуть відрізнятися його реалізацією.

За допомогою поєднання цих трьох принципів досягається вся гнучкість і сила об'єктно-орієнтованого програмування. Проектування програми є процесом відображення елементів предметної області в сукупність ієрархічних об'єктів, які взаємодіють між собою так само, як це відбувається в самій предметній області.

Мова C# спрощує розробку компонентів програмного забезпечення завдяки кільком інноваційним конструкціям мови, а саме:

- інкапсульовані сигнатури методів (делегати), які підтримують безпечно повідомлення про події;
- властивості, які виступають в ролі методів доступу для закритих змінних-членів;
- атрибути з декларативними метаданими про типи під час виконання програми;
- XML-вбудовані коментарі-документації;
- функція LINQ пропонує вбудовані можливості запитів в різних джерелах даних.

Основними функціональними можливостями мови C# є [7]:

- ніяких покажчиків використовувати не потрібно. У програмах на C#, як правило, не виникає необхідність маніпулювання покажчиками;
- управління пам'яттю здійснюється автоматично за допомогою збірки сміття, тому ключове слово `delete` в C# не підтримується;

- пропонуються формальні синтаксичні конструкції для класів, інтерфейсів, структур, перерахувань і делегатів;
- надається аналогічна до C++ можливість перевантажувати операції для користувацьких типів, але без зайвих складнощів;
- підтримується програмування з використанням атрибутів;
- підтримуються анонімні методи, які дають можливість використовувати вбудовану функцію скрізь, де потрібно використовувати тип делегата;
- підтримуються моделі “делегат-подія”;
- підтримуються лямбда-вирази, які ще більше спрощують роботу з типами делегатів в .NET.

Серіалізація в мові C# — це процес перетворення об'єкта в потік байтів (рисунок 3.1) для подальшого його зберігання в об'єкт, який можна потім передавати в пам'яті, бази даних або в файл. Основне призначення серіалізації — зберегти стан об'єкта для того, щоб мати можливість відтворити його при необхідності. Зворотний процес називається десеріалізацією.

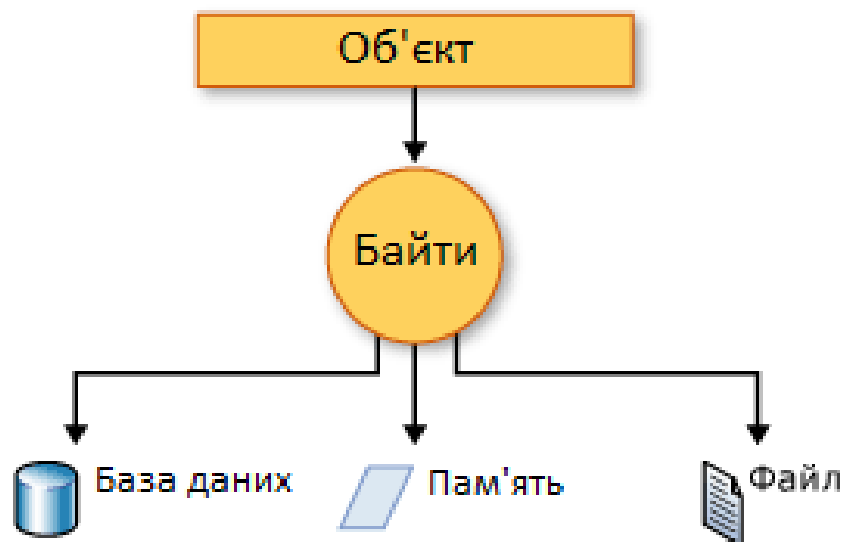


Рисунок 3.1 — Загальний процес серіалізації

3.3. Технологія .NET

Програма, написана мовою C#, виконується в середовищі .NET Framework (рисунок 3.2) [8] — інтегрованому компоненті для Windows, який містить віртуальну систему виконання (CLR-середовище), уніфікований набір бібліотек класів для всіх мов платформи .NET — BCL і бібліотеку класів FCL з розширеними бібліотеками: ASP.NET, ADO.NET, Windows Forms, WPF.

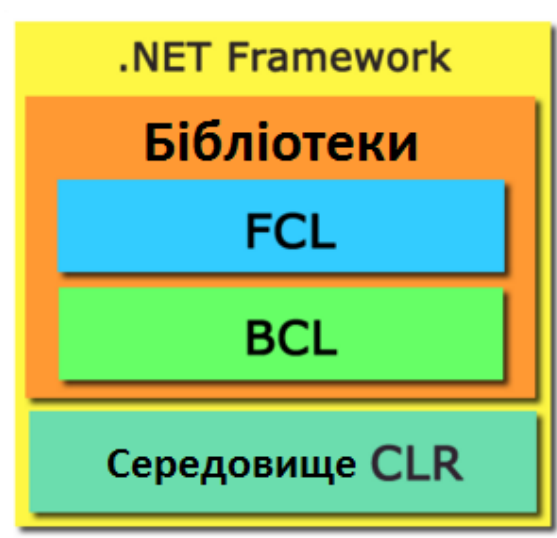


Рисунок 3.2 — Компоненти платформи .NET Framework

Середовище CLR (рисунок 3.3) є комерційною реалізацією інфраструктури CLI (common language infrastructure), міжнародного стандарту, основи середовищ виконання і розробки з тісною взаємодією мов і бібліотек.

Вихідний код, написаний мовою C #, компілюється в проміжну мову (IL) відповідно до специфікації CLI. Код IL і ресурси, такі як растрові зображення і рядки, зберігаються на диску в виконуваному файлі-збірці з розширенням EXE або DLL у більшості випадків. Збірка містить маніфест з відомостями про типи збірки, версії, мови, регіональні параметри і вимоги безпеки.

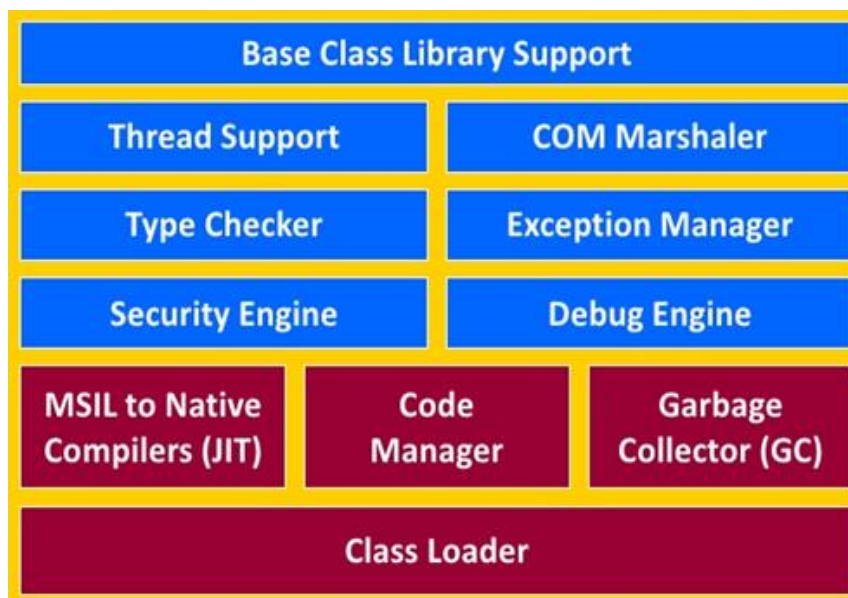


Рисунок 3.3 —Архітектура середовища CLR

При виконанні С#-програми збірка завантажується в збірку CLR залежно від відомостей в маніфесті. Далі, якщо вимоги безпеки дотримано, середовище CLR виконує JIT-компіляцію для перетворення коду IL в інструкції машинного коду. Середовище CLR також надає інші служби, які стосуються автоматичного збору сміття, обробки виключень і керування ресурсами.

Слід зазначити, що один з перших JIT-компіляторів для Java був також розроблений фірмою Microsoft (тепер в Java використовується досконаліша багаторівнева компіляція — Sun HotSpot). Сучасна технологія динамічної компіляції дозволяє досягнути аналогічного рівня швидкодії з традиційними “статичними” компіляторами (наприклад, С++) і питання швидкодії часто залежить від якості того чи іншого компілятора.

На рисунку 3.4 проілюстровано відношення під час компіляції і під час виконання між файлами з вихідним кодом С#, бібліотеками класів .NET Framework, збірками і середовищем CLR.

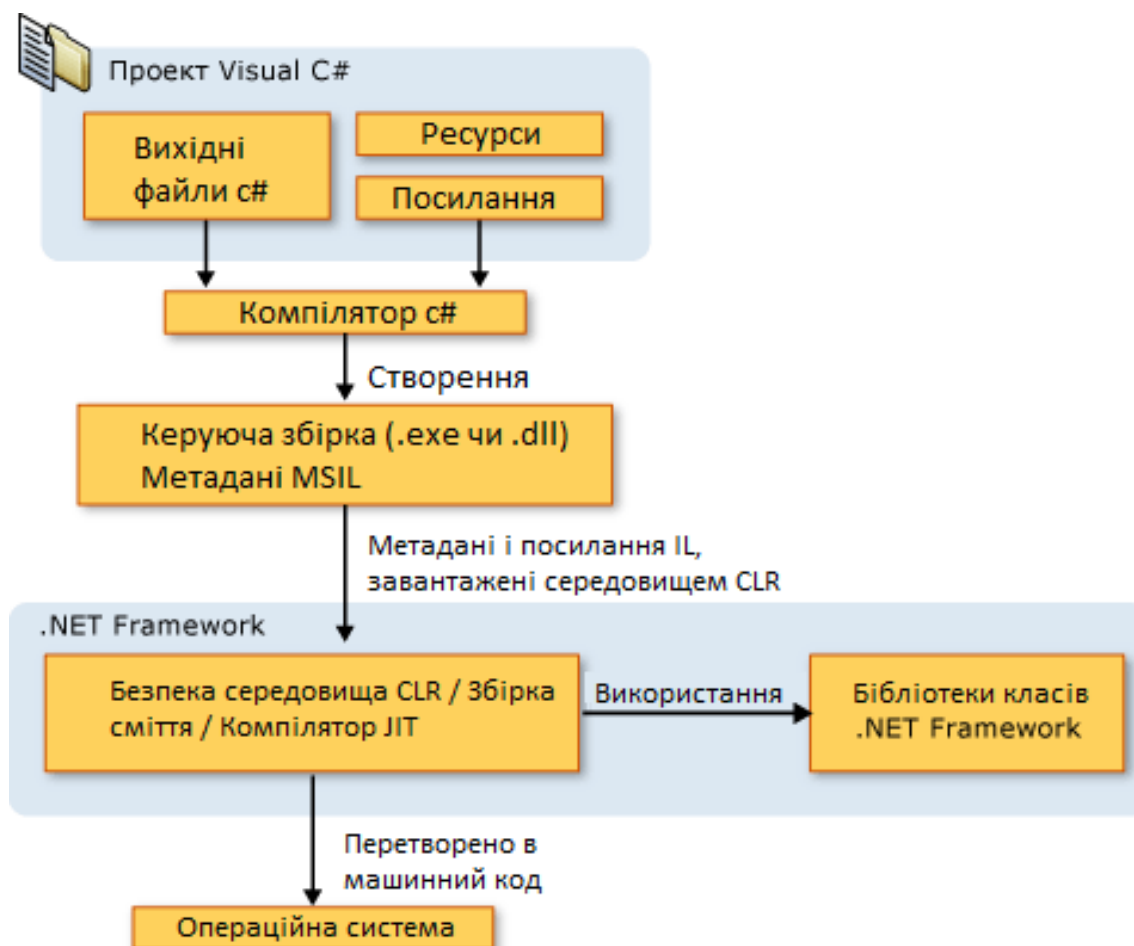


Рисунок 3.4 — Архітектура платформи .NET Framework

3.4. Фреймворк моделювання QUAL2K

QUAL2K (або Q2K) — це програма, яка моделює розповсюдження забруднювачів по течії річок, яка призначена для представлення модернізованої версії моделі QUAL2E (або Q2E) (Brown and Barnwell 1987). Q2K схожий на Q2E у таких аспектах:

- одновимірні (канал добре змішується у вертикальному та бічному напрямках);
- розгалуження (система може складатися з річки основної сітки з розгалуженими притоками);

- стаціонарна гідравліка (симулюється нерівномірний або стабільний потік);
- 24-годинний опалювальний бюджет(температура тепла моделюються як функція метеорології в часовій шкалі);
- 24-годинний кінетика якості води(усі змінні якості води моделюються за шкалою часу);
- витрати на тепло та масу[16].

Модель описує річку, як серію ділянок. Ділянки являють собою фрагменти русла річки, які мають постійні гідравлічні характеристики (наприклад, схил, ширина дна і т. Д.). Як показано на наступному слайді, нумерація виконується з верхів'я у порядку зростання, починаючи з верхів'я головної русла річки. Ділянки також визначаються фактом наявності точкового чи лінійного джерела забруднення.

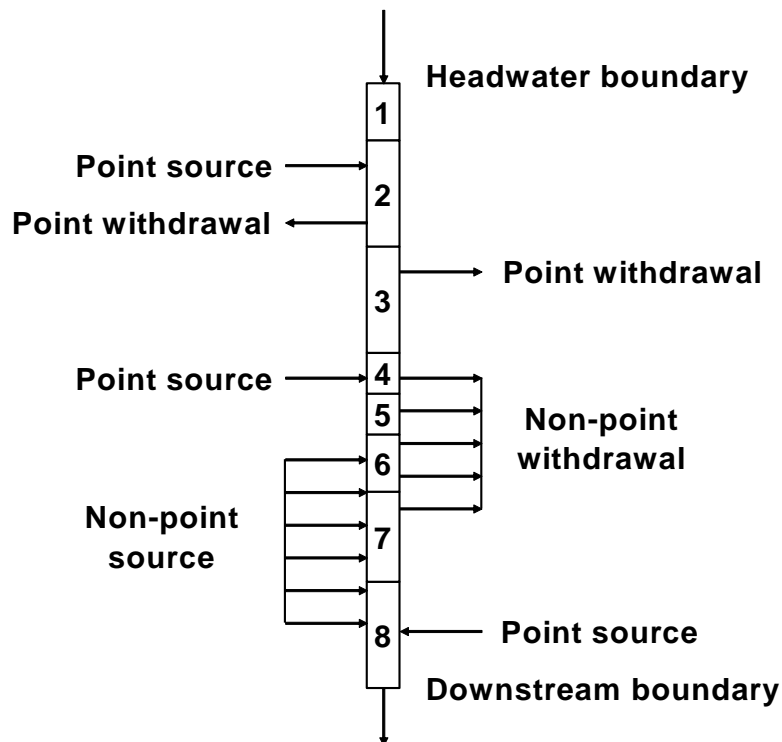


Рисунок 3.5 — Схема сегментації QUAL2K для річки без притоків

Для систем з притоками (рисунок 3.6) ділянки нумеруються в порядку зпадання , починаючи з номеру ділянки в яку впадає приток на головному руслі.

Зверніть увагу, що і верхів'я, і притоки також нумеруються послідовно за схемою послідовності, подібною до ділянок. Відзначимо також, що основні гілки системи (тобто основний стовбур і кожна притока) називаються сегментами. Ця відмінність має практичне значення, оскільки програмне забезпечення надає вихідні дані ділянок з прив'язкою до сегментів. Тобто, програмне забезпечення генерує дані для окремих ділянок для основного русла, а також для приток.

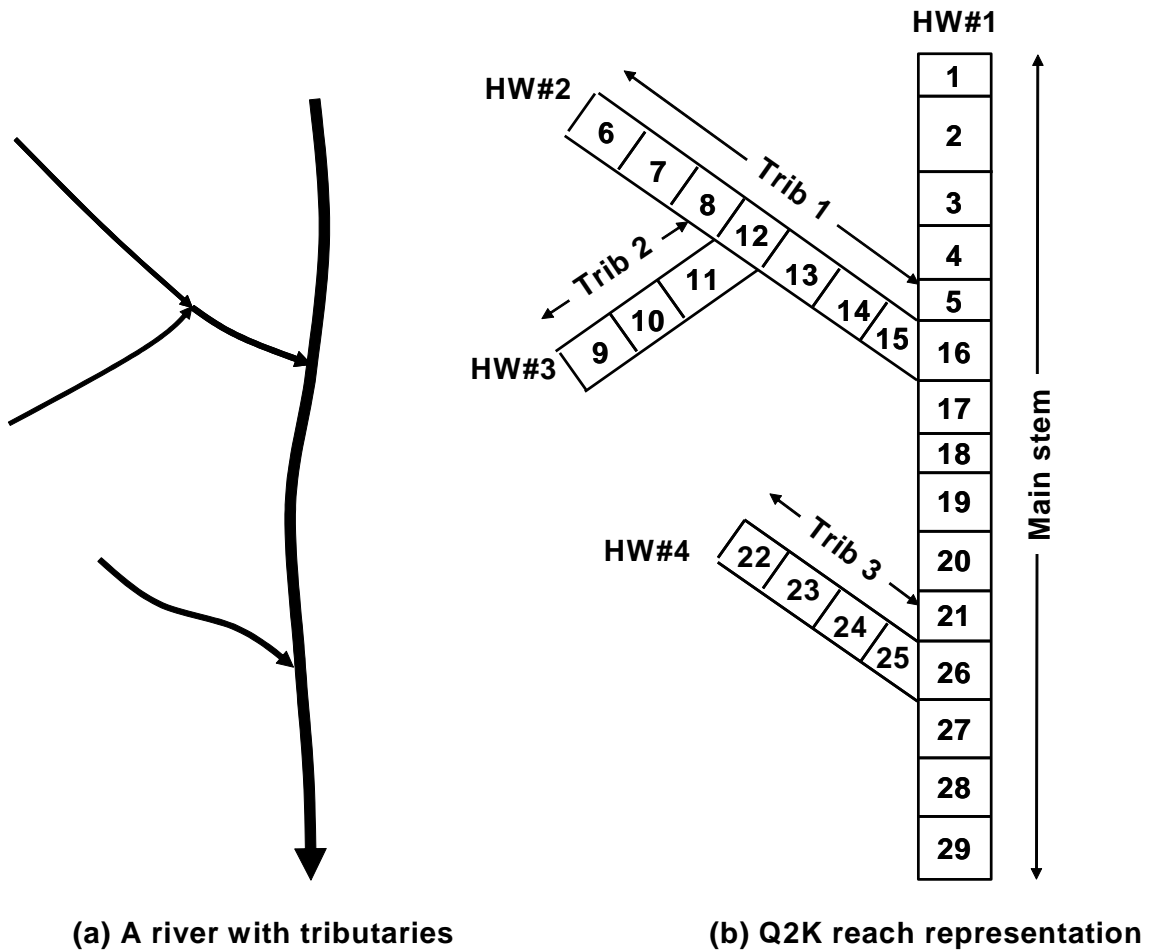


Рисунок 3.6 — Схема сегментації QUAL2K для річки з притоками

Нарешті, будь-яка модель охоплення може бути далі поділена на ряд рівномірно розташованих елементів. Як показано на рисунку 3.7 це робиться просто вказавши кількість бажаних елементів.

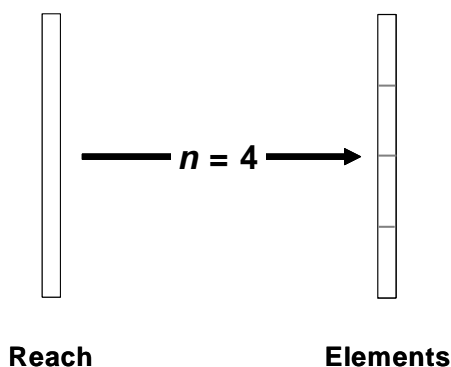


Рисунок 3.7 — Кожну ділянку можна додатково поділити на n рівних між собою елементів

Таким чином, номенклатура, яка використовується для опису способу, в якому організовується топологія річка виглядає наступним чином:

— ділянка це довжина річки з постійними гідравлічними характеристиками;

— Елемент це фундаментальний обчислювальний блок цієї моделі, яка складається з рівної довжини підрозділи вильотом стріли

— Сегмент це колекція досягає представляють гілка системи. Вони складаються з основного стовбура, а також кожного притоці

— Виток це верхня межа сегмента моделі.

QUAL2K може імітувати кількість компонентів, які включають температуру, рН, вуглецевий біохімічний попит, потреба в кисні в осад, розчинений кисень, органічний азот, аміачний азот, нітроновий і нітратний азот, органічний фосфор, неорганічний фосфор, загальний азот, загальний фосфор, фітопланктон та дно водоростей .

Параметри якості води, які вимірюються з моделі QUAL2K, є:

— течія;

— температура води;

— рН;

— електропровідність;

— суму суспензійних речовин;

— сумарну лужність як CaCO_3 ;

— ортофосфати як фосфор;

- загальний фосфор;
- амоній як азот;
- нітрат як азот;
- 5-денний попит на біохімічний спосіб кисню;
- хімічний попит на кисень.

Як описано, основним елементом Q2K є елемент. Встановлений стабільний баланс потоку реалізується для кожного елемента моделі як показано на рисунку 3.8.

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i} \quad (1)$$

де Q_i = відтік з елемента i в нижній потік елемента $i + 1$ [m^3/d], Q_{i-1} = приплив з елемента вище по течії $i - 1$ [m^3/d], $Q_{in,i}$ — загальний приплив у елемент з точки i нетоксичних джерел [m^3/d], а $Q_{out,i}$ — загальний відтік з елемента за рахунок точкових та ділянкових втрат [m^3/d]. Таким чином, відтік вниз по течії є просто різницею між притоком та приростом джерел, за вирахуванням збитків[17].

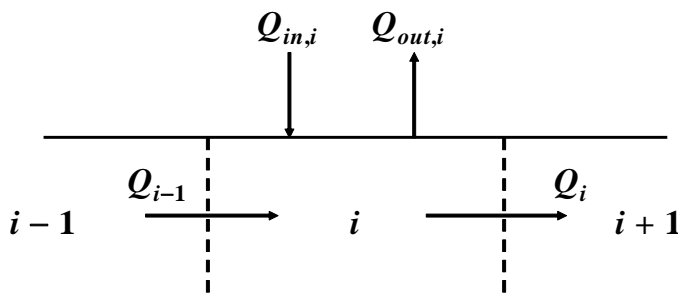


Рисунок 3.8 — Елемент потоку балансу

Загальний приплив з джерел розраховується як:

$$Q_{in,i} = \sum_{j=1}^{psi} Q_{ps,i,j} + \sum_{j=1}^{npsi} Q_{nps,i,j} \quad (2)$$

де $Q_{ps,i,j}$ це j -тій точка джерела притоку до елементу i [m^3/d], psi = загальна кількість точкових джерел до елемента i , $Q_{nps,i,j}$ є джерелом j -го

неточкового джерела для елемента i [m^3/d], і n_{psi} = загальна кількість неточкових джерел надходжень до елемента i .

Загальний відтік від вилучення обчислюється як

$$Q_{out,i} = \sum_{j=1}^{pai} Q_{pa,i,j} + \sum_{j=1}^{n_{pai}} Q_{n_{pai},i,j} \quad (3)$$

де $Q_{pa,i,j}$ це j -тий точковий відтік відтоку від елемента i [m^3/d], pai = загальна кількість точок зняття з елемента i , $Q_{n_{pai},i,j}$ це j th безвідхідний відтік вилучення з елемента i [m^3/d], і n_{pai} = загальна кількість невстановлених вилучень потоків з елемента i .

Неточкові джерела та вилучення моделюються як лінійні джерела. Як показано на рисунку 3.9, неточкове джерело розмежовується за початковим та кінцевим пунктами кілометра. Його потік потім розподіляється на або з кожного елемента в довжину зваженої форми.

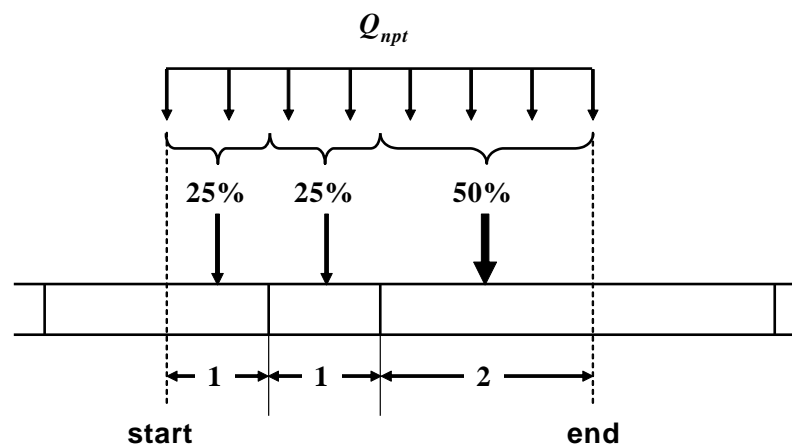


Рисунок 3.9 — Спосіб, в якому потік вихідного розосереджений розподіляються до елементу.

Модель виробляє щоденні дані для кожного охоплення, а також табулює середнє, максимальне та мінімальне значення кожного параметра чи складової для кожної охоплення потокової системи. Середні, мінімальні та максимальні значення кожного з моделюються параметрів автоматично організовані в три окремих вкладки в моделі QUAL2K, і він дає цілодобовий 24-годинний графік

заданих параметрів для кожної охоплення системи або сюжет середнього, максимального і мінімальні значення для кожного параметра як функції відстані вниз по течії[18].

3.5. Технологія WPF

Технологія Windows Presentation Foundation (або WPF) є графічною підсистемою за допомогою Microsoft для надання користувальницьких інтерфейсів в додатках на базі Windows. WPF, раніше відомий як “Avalon”, спочатку був випущений як частина .NET Framework 3.0. Замість того, щоб покладатися на старій підсистеми GDI, WPF використовує DirectX. WPF намагається забезпечити послідовну модель програмування для створення додатків і відокремлює призначений для користувача інтерфейс від бізнес-логіки. Він нагадує аналогічні моделі об'єктів XML-орієнтовані, такі як ті, які реалізовані в XUL і SVG.

WPF використовує XAML, в мові XML на основі, щоб визначити і зв'язати різні елементи інтерфейсу. Додатки WPF можуть бути розгорнуті як окремі програми для настільних або розміщених в якості впровадженого об'єкта на веб-сайті. WPF прагне об'єднати кілька загальних елементи призначеного для користувача інтерфейсу, такі як 2D/3D-рендеринг, фіксований і адаптивні документи, друкарня, векторної графіка, анімація під час виконання, і попередньо надаються засоби масової інформації. Ці елементи можуть бути пов'язані між собою і маніпулювати на основі різних подій, взаємодії користувачів і прив'язки даних.

Бібліотеки часу виконання WPF включені з усіма версіями Microsoft Windows, починаючи з Windows Vista і Windows Server 2008. Користувачі Windows XP SP2 / SP3 і Windows Server 2003 можна додатково встановити необхідні бібліотеки.

Microsoft Silverlight надає функціональні можливості, в основному

підмножина WPF, щоб забезпечити вбудований веб-елементи управління, які можна порівняти з Adobe Flash. 3D-рендеринг під час виконання був підтриманий в Silverlight, так як Silverlight 5 [9].

Технологія WPF має широкий набір елементів керування (рисунок 3.6), які можна додавати на форми: текстові поля, кнопки, списки, що розкриваються, перемикачі й навіть веб-сторінки.

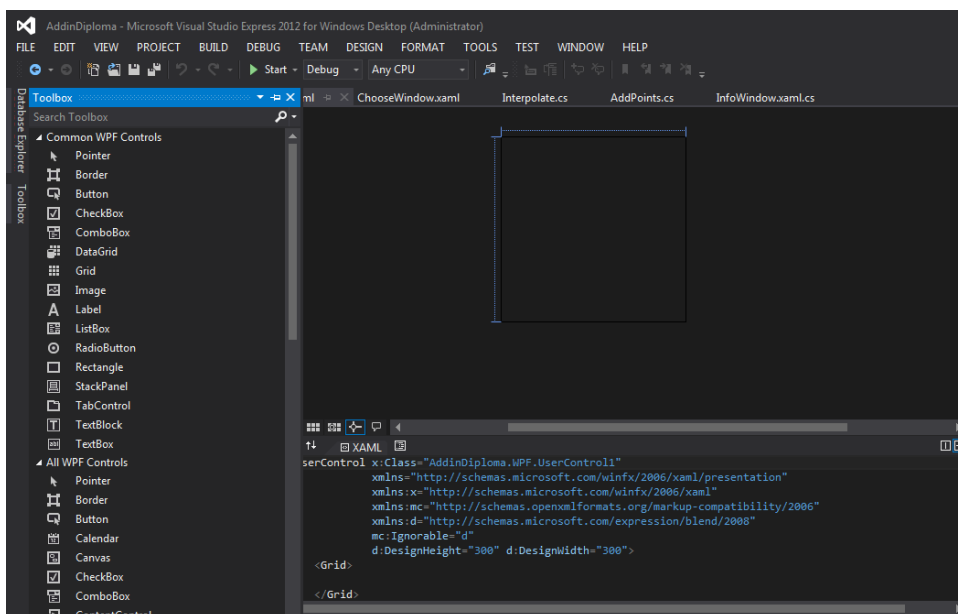


Рисунок 3.6 — Панель елементів WPF

За допомогою конструктора WPF, який підтримує перетягування, в Visual Studio можна легко створювати додатки WPF. Досить виділити елемент керування курсором і помістити його в потрібне місце на формі. Для подолання труднощів, пов'язаних з вирівнюванням елементів керування, конструктор надає такі елементи, як лінії сітки й лінії прив'язки.

3.6. Технологія ArcObject SDK

Програмні продукти компанії ESRI (США), найстарішого у світі виробника програмних засобів ГІС (фірма заснована в 1969 році).

Програмні продукти Arcgis порівняно з іншими програмами роботи з географічною інформацією мають ряд переваг:

- строга топологічність даних;
- контроль за цілісністю і топологічністю даних;
- розвинутий апарат роботи з системою координат і географічними проекціями;
- наявність розвинутого математичного апарату обробки просторових даних.

Основними її недоліками є деякі труднощі при освоєнні редактора, а також заплутана і не завжди зрозуміла ліцензійна політика і велика вартість ліцензій.

ArcObjects це середовище розробки сімейства ArcGIS додатків. За допомогою Visual Basic для додатків, C Sharp (мова програмування) або Java (мова програмування) SDK для ArcGIS, що дозволяє розробникам розширювати ці додатки.

ArcObjects є бібліотекою COM-компонентів, що створюють фундамент платформи ArcGIS від ESRI. ArcObjects написана в основному на мові програмування C++. Все ArcGIS для настільних додатків засновані на ArcObjects. Оскільки ArcGIS повністю побудований на вершині ArcObjects, ви можете використовувати COM-послуг і можливостей, щоб повністю налаштувати і розширити платформу ArcGIS-meaning, що розширення моделі ArcObjects даних можна зробити легко і практично з усіма COM-сумісних мов програмування (наприклад, Visual Basic, C#, Visual Basic.NET, Java і Python). COM дозволяє компоненти для повторного використання на бінарному рівні. Іншими словами, розробники не вимагають доступу до вихідного коду ArcObjects для того, щоб розширити платформу ArcGIS. З цієї причини при ArcObjects програміст може використовувати будь-який тип всередині системи ArcObjects, не знаючи деталей реалізації типу. Розробник повинен знати, що тип може зробити тільки. Оскільки ArcObjects заснований на стандарті COM, ви можете легко працювати з ним в поєднанні з іншими COM-об'єктів і додатків

(багато програмні додатки на базі Windows, такі як Microsoft Office засновані на стандарті COM). Як уже згадувалося раніше, платформа ArcGIS була побудована з використанням типів ArcObjects (такі як класи, інтерфейси і перерахувань). У світі ArcObjects, класи використовують інтерфейси для організації властивостей і методів. Простіше кажучи, класи всередині ArcObjects використовувати тільки COM-інтерфейси, щоб виставити їх відкриті член і спілкуються один з одним. При роботі з класом ArcObjects COM, ви ніколи не працювати з властивостями і методами класу; швидше, ви завжди отримати доступ до його властивостей і методів за допомогою одного зі своїх реалізованих інтерфейсів. Як приклад, коли екземпляр об'єкта, ви можете використовувати тільки один інтерфейс. Однак, після конкретизації, ви можете запросити будь-який інший інтерфейс, який реалізується за допомогою цього об'єкта. Цей процес іноді називається інтерфейс Query (QI). Класи в ArcObjects часто мають багато інтерфейсів. Багато з компонентів ArcObjects, які складають ArcGIS використовуються у всіх трьох продуктів ArcGIS. Об'єкти в широких категоріях базових послуг, доступ до даних, аналіз карти і карт презентацій містяться у всіх трьох продуктах. Ці чотири категорії містять велику частину функціональних можливостей ГІС піддаються розробників і користувачів в ArcGIS.

Ця спільність функції серед усіх продуктів дуже важливо для розробників, щоб зрозуміти, так як це означає, що при роботі в тій чи іншій категорії, велика частина зусиль в області розвитку можуть бути передані між ArcGIS продуктів з невеликими змінами в програмному забезпеченні. Зрештою, це саме те, як розвивається архітектура ArcGIS. Повторне використання коду є основною перевагою побудови модульної архітектури, але повторне використання коду не просто приходить від створення компонентів за модульним принципом [10].

3.7. Використання інтерполяції для відображення забруднень на основі точок забруднень

Інтерполяція — в обчислювальній математиці спосіб знаходження проміжних значень величини за наявним дискретним набором відомих значень.

Багатьом із тих, хто стикається з науковими та інженерними розрахунками часто доводиться оперувати наборами значень, отриманих експериментальним шляхом чи методом випадкової вибірки. Як правило, на підставі цих наборів потрібно побудувати функцію, зі значеннями якої могли б з високою точністю збігатися інші отримувані значення. Така задача називається апроксимацією кривої. Інтерполяцією називають такий різновид апроксимації, при якій крива побудованої функції проходить точно через наявні точки даних [11].

Існує також близька до інтерполяції задача, що полягає в апроксимації якої-небудь складної функції іншою, простішою функцією. Якщо деяка функція занадто складна для продуктивних обчислень, можна спробувати обчислити її значення в декількох точках, а за ними побудувати, тобто інтерполювати, простішу функцію. Зрозуміло, використання спрощеної функції не дозволяє одержати такі ж точні результати, які давала б початкова функція. Але, для деяких класів задач, досягнутий вииграш у простоті і швидкості обчислень може переважити отриманий орієнтовний у результатах.

Варто також згадати і зовсім інший різновид математичної інтерполяції, відому за назвою “інтерполяція операторів”. До класичних робіт з інтерполяції операторів відносяться теорема Рисса-Торина (Riesz-Thorin theorem) і теорема Марцинкевича (Marcinkiewicz theorem), що є основою для багатьох інших робіт.

Доступні методи інтерполяції перераховані нижче.

Інструмент ОВР (IDW) використовує метод інтерполяції, що оцінює значення осередків за допомогою усереднення значень зразків точок даних поряд з кожною оброблюваною осередком. Чим ближче оцінюється точка до центру осередки, тим більше впливу, або ваги, вона має в процесі усереднення.

Крігінг (Kriging) — поліпшена геостатистичного процедура, яка генерує приблизну поверхню з розсіяного набору точок зі значеннями z . На відміну від інших методів інтерполяції, перед вибором оптимального методу оцінки, який буде використовуватися для побудови підсумкової поверхні, необхідно зробити дослідження просторового поведінки явища, представленого z -значеннями.

Інтерполяція природною околиці знаходить найближче підмножина вхідних зразків до запитаної точці і застосовує до них зважені значення, засновані на пропорційних областях, щоб інтерполювати значення (Sibson, 1981) Вона також відома як інтерполяція Сібсон або “захоплюючої області”.

Інструмент Сплайн використовує метод інтерполяції, який оцінює значення, використовуючи математичні функції, які зводять до мінімуму загальну кривизну поверхні, що призводить до згладженої поверхні, яка проходить точно через вхідні точки.

Інструменти Топо в растр і Топо в растр по файлах використовують метод інтерполяції, спеціально розроблений для створення поверхні, яка більш точно представляє природну дренажну поверхню і краще зберігає мережі ліній ребер і потоків із вхідних даних ізоліній.

Використовуваний алгоритм заснований на алгоритмі ANUDEM, розробленому Хатчинсоном і іншими фахівцями в Австралійському Національному Університеті.

Тренд — глобальна поліномна інтерполяція, відповідна рівній поверхні, певної математичної функцією (поліномом) для вхідних точок зразка. Поверхня тренда поступово змінюється і охоплює шаблони грубих масштабів в даних.

В моїй програмі використовується IDW інтерполяція

Метод зворотних зважених відстаней (IDW) однозначно передбачає, що об'єкти, які знаходяться поблизу, більш подібні один одному, ніж об'єкти, віддалені один від одного. Щоб проінтерполіровать значення для невимірної положення, IDW використовує виміряні значення навколо інтерпольованої розташування. Найбільш близькі до проінтерполірованному розташування

виміряні значення надають більший вплив на прогнозоване значення, ніж віддалені від нього на значну відстань. IDW передбачає, що кожна вимірювана точка надає локальне вплив, яке зменшується зі збільшенням відстані. Це надає більшої ваги точкам, розташованим ближче всього до інтерпольованої розташування. Вага точки зменшується як функція від відстані. Тому метод носить назву зворотних зважених відстаней.

Як було зазначено вище, ваги пропорційні зворотним відстаням (між точкою даних і інтерпольованої місцем розташування), зведеними до рівня p . В результаті у міру збільшення відстані вага буде стрімко зменшуватися. Ступінь зменшення ваг залежить від значення p . Якщо $p = 0$, зменшення зі збільшенням відстані не відбувається, а оскільки всі ваги w_i однакові, прогнозоване значення буде середнім для всіх значень шуканого фрагмента. У міру збільшення значення p ваги віддалених точок будуть стрімко зменшуватися. Якщо значення p занадто високо, то на інтерполяцію вплинуть тільки точки, розташовані в безпосередній близькості.

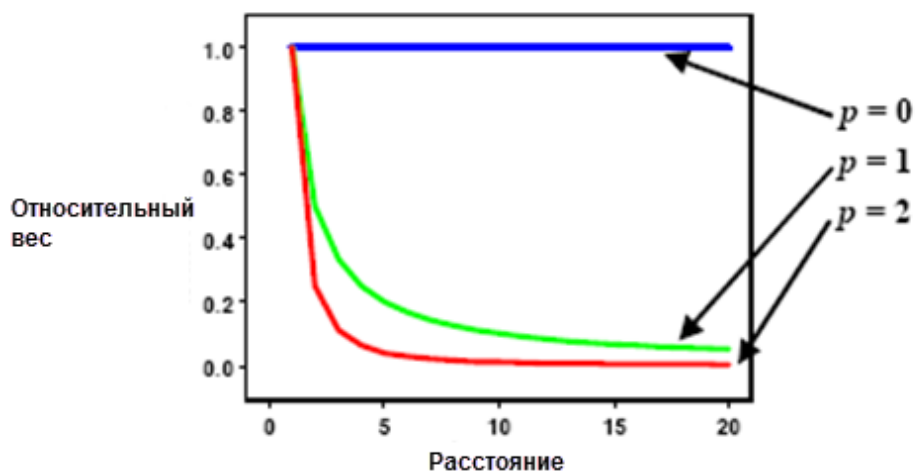


Рисунок 4.1 — Ілюстрація зменшення ваг зі зміною відстані

Geostatistical Analyst використовує значення ступенів, великі або рівні 1. Якщо $p = 2$, метод називається інтерполяцією зворотних зважених квадратів відстаней. $p = 2$ використовується як значення, встановлене за замовчуванням, хоча теоретичне обґрунтування для переваги цього значення відсутній. Вплив

зміни значення p повинно досліджуватися за допомогою перегляду вихідних даних і перевірки перехресних статистичних даних.

Оптимальне значення ступеня може бути визначено мінімізацією середньоквадратичної помилки інтерполяції (RMSPE). RMSPE - це статистична величина, яка розраховується під час перехресної перевірки. RMSPE визначає помилку інтерпольованої поверхні. Модуль Geostatistical Analyst виконує оцінку кількох значень ступеня для визначення того значення, яке видає найменшу помилку RMSPE. Малюнок внизу ілюструє обчислення оптимального ступеня модулем Geostatistical Analyst. Помилки RMSPE побудовані для кількох різних значень ступеня, але з використанням одного набору даних. Крива підібрана до точок (квадратична інтерполяція по методу локальних полиномов), і виходячи з даних кривої, ступінь, яка забезпечує найменшу помилку RMSPE, вважається оптимальною [12].

3.8. Висновки

Отже після проведення аналізу вибраних методів та засобів розробки програмного продукту. Можна сказати, що вибраний стек технологій та засобів добре підійде для виконання поставленої задачі. Мова програмування C# на платформі .NET, надасть широкий вибір інструментів для реалізації поставленої задачі. WPF допоможе створити зручний інтерфейс користувача з використанням інтерполяції для виведення на карту інформації.

QUAL2K візьме на себе відповідальність за розрахунки розповсюдження забруднень в річках.

Для відображення даних на карті використаємо геоінформаційну систему ArcGis. А об'єднає ArcGis з C# набір із засобів розробки Arcobjects C#, що буде відповідальний за взаємодію цих частин програмного продукту.

4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ

Створена програмна система складається з модулів, які працюють з однієї просторовою базою даних.

4.1. Архітектура системи

Розроблена система є клієнтським додатком. Вона включає в себе такі логічні модулі (рисунок 4.1):

- модуль інтерфейса користувача;
- модуль модель;
- модуль контролер.

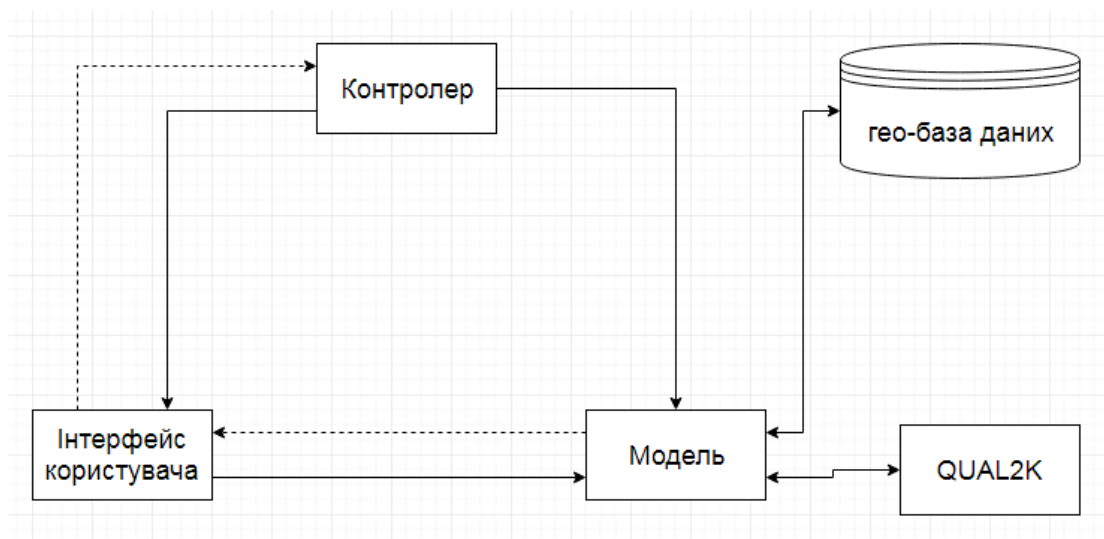


Рисунок 4.1 — Структура програми

Модуль модель надає дані і методи роботи з ними: запити до гео-бази даних, перевірка на коректність даних, генерацію файлів для QUAL2K та розшифрування отриманого результату. Модель не залежить від уявлення (не

знає як візуалізувати дані) і контролера (не має точок взаємодії з користувачем) просто надаючи доступ до даних і управління ними.

Модуль інтерфейсу користувача відповідає за отримання необхідних даних з моделі і відправляє їх користувачеві.

Модуль контролер забезпечує «зв'язок» між користувачем і системою. Контролює і направляє дані від користувача до системи і навпаки.

Просторова база даних яка використовується в проєкті складається з багатьох таблиць, далі ми розберемо основні таблиці(Рисунок 4.2).

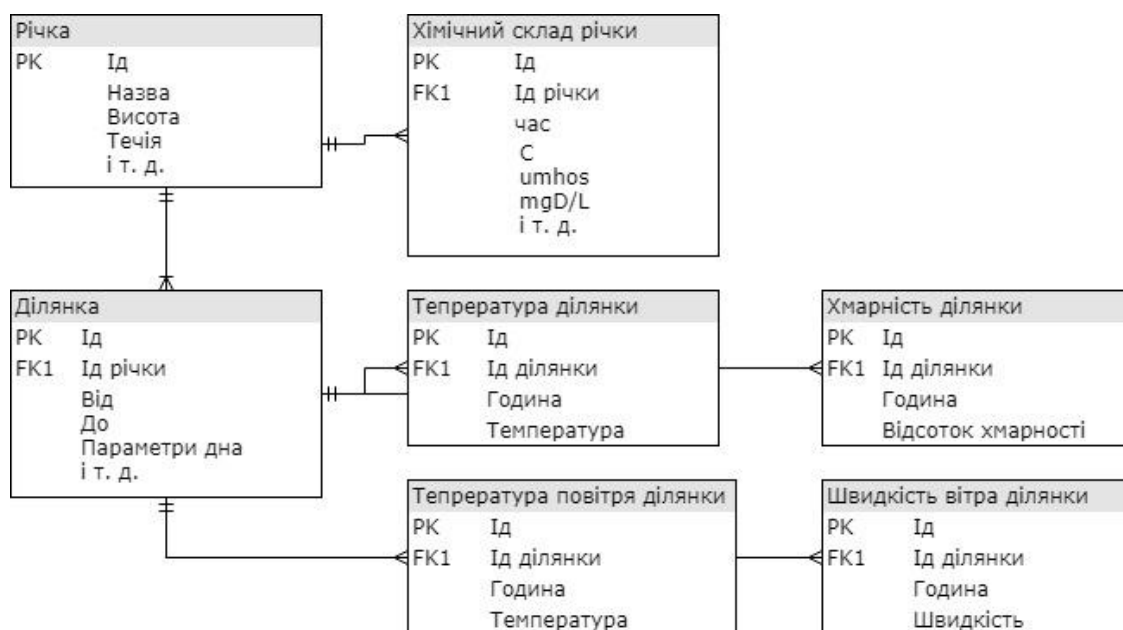


Рисунок 4.2 — Основні таблиці

Однією з основних таблиць являється таблиця Rivers, в якій знаходиться основна інформація про річки, їх довжина, висота, назва та різні коефіцієнти (рисунок 4.3).

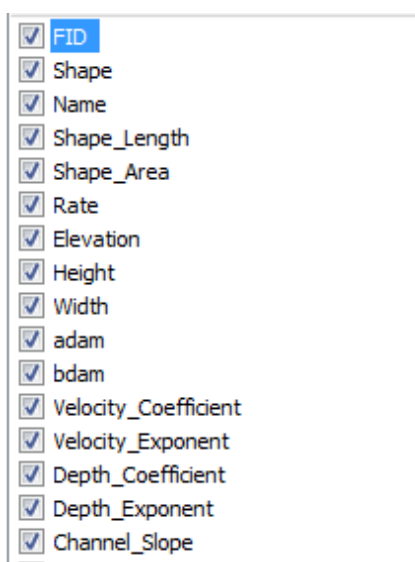


Рисунок 4.3 — Таблиця річок

Другою таблицею являється Reaches в якій збережені дані річки в певних точках, які були зроблені відповідні заміри (рисунок 4.4).

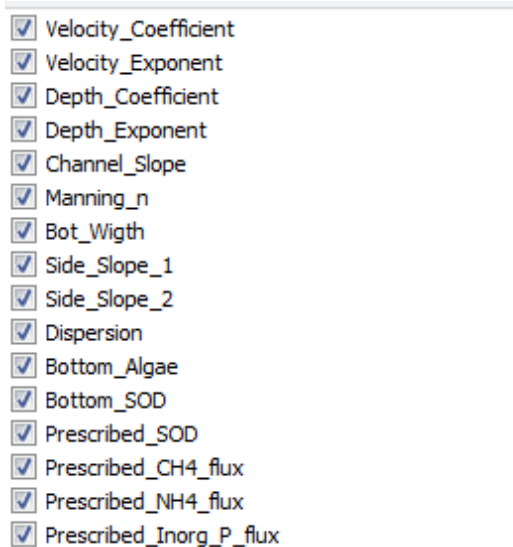


Рисунок 4.4 — Таблиця ділянок

Інші таблиці такі як reach_temp, reach_air, reach_wind мають однакову структуру, але відповідають за різні значення протягом 24 годин.

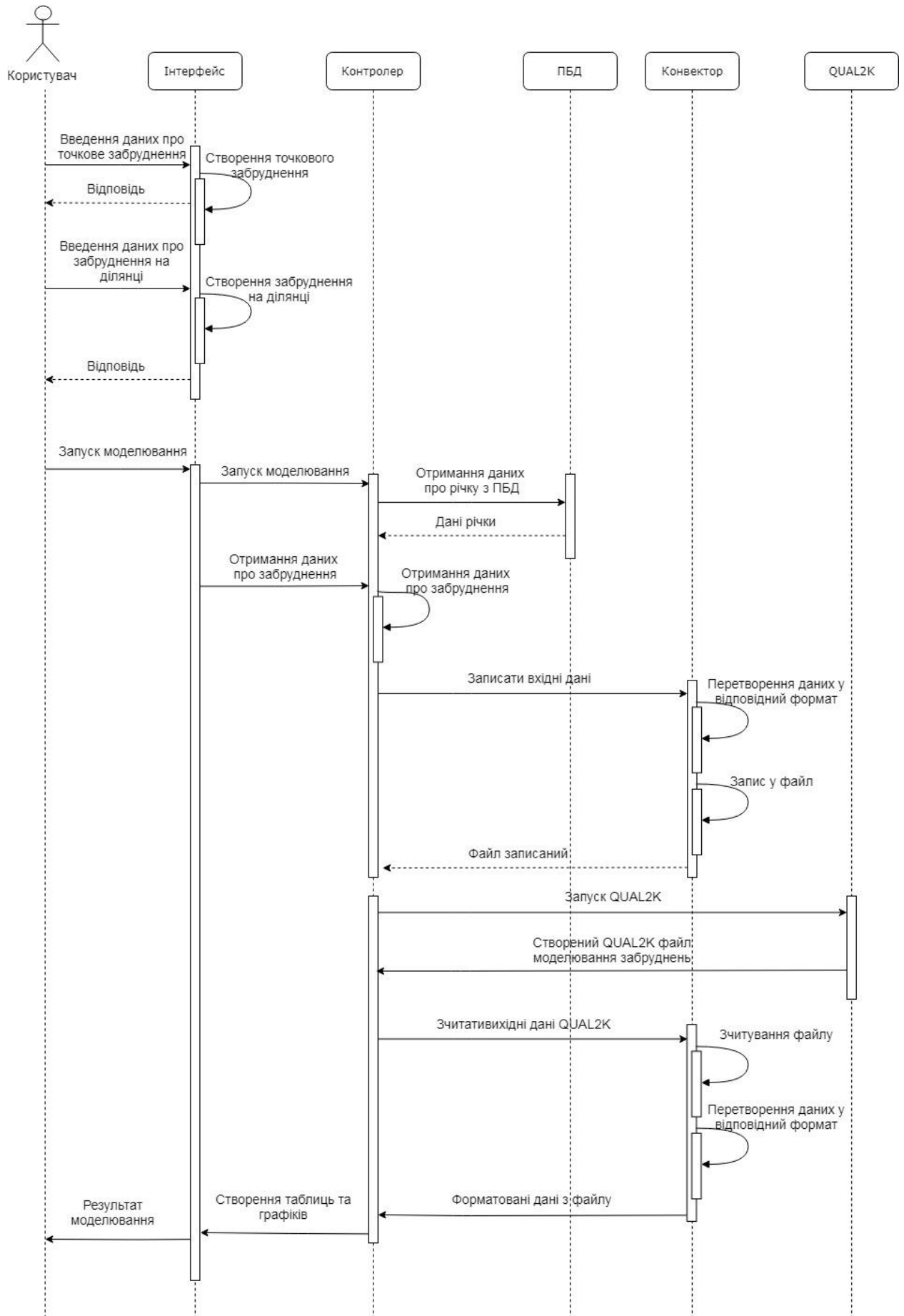


Рисунок 4.5 — Діаграма послідовності користування програмою

З діаграми послідовності (рисунок 4.5) можна розібратися, як взаємодіють об'єкти між собою за плином часу. Та зрозуміти, як в систему проводиться інтеграція з QUAL2K. Цій програмі на вхід потрібно дати файл в форматі .q2k, з всіма даними про річку та її ділянки, забруднення та коефіцієнти розрахунків, по якому він і проведе моделювання забруднень і створе новий файл результатів в форматі .out. В ньому будуть створені таблиці результатів моделювання.

Основною проблемою було те, що модуль QUAL2K написаний на мові програмування Fortran і тому число з рухомою комою там представлені в такому вигляді як .09 а не 0,09 як виводить наприклад С# тому потрібно, було створити модуль конвектор, що буде перетворювати різні типи даних в ті які буде розуміти QUAL2K.

Друга проблема, це зчитування даних з файлу результатів моделювання та створення відповідних таблиць. Формат виведення видно на рисунку 4.6. Для цього був створений алгоритм, який буде і створювати таблиці в ПБД.

Назву таблиці він бере з інформації, яка знаходилась між знаками **, після цього він зчитував назви колонок з наступного рядка, але створювалася таблиця вже після того як зчитає самі дані таблиці, щоб визначити формат цих колонок.

Після всіх цих операцій створюється таблиця в ПБД з відповідною назвою, колонками та даними. І вже з цими таблицями проводяться основні дії для виведення результатів, а саме створення графіків та відображення на карті.

```

** Hydraulics Summary **
TriD Reach      Downstream  Hydraulics  E'         H          Btop       Ac          U           trav time  slope      Reaeration  Reaeration  Reaeration  drop (m)
No.  Label      Distance   Q (m3/s)  (m3/s)     (m)        (m)        (m2)       (m/s)      (day)      ka,26, (/d) water/wind formulas drop (m)
-----
@Mainstem headwater  13.53000    0.71300    0.00000    1.30022    12.50000    16.25271    0.04387    0.00000    0.00200
@WP 0.4              13.20500    1.72314    0.06157    0.28962    12.50000    3.62026     0.47597    0.00790    0.00615    30.00000    Specified/No wind
@WP 0.4              12.80000    1.73557    0.00000    0.28089    12.50000    3.63519     0.47730    0.01573    0.00615    30.00000    Specified/No wind
@              12.35571    1.75562    0.87781    0.33546    12.50000    4.19327     0.41888    0.03028    0.00395    30.00000    Specified/No wind
@              11.83143    1.77567    0.88783    0.33780    12.50000    4.22254     0.42052    0.04471    0.00395    30.00000    Specified/No wind
@              11.30714    1.79572    0.89786    0.34014    12.50000    4.25169     0.42236    0.05907    0.00395    30.00000    Specified/No wind
@              10.78286    1.81577    0.90789    0.34246    12.50000    4.28071     0.42418    0.07538    0.00395    30.00000    Specified/No wind
@              10.25857    1.83583    0.91791    0.34477    12.50000    4.30962     0.42590    0.09163    0.00395    30.00000    Specified/No wind
@              9.73429    1.85588    0.92794    0.34707    12.50000    4.33841     0.42778    0.10181    0.00395    30.00000    Specified/No wind
@              9.21000    1.87593    0.90664    0.34937    12.50000    4.36708     0.42956    0.11594    0.00395    30.00000    Specified/No wind
@              8.51500    2.49251    1.24626    0.50126    12.50000    6.26578     0.39700    0.13616    0.00216    30.00000    Specified/No wind
@              7.80000    2.51909    1.33392    0.50456    12.50000    6.30702     0.39941    0.15630    0.00216    30.00000    Specified/No wind
@              7.20250    2.54271    1.27136    0.49175    12.50000    5.39686     0.47115    0.17147    0.00364    30.00000    Specified/No wind
    
```

Рисунок 4.6 — Результат роботи QUAL2K

4.2. Структурна організація систем

Для реалізації функціональних можливостей системи розроблено спеціальні класи (рисунок 4.7).

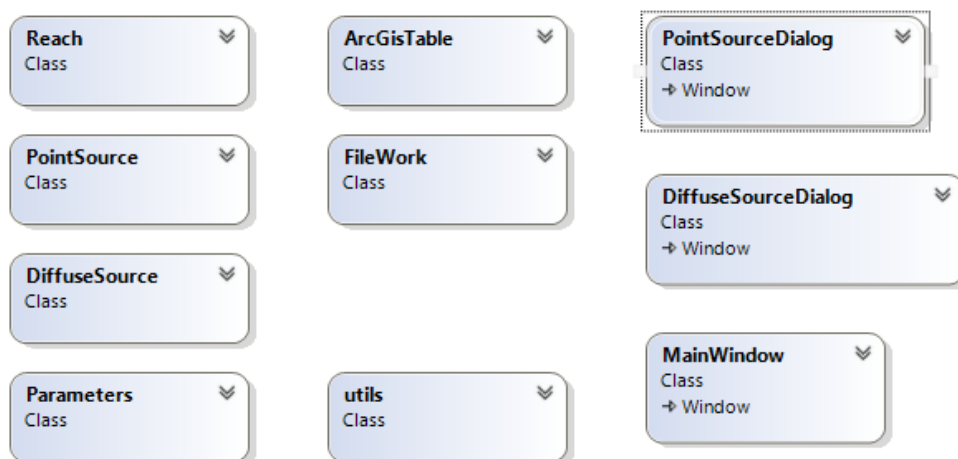


Рисунок 4.7 — Загальна діаграма класів системи

Клас `MainClass.cs` є класом, що відповідає за реагування на натиск кнопки в ArcMap середовищі. Та відкриває вікно для користування нашим додатком (рисунок 4.8).

Клас `MainWindow.cs` є класом, що відповідає за відображення та введення всіх даних, які потрібні для моделювання забруднень в річці. Тут виводиться інформація про річки, які можна вибрати для моделювання. По цій інформації вибираються точки річки на яких було проведено відповідні заміри та виводяться дані цих замірів на відповідну вкладку де можна вести нові точки, редагувати старі, або навіть видалити.

Виводяться та вводяться параметри розрахунків, такі як за якою формулою розраховувати випаровування води із поверхні річки.

А також сам результат моделювання у вигляді таблиць та графіків.

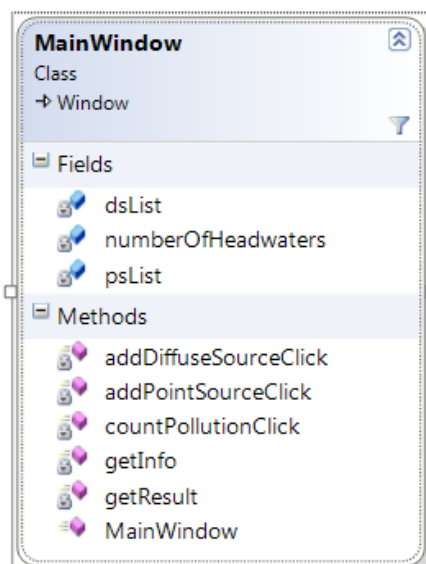


Рисунок 4.8 — Клас MainWindow

Клас `PointSourceDialog.cs` відповідає за введення даних про точкове забруднення.

Клас `DiffuseSourceDialog.cs` відповідає за введення даних про забруднення на ділянці річки.

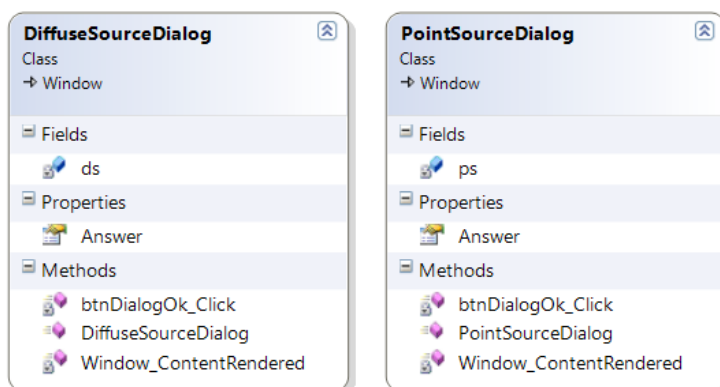


Рисунок 4.9 — Класи PointSourceDialog, DiffuseSourceDialog

Клас `Reach.cs` відповідає за взаємодію з точками на річці, а саме додавання, редагування, видалення та вибрати записи із гео-бази даних. Перетворює їх на ділянки для програми QUAL2K.

Клас `DiffuseSource.cs` відповідає за взаємодію із забрудненнями на ділянці, а саме додавання, редагування, видалення та вибрати записи із гео-бази даних. Перетворює їх у відповідні дані для програми QUAL2K.

Клас `PointSource.cs` відповідає за взаємодію із точковими забрудненнями, а саме додавання, редагування, видалення та вибрати записи із гео-бази даних. Перетворює їх у відповідні дані для програми QUAL2K.

Клас `Parameters.cs` відповідає за всі параметри та коефіцієнти розрахунку, додавання, редагування, видалення та вибрати записи із гео-бази даних. Перетворює їх у відповідні дані для програми QUAL2K.

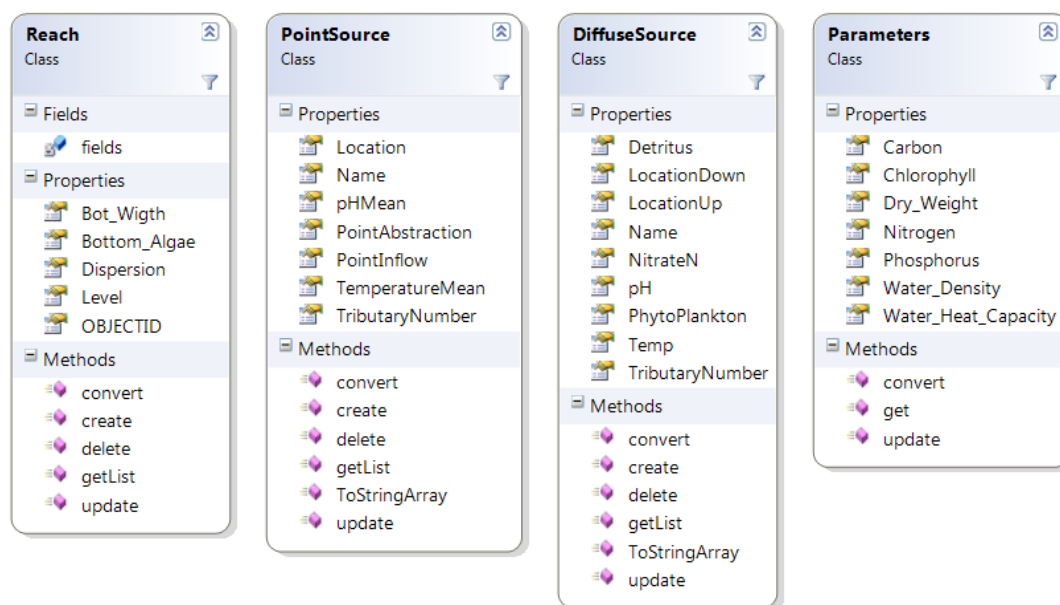


Рисунок 4.10 — Клас `Reach`, `PointSource`, `DiffuseSource`, `Parameters`

Клас `ArcGisTable.cs` відповідає за підключення до гео-бази даних.

Клас `FileWork.cs` є класом, що відповідає за роботу з файлами. А саме, він створює файл, який використовує QUAL2K, як вхідні дані для опрацювання. Та зчитує інформацію з вихідного файлу.

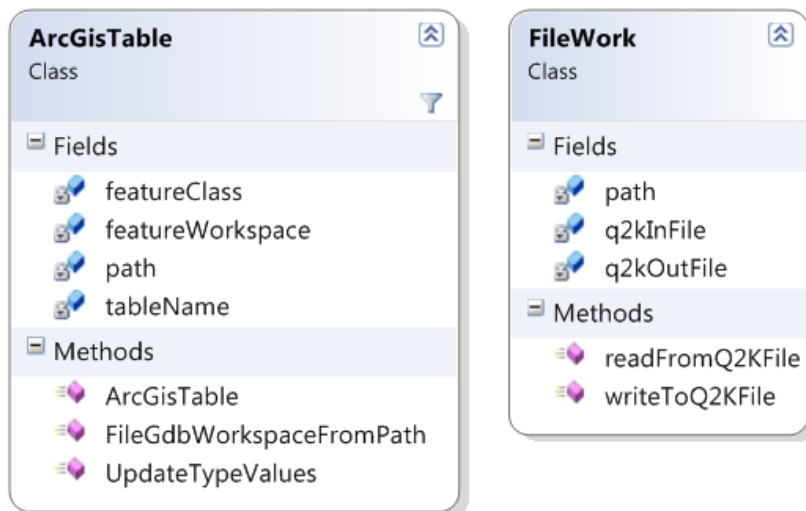


Рисунок 4.11 — Клас ArcGisTable, FileWork

4.3. Опис функціональних особливостей системи

В процесі проектування було використано діаграму прецедентів для відображення відношень між актором та прецедентами.

Діаграма прецедентів є засобом для моделювання системних динамічних аспектів, які у моделюванні поведінки, класу, системи і підсистеми грають основну роль. У кожній такої діаграми безліч акторів, прецедентів і відносин між ними [14].

Велике значення діаграма прецедентів має для специфікації, візуалізації та документування поведінки системи. Використовуючи її, розробнику легше розуміти систему, підсистему або класи, а також поглянути ззовні на переваги використання елементів для того чи іншого контексту. Діаграма представляє особливу важливість для проведення тестування виконуваних систем при прямому проектуванні, а також для кращого розуміння їх внутрішнього устрою, особливо при зворотному проектуванні.

У мові UML визначено такі типи відношення:

- залежність;
- асоціація;

- узагальнення;
- реалізація.

Ці відношення є основними єднальними конструкціями UML і також як сутності застосовуються для побудови моделей [15].

Залежність (Dependency) — це семантичне відношення між двома сутностями, при якому зміна однієї з них, незалежної, може вплинути на семантику іншого, залежного.

Асоціація (Association) — структурне ставлення, що описує сукупність смислових або логічних зв'язків між об'єктами.

Узагальнення (Generalization) — це відношення, при якому об'єкт спеціалізованого елемента (нащадок) може бути підставлений замість об'єкта узагальненого елемента (предка). При цьому, відповідно до принципів об'єктно-орієнтованого програмування, нащадок (child) успадковує структуру і поведінку свого предка (parent).

Реалізація (Realization) є семантичним відношенням між класифікаторами, при якому один класифікатор визначає зобов'язання, а інший гарантує його виконання. Ставлення реалізації зустрічаються у двох випадках:

- між інтерфейсами і реалізують їх класами чи компонентами;
- між прецедентами і реалізують їх кооперації.

При цьому загальні властивості варіантів використання можуть бути представлені різними способами: за допомогою відношень включення, розширення і узагальнення.

Програмна система надає актору “Користувач” такі можливості (рисунки 4.12):

- вводити дані про забруднення на площині;
- вводити дані про точкове забруднення;
- переглядати результат моделювання забруднення;
- перегляд даних основного русла річки;
- перегляд даних притоки річки;

— редагування даних річки;

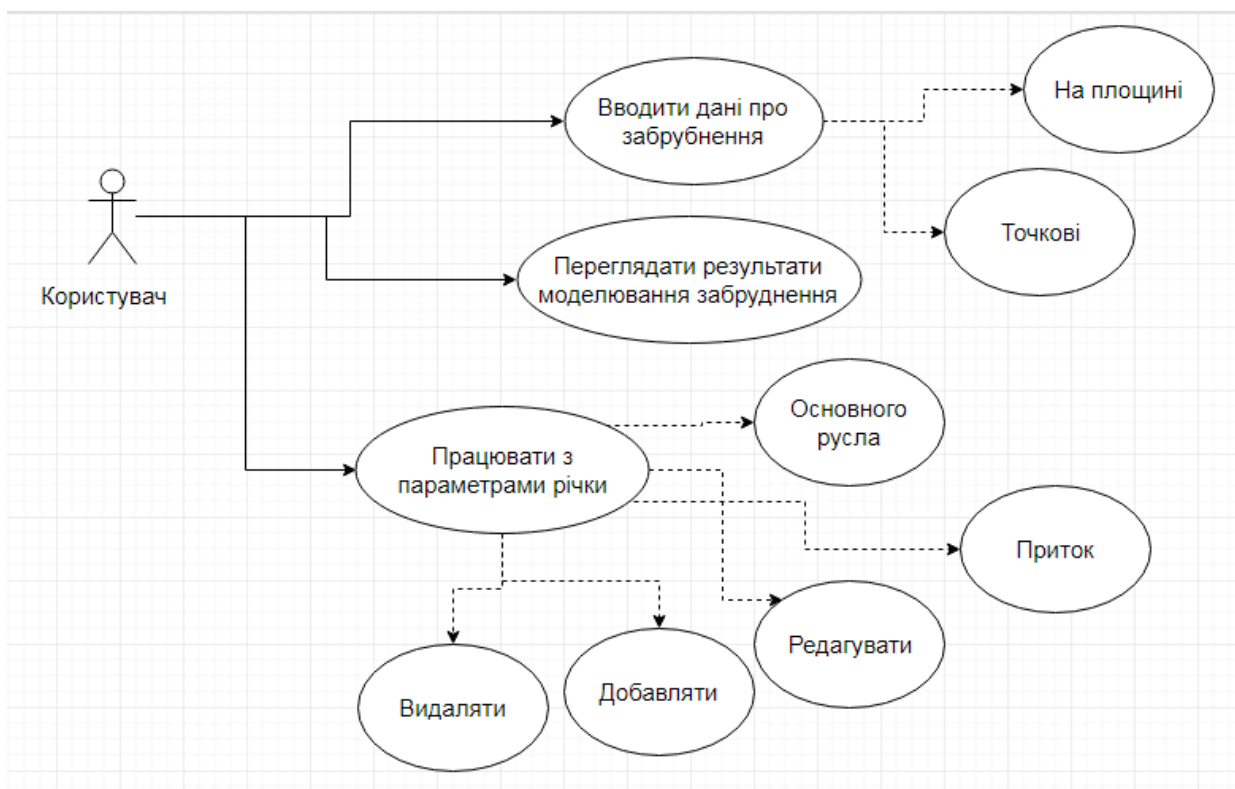


Рисунок 4.12 — Функціональна схема

4.4. Методика роботи користувача з програмою

Розроблене програмне забезпечення є настільним додатком. Для його роботи на комп'ютері має бути встановлена операційна система Windows 7 чи вище. Обсяг оперативної пам'яті має бути не меншим 1 Гбайта, на жорсткому диску має бути не менше 10 Мбайтів вільного простору.

Для встановлення програмного забезпечення на комп'ютері досить скопіювати папку з програмою в користувацьку папку.

Користувач системи під час роботи може використовувати меню, контекстні меню, різноманітні панелі з кнопками. Основні елементи інтерфейсу інтуїтивно зрозумілі.

Після запуску програми з'являється вікно роботи з програмою (рисунок 4.6), в якій користувач може починати роботу з картою та її функціоналом.

Зліва можна побачити панель рівнів(рисунок 4.13), за допомогою якої можна включати чи виключати відображення того чи іншого рівня або змінювати порядок відображення рівнів на карті.

Зверху знаходиться панель елементів за допомогою якої можна працювати з картою та її елементами. Так як програмне забезпечення являється модулем підключення до системи ArcMap то в нас є доступ до його функціоналу.

Кнопки модулю проекту:

- відкрити вікно для введення даних;
- редагувати дані;
- запускати моделювання;
- перегляд результатів.

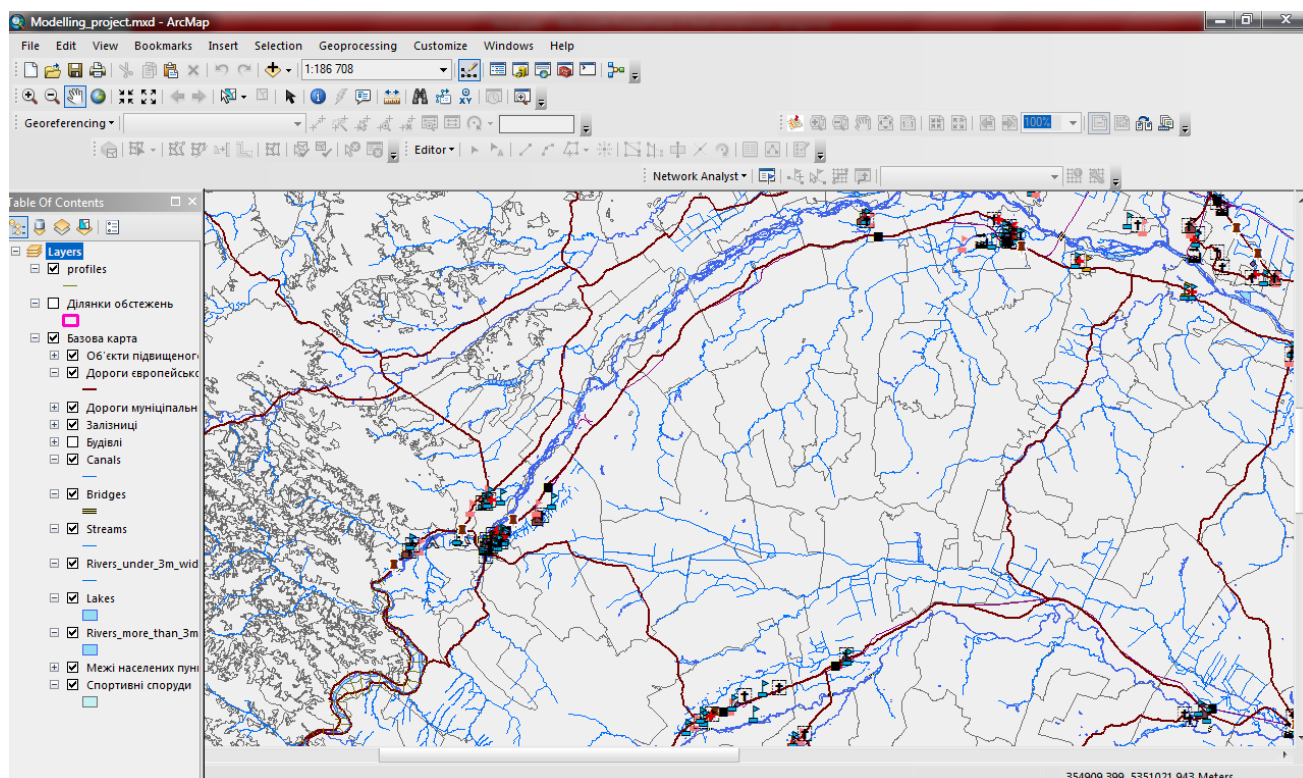


Рисунок 4.13 — Головна форма програми

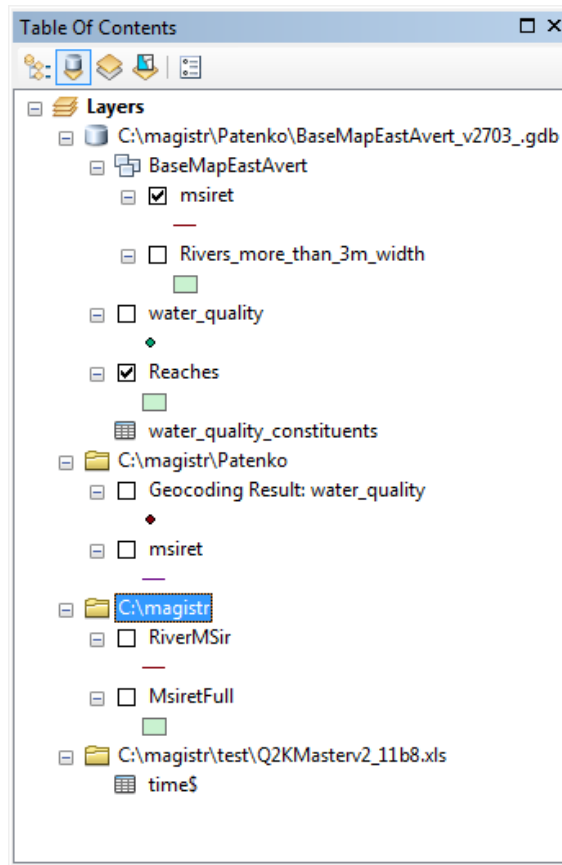


Рисунок 4.14 — Панель рівнів

Якщо користувач натисне на вкладку Reaches він перейде до таблиці в якій відображаються всі дані про ділянки річки (рисунок 4.15). У вкладці Parameters знаходяться параметри, коефіцієнти та типи модулів для обчислення, що будуть використовуватися для проведення моделювання (рисунок 4.16).

id	RowId	ShapeLength	Level	BotWigth	SideSlope_1	SideSlope_2	ChannelSlope	Manningn	VelocityCoefficient	VelocityExponent	DepthCoefficient	Depth
246	16	974,704542686719	453,707	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
247	1	2430,94856357662	453,707	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
245	29	1273,30690288204	450,58	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
244	41	1529,36481485848	446,655	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
243	47	1269,79642100604	442,868	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
242	55	1421,45922458897	439,127	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
241	64	988,730746602325	435,151	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
240	69	1229,60056230821	432,051	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
239	76	1110,84819574058	429,317	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
238	82	1219,46098447626	426,249	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
237	88	1075,1556381397	423,178	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
236	95	1283,11444549747	421,159	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
235	103	1004,00588061796	418,791	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
234	113	1158,65556967718	416,866	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
233	120	1040,74336476509	414,701	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0
232	129	1029,65080698037	412,55	12,5	0	0	-99999	0,07	0	0	0	0

Рисунок 4.15 — Вікно таблиці ділянок річки

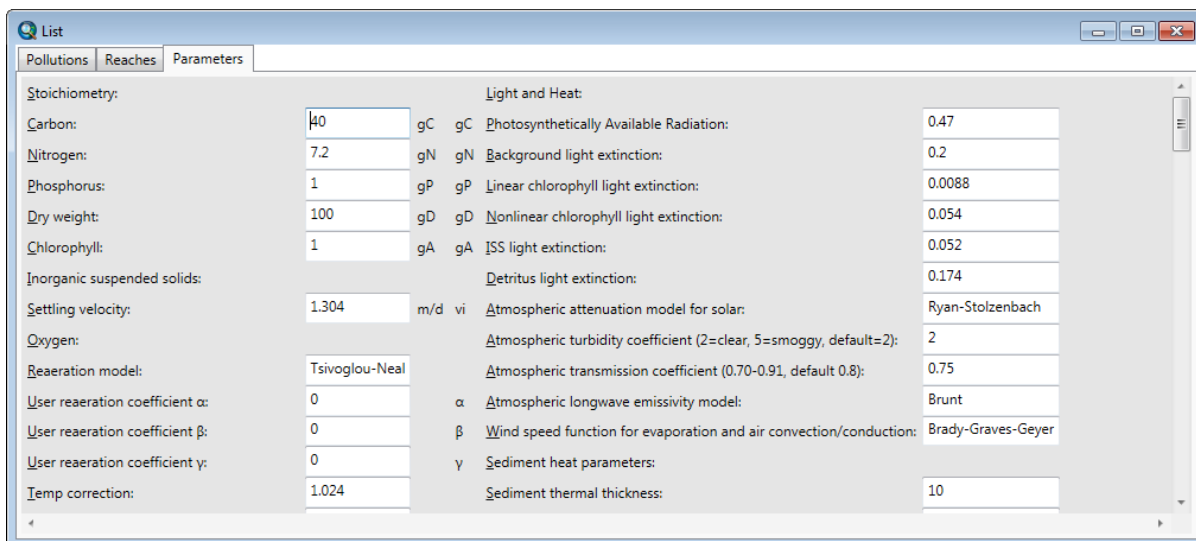


Рисунок 4.16 — Вкладка параметрів

При натисненні на вкладку з назвою *Pollutions* користувач перейде на вікно з кнопками (рисунок 4.17), а саме *Add diffuse source* і *Add point source*, які викликають діалогові вікна для введення вхідних даних (рисунок 4.18-4.19) відповідно до цих параметрів належать такі властивості:

- місцезнаходження забруднень;
- інтенсивність;
- температура;
- тип забруднення.

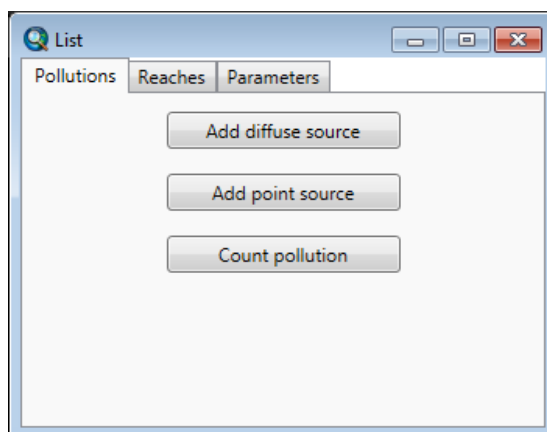


Рисунок 4.17 — Вкладка роботи з забрудненнями

Рисунок 4.18 — Вікно введення даних забруднення на ділянці

Рисунок 4.19 — Вікно введення даних точкового забруднення

Третя кнопка Count pollution викликає запуск моделювання забруднень використовуючи програму QUAL2K. Після натиснення програма зчитує дані про забруднення та дані про ділянки річки та її параметри. Перетворює всі вхідні параметри в файл на вхід програмі. Зчитує вихідний результат та перетворює їх в геодані для ArcGis (рисунок 4.20).

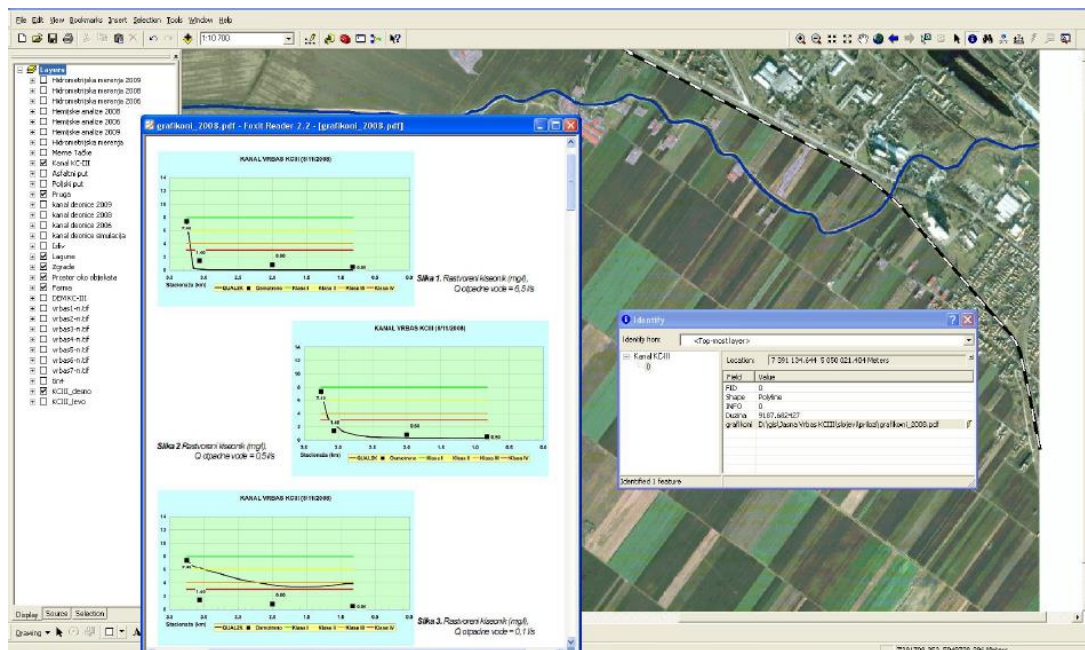


Рисунок 4.20 — Результати моделювання

4.5. Висновки

Система побудована на основі архітектурного шаблону MVC, з використанням усіх його переваг. Його недоліки були уникненні використанням ООП. Структурно було використано десять класів, кожний із яких відповідає за один із аспектів роботи програми.

В цілому розроблений програмний продукт має зручний інтерфейс для ефективної роботи та моделювання забруднень.

5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «CLEARIVER»

5.1. Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах вплив та важливість моделювання розповсюдження забруднень. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту.

Ідея проекту полягає в інтеграції системи моделювання забруднення річок Quality2000 з програмною системою ArcGis, а саме, в мережі річок України.

У таблиці 5.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Моделювання забруднень в річках	поширення забруднень з місць складування відходів	можливість вжити відповідні заходи
	дослідження ризику забруднень ґрунтових вод	можливість вжити відповідні заходи
	вплив методів землеробства (включаючи використання добрив)	застереження екологічних катастроф
	покращення стану води у річковій системі	поліпшення екологічного стану регіону

Отже, пропонується новий спосіб системи моделювання забруднення річок, який надає можливість розраховувати поширення забруднень з місць складування відходів, на основі яких вибираються рішення щодо запобігання або ліквідації надзвичайних ситуацій на основі моделюванні динаміки їх розвитку.

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
		Мій проект	MIKE SHE	MIKE HYDR O RIVER	MT3D MS			
1.	Вартість програмного забезпечення	\$100	\$1000	\$2000	\$2,400	-	-	+
2.	Вимірність моделі	1	2	3	3	-	+	-
3.	Можливість включати погодинні дані	+	+	+	+	-	+	-
4.	Підтримка приток	+	-	+	+	-	+	-
5.	Можливість враховувати водорості річки	+	+	-	-	-	-	+
6.	Можливість вирахувати потік підземних вод	-	-	-	+	+	-	-
7.	Можливість вирахувати процес затоплення	-	-	+	-	-	+	-

Отже, мій проект має, як і переваги, так і недоліки перед своїми конкурентами. Основною перевагою продукту є його ціна, вона набагато менша ніж у конкурентів. Але мій продукт створений лише для моделювання забруднень в річка і він не може моделювати розповсюдження забруднень в підземних водах, або прогнозування підняття рівня води в річці і визначення меж зон затоплення.

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (мови програмування), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Використання ГІС	ArcGis	+	+
		QGIS	+	-
		Mapline	-	-
2.	Мови програмування	Java	+	+
		C#	+	+
3.	SDK для роботи з ГІС	ArcObjects Java	+	-
		ArcObjects C#	+	+
4.	Програма для моделювання забруднень в річках	QUAL2K	+	+
		MODFLOW	+	-
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: ArcGis, C#, ArcObjects C#, QUAL2K				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект потрібно створювати використовуючи мову програмування C#. В якості геоінформаційної системи було вирішено використати ArcGis, а єдиним способом працювати з ArcGis використовуючи C# є використання SDK ArcObjects C#. Ну і QUAL2K єдина програма для моделювання забруднень, яка у нас є.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Таблиця 5.1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	50000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	спадає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Досить вузька спеціалізація. Недовіра до нових продуктів.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Різні види сертифікатів, що моделювання правдоподібне. Заміри ділянок річки мають бути правдивими
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	15

Отже, мій проект має досить специфічну задачу та досить високий поріг входження на ринок. Але якщо стартап-проект зможе утриматись на долі ринку, то це буде досить вигідним з фінансової сторони. Але для підтримки працездатності проекту, потрібно постійно проводити моніторинг стану річок та мати велику базу даних для збереження результатів.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5).

Таблиця 5.2. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Здатність моделювати забруднення в річках	- екологи - служби порятунку	- потрібно дізнатися про забруднення до катастрофи - потрібно дізнатися про найнебезпечніші зони забруднень, яке вже сталося	- можливість погодинних результатів - можливість імітувати системний потік

За своєю природою завдання екології та оцінки стану навколишнього середовища не допускають проведення повномасштабних натуральних експериментів, і математичне моделювання є, по суті, єдиним методом для оцінки ситуаційних ризиків, вивчення динаміки природних і техногенних катастроф та прогнозування їх наслідків, отримання загальної картини екологічної ситуації.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 5.6).

І тому для успішної реалізації проекту потрібно заздалегідь вирахувати ці загрози та вжити заходів, щоб попередити їх.

Таблиця 5.3. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Ніхто не зацікавлений в продукті	Нікому продукт не потрібен	Провести рекламну компанію
2.	Недовіра до продукту	Користувач буде сумніватися в результатах моделювання	Створити модель забруднень, які відбулися в світі і зробити порівняння
3.	Дизайн не до вподоби	Користувачу не буде подобатися дизайн продукту	Найняти дизайнера для створення інтерфейсу
4.	Необхідність великої бази даних річок	Моделювання розраховується на базі багатьох параметрів річки	Створити команду для замірів річок
5.	Неактуальність даних	Такі параметри, як температура річки змінюються протягом року	Автоматизувати процес оновлення даних

Після процесу виявлення всіх факторів загроз можна зробити висновок, що деякі пункти можуть досить істотно вплинути на проект і тому потрібно буде вжити необхідні засоби. Найнеобхідніше буде знайти людей які будуть зацікавлені в проекті і презентувати їм програму. Вести дані основних річок України для початку.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7).

Таблиця 5.4. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	На ринку не дуже багато компаній, що пропонують такі продукт	Провести рекламну компанію
2.	Немає вітчизняних аналогів	В Україні проект буде рахуватися, як своїм продуктом	Робити акцент на те що продукт створений в Україні

3.	Поліпшення економічного стану	Є можливість, що економічний стан України поліпшиться за 2019 рік	Чекати на диво
----	-------------------------------	---	----------------

Після процесу виявлення всіх факторів можливостей можна зробити висновок, що у продукта є чинники які можуть допомогти розвинути стартап в успішний проект.

Таблиця 5.5. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Олігополія	Немає явно вираженого монополіста, що представляє такий продукт на ринку	Провести рекламну компанію
Національний	Продукт зав'язаний на роботу в річках України	Вести дані основних річок України
Міжгалузєва	Поєднуються галузі програмного забезпечення та екологічна	Потрібно найняти, як і програмістів так і людей, що розбираються в екології та водних процесів в річках
Товарно-видова	Ведеться конкуренція з товарами одного виду(програмами)	В рекламній компанії показати переваги продукту
Нецінова	Користувачам хочуть отримати якісний результат моделювання	Програма має видавати релевантний результат
Марочна	Користувач буде довіряти більше великій компанії, а не ноунеймам	Довести, що програма видає релевантний результат

Після проведення ступеневого аналізу конкуренції на ринку можна сказати, що у продукта є можливість завоювати свою долю ринку, але потрібно

буде вжити заходів по поширенню проекту в області де він буде потрібен. Треба зазначити, що продукт має видавати точний результат моделювання.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 5.6. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	МІКЕ, НКФ «ВОЛГА»	Наявність програмістів і екологів	Постачальники можуть додавати новий функціонал до своїх проектів	Клієнти вибирають чи будуть вони користуватися проектом чи ні	Спеціаліст який сам робить розрахунки і забруднення
Висновки:	Не висока конкуренція	Проблематично буде проблематично почати роботу з клієнтами. На ринок можна вийти за 1 рік роботи	Постачальники можуть пробувати змінювати ціни на продукт, а також безкінечно покращувати продукт	Клієнт на основі своїх потреб буде вибирати продукт, що підійде краще	Потрібно розробити, зручний інтерфейс для користування

Після проведення аналізу конкуренції в галузі за М. Портером можна сказати, що на галузь впливають всі гравці майже однаково, тому потрібно враховувати всі ці аспекти у стартап-проекті.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 5.7. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Якість товару	При тому, що програма буде видавати точні результати можна розраховувати на довіру клієнтів

2	Ціна товару	Ціна фінального продукту не на стільки висока, як у конкурентів
3	Конкуренція	На ринку не так багато конкурентів
4	Поріг входження	Для запуску програми не потрібно наявність патентів
5.	Технічна підтримка	Потрібно обновлювати гое-бази даних

Таблиця 5.8. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «DUST_METER»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з METER_Kompany						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Велика кількість постачальників	15				+			
2	Наявність патентів	16	+						
3	Висока якість	17	+						
4	Технічна підтримка	19		+					
5.	Ціна	14						+	

З таблиць 5.10 та 5.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нового програмного забезпечення для моделювання забруднень в річках. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка на протязі всього терміну його використання споживачем.

Таблиця 5.9. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зріст продаж; 2. Отримання урядових замов на отримання послуг; 3. Розширення ринку за рахунок зарубіжних замовників; 4. Скорочення податкового тиску, отримання тендерів на сервіс. 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Політичні та економічні ризики, пов'язані з бізнесом; 2. Значна зміна курсу гривні може призвести до зниження попиту, особливо для малого бізнесу. 3. Цінова конкуренція пов'язана з появою нових гравців на ринку. 4. Втрата потенційних споживачів через відсутність технічної підтримки. 5. Зниження продажів через затримку виконання замовлень.

Після проведення SWOT-аналізу стартап-проекту можна зробити висновок, що деякі фактори не залежать від реалізаторів проекту, тому багато чого залежить від економічної ситуації в світі і країни. Але все-таки більшість факторів напряду залежать від виконавців, як вони якісно будуть створювати продукт та рекламну компанію фірми.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік за-ходів) для виведення стартап-проекту на ринок

Таблиця 5.10. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Не дуже висока	5 місяця
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Досить висока	3 місяця
3	Стратегія виходу з ринку	0%	1 місяць

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.11. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Промислові компанії	Помірна	Високий	Висока	Досить важко
2.	Господарські товариства	Помірна	Помірний	Помірна	Легко
	Державне підприємство	Висока	Низький	Висока	Важко
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із промисловими компаніями.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи, що для нас є найбільш привабливими. Але з цих груп найбільшу вигоду проект зможе отримати з промисловими компаніями.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.12. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними	Маркетинг лідерства по витратах	Підвищити якість продукту за рахунок закачування	Стратегія лідерства по витратах

	сторонами стартапу		грошей в проект	
	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Диференційова ний маркетинг	Якісний продукт, до якого прихильні споживачі, постійний зворотній зв'язок з клієнтами.	Стратегія диференціації

Отже, після визначення альтернативних шляхів розвитку проекту можна сказати, що стратегія диференціації, яка передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів, не поганий вибір.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.13. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Компанія буде шукати нових споживачів	Так, основним напрямок буде розширення функціоналу та наповнення гео- бази даних	Стратегія наслідування лідера

Отже після визначення базової стратегії конкурентної поведінки вирішено вибрати стратегію наслідування лідера передбачає, що фірма у визначені ціни цілком покладається на фірму-лідера галузі. Підприємство, яке застосовує вказану стратегію, у більшості випадків має змогу отримання "справедливого" прибутку на вкладений капітал.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування.

Таблиця 5.14. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
1.	Відмінний результат без переплат	за співвідношенням "ціна – якість"	Чіткий баланс в ціні та якості	Якість. Ціна. Баланс.
2.	Найточніше моделювання забруднень	за однією ознакою	Висока якість продукту.	Якість. Тестування.
3.	Потрібно вирахувати забруднення	за сферою застосування	Спеціалізація на річках України	Зворотній зв'язок із виробником. Технічна підтримка.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.15. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Економічна	Невисока ціна продукту	Більшість продуктів конкурентів пропонують свої продукти за досить високу ціну.

2.	Ергономічні	Інтуїтивний інтерфейс	Інтерфейс продукту має бути максимально зручним на легким для використання.
3.	Екологічність	Застереження катастроф	Можливість застерегти катастрофи шляхом проведення моделювання
4.	Надійність	Точність моделювання	Максимальна точність моделювання розповсюдження забруднень в річках

Отже, визначивши ключові переваги концепції потенційного товару можна сказати, що ключові переваги продукту потрібно використати при презентації до кінцевого клієнта і тим завоювати довіру клієнта.

Таблиця 5.16. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Повинен моделювати розповсюдження забруднень в річках України, видаючи користувачу погодинний результат моделювання.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Інтуїтивний інтерфейс	Нм	Ергономіка
	2. Точність результатів	Нм	Надійність
	3. Невисока ціна продукту	Нм	Економічна
	4. Програмний продукт	Нм	Технічна
	5. Застереження катастроф	Нм	Екологічність
	Якість: відповідає нормам ДСТУ2499:2017		
	Пакування: програмне забезпечення записане на компакт диск.		
	Марка: CLEARIVER BAU		
III. Товар із підкріпленням	До продажу с картою річок України		
	Після продажу оновлення карт		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: необхідністю постійного оновлення карт			

Отже, після опису трьох рівнів моделі товару визначено ідея продукту та його послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання та також шлях захисту продукту від копіювання.

Таблиця 5.17. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	\$1000-2500	\$2000-4000	\$100000	\$800-2000

Після визначення меж встановлення ціни було проведено аналіз цін на товари-замінники, товари-аналоги та рівень доходів цільової групи споживачів.

Таблиця 5.18. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля продукту для всієї компанії	Надати велику кількість робочих акаунтів для клієнта	0	Оптова торгівля
2.	Потрібен 2-3 екземпляра продукту	Надати пару копій продукту клієнту	0	Роздрібна торгівля

Після формування системи збуту, було виявлено основні системи збуту. Серед яких є оптова та роздрібна торгівля.

Таблиця 5.19. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Необхідність точних результатів	Конференції, інтернет	Якість продукту	Зацікавити клієнтів	Вітчизняний продукт для річок України, що видає точний результат.
2.	Пошук дешевих рішень проблеми	Конференції, інтернет	співвідношенням "ціна – якість"	Зацікавити клієнтів	Якісний та недорогий продукт для моделювання забруднень

Отже, після проведення аналізу можливих концепцій маркетингових комунікацій було виявлено дві специфічні поведінки цільових клієнтів. На основі поведінки клієнтів розроблена концепції рекламних звернень, а саме вітчизняний продукт для річок України, що видає точний результат, якісний та недорогий продукт для моделювання забруднень

5.6. Висновки

Узагальнюючи проведений аналіз стартап проекту можна зробити висновок що стартап-проект, що моделює забруднення річок, надає можливість розраховувати поширення забруднень з місць складування відходів, на основі яких вибираються рішення щодо запобігання або ліквідації надзвичайних ситуацій на основі моделюванні динаміки їх розвитку може мати успіх на ринку.

Проект має досить специфічну задачу та досить високий поріг входження на ринок. Але якщо стартап-проект зможе утриматись на долі ринку, то це буде досить вигідним з фінансової сторони. Але для підтримки працездатності проекту, потрібно постійно проводити моніторинг стану річок та мати велику базу даних для збереження результатів.

Деякі фактори загрози можуть досить істотно вплинути на проект і тому потрібно буде вжити необхідні засоби. Найнеобхідніше буде знайти людей які будуть зацікавлені в проекті і презентувати їм програму. Одним із основних аспектів успіху буде наявність даних основних річок України для початку.

Фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нового програмного забезпечення для моделювання забруднень в річках. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка на протязі всього терміну його використання споживачем

Було вибрано використовувати стратегію наслідування лідера. Ця стратегія буде вигідною на початковому етапі розвитку проекту.

Виявлені концепції маркетингових комунікацій допоможуть провести якісну рекламну компанію для залучення інвесторів та клієнтів.

На мою думку при подальшому покращенні проекту можна провести подальшу імплементацію проекту.

ВИСНОВКИ

Було проаналізовано існуючі технології для аналізу, прогнозу та управління водними ресурсами. Відповідно до чого було поставлено задачу інтеграції системи моделювання забруднення річок QUAL2K з програмною системою ArcGis. Вибраний стек технологій та засобів допоміг у виконанні поставленої задачі. Мова програмування С# на платформі .NET, надала широкий вибір інструментів для реалізації поставленої задачі. WPF допомогла створити зручний інтерфейс користувача з використанням інтерполяції для виведення на карту інформації.

QUAL2K взяла на себе відповідальність за розрахунки розповсюдження забруднень в річках.

Система інтегрує дані з геоінформаційної бази даних в яку будуть включені топографічні та тематичні карти річки її притоки, ділянок та параметри навколишнього середовища.

Також були отримані навички застосування архітектури впровадження залежностей та архітектури програмного забезпечення. Було виконано глибоке дослідження ArcObjects SDK. Використання ArcObjects SDK надало можливість відображення карт.

У порівнянні з існуючими аналогами на ринку програмний комплекс має зручний та зрозумілий інтерфейс для користувача, має велику аналітичну потужність. Створено програмний комплекс для моделювання забруднень в річках України реалізує створення моделі даних в просторовій базі даних ArcGis, конвертує дані з просторової бази даних ArcGis в формат QUAL2K, конвертує та відображає в ArcGis результатів моделювання та надає можливість провести аналіз наслідків розповсюдження забруднювачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Группа компаний НКФ «Волга» - эксперт в области водных ресурсов [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.volgaltd.ru/eng/programs/>
2. McDonald M.G. & Harbaugh, A.W. (2003). "The History of MODFLOW". Ground Water. 41 (2): 280–283
3. Нейгел К. С# 4.0 и платформа .NET 4 для профессионалов / К. Нейгел, Б Ивсен, Дж. Глин, К. Уотсон. — М.: Издательский дом “Вильямс”, 2011. — 1440 с.
4. Шилд Г. С# 4.0: полное руководство / Г. Шилдт. — М.: Издательский дом “Вильямс”, 2011. — 1056 с.
5. Введение в язык С# и .NET Framework [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/uk-ua/library/z1zx9t92.aspx>
6. Инкапсуляция, полиморфизм, наследование [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.codenet.ru/progr/cpp/ipn.php>
7. Гамма Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. — СПб.: Питер, 2007. — 366 с.
8. .NET Framework 4.5 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dd489454\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dd489454(v=vs.110).aspx)
9. Introduction to WPF [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa970268\(v=vs.100\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa970268(v=vs.100).aspx)
10. ArcObjects API Reference for .NET Documentation for the most recent release of ArcObjects [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://resources.arcgis.com/en/help/arcobjects-net/componenthelp/index.html#/ArcObjects_namespaces/

- 11.Калиткин Н. Н. Численные методы. — Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1978. — 512 с.
- 12.Как работает метод обратных взвешенных расстояний [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/how-inverse-distance-weighted-interpolation-works.htm>
- 13.Буч Г., Рамбо Дж., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. — Пер. с англ. — М.: ДМК, 2000. — 432 с.
- 14.Івашин В.В. Автоматизоване проектування систем внутрішнього відеоспостереження / В.В. Івашин // Сучасні аспекти розробки програмного забезпечення: Збірник наукових праць III науково-практичної дистанційної конференції молодих вчених і фахівців з розробки програмного забезпечення, 15 квітня 2016 р. — Черкаси: видавець Чабаненко Ю.А., 2015. — С. 65-68.
- 15.Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 24–27 квітня 2018 р. У 2 т. — К. : 7 КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. — Т. 2. — 298 с.
- 16.Beyer, P. Analysis of Bias and Sources of Variance for Volunteer Water Quality Data, MS thesis, Univ of Iowa, Iowa City, IA. 2008
- 17.Borah, D. K., Yagow, G., Saleh, A., Barnes, P. L., Rosenthal, W., Krug, E. C., and Hauck, L. M. Sediment and nutrient modeling for TMDL development and implementation. T. ASABE, 49(4), 2006, 967-986.
- 18.Salvai, A. Bezdán, A., 2008: Water Quality Model QUAL2K in TMDL Development, BALWOIS 2008, Ohrid, R Macedonia 27- 31th, May 2008. http://balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1161.pdf

ДОДАТОК А

Інтеграція системи моделювання забруднення річок Quality2000
з ПС ArcGis

Апробації

УКР.НТУУ “КПІ”. ТВ3141_18М

Аркушів 4

2018

ДОДАТОК Б

Інтеграція системи моделювання забруднення річок Quality2000
з ПС ArcGis

Акт впровадження

УКР.НТУУ “КПІ”. ТВ3141_18М

Аркушів 2

2018