

**Герцюк М.М.**

*Державний університет телекомунікацій, Київ*

### **СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ RESIT ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧОК В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**Анотація.** Дана стаття описує розроблену інформаційну систему RESit, що створена, як удосконалення програмного забезпечення RESit. Описуються такі частини системи, як база даних, сервер, взаємодія серверу з можливими датчиками вимірювання витрат води, утиліта навчання, адміністративний додаток та користувацький додаток. Приводяться переваги RESit, по відношенню до можливості застосування подібних систем в умовах надзвичайної ситуації. Описується практична реалізація таких розроблених методів, як:

- метод коригування результатів прогнозування забруднення, що засновано на нейронній мережі, що працює на основі задачі регресії;
- метод прогнозування рівня забруднення між конкретними точками за допомогою методів інтерполяції та рекурсії;
- метод визначення джерела забруднення на основі алгоритму фільтрації та сортування, що працює на основі бази даних фактів;
- механізм взаємодії інформації системи з датчиками вимірювання поточних витрат води.

Таким чином, інформаційна система набуває ознак інформаційної технології прогнозування забруднення річок при надзвичайних ситуаціях.

**Ключові слова:** інформаційна система, інформаційна технологія, RESit, автоматизовані методи прогнозування забруднення, надзвичайна ситуація.

**Gertsyuk M.M.**

*State University of Telecommunications, Kyiv*

### **CREATION OF THE RESIT INFORMATION SYSTEM FOR PREDICTION OF RIVER POLLUTION UNDER EMERGENCY SITUATIONS**

**Abstract.** This article describes developed RESit information system, that created, as improvement to RESit software. System parts are described, such as database, server, interaction between server and possible water flow measurement sensors, learning utility, administration application and user application. RESit advantages are given in relation to using similar systems possibility in emergencies. A practical implementation of such developed methods is described:

- pollution forecasting results adjusting method based on a neural network working based on the regression problem;
- pollution level forecasting method between specific points using interpolation and recursion methods;
- pollution source determining method based on a filtering and sorting algorithm that works on the basis of facts database;
- system information with sensors measuring current water flow interaction mechanism.

Thus, an information system acquires information technology for forecasting river pollution in emergencies features.

**Key words:** information system, information technology, RESit, pollution forecasting automated methods, emergency.

#### **Вступ**

Оцінка наслідків забруднення водойм русла річки в умовах надзвичайної ситуації після викиду небезпечних речовин є одним з найважливіших етапів з ліквідації втрат. Моделювання

наслідків можливого забруднення може також мати необхідність. Оцінка може виконуватись розрахунково-аналітичними групами служби надзвичайною ситуацією, екологічною інспекцією, метеорологічною службою та іншими зацікавленими сторонами.

Існує безліч математичних моделей прогнозування наслідків забруднення та оцінки якості водойм. Через необхідність швидкого реагування в умовах надзвичайної ситуації існує необхідність автоматизації процесу обчислення на основі деяких вхідних даних. Існують такі автоматизовані моделі, як QUAL2K[1], WASP8[2], EXAMS[3], Visual Plumes[4], RUSLE2[5], MMSOILS[6], RESRAD[7], MEPAS[7] та інші. Моделі направлені на оцінку якості, виходячи з детальних аналізів. Таким чином, проблема введення значних масивів даних при необхідності швидкого опрацювання, та, як наслідок необхідність залучення додаткових інформаційних ресурсів набуває актуальною. Таким чином, існує необхідність залучення додаткових інформаційних ресурсів, що призводить до матеріальних та, важливіше, часових затрат, що є важливими факторами для оперативної оцінки наслідків надзвичайних ситуацій.

Вирішенням даної проблеми є програмне забезпечення RESit[8], що покликане працювати в описаних умовах. Однак, програма має обмежений функціонал та недостатньо чітко продумано структуру взаємодії з базою даних.

#### **Постановка завдання**

Завдання є розробка інформаційної технології RESit версії 2.0, тобто удосконалення та розширення можливостей програмного забезпечення RESit. Удосконалення включають:

- створення інформаційної системи RESit – дозволяє масштабувати та розширяти інформаційну систему;
- використання методу коригування результатів прогнозування забруднення, що засновано на нейронній мережі, що працює на основі задачі регресії - дозволяє підвищити точність результатів забруднення[9];
- реалізації методу прогнозування рівня забруднення між конкретними точками за допомогою методів інтерполяції та рекурсії - дозволяє отримати зглаження динаміки прогнозованих результатів[10];
- реалізації методу визначення джерела забруднення на основі алгоритму фільтрації та сортування, що працює на основі бази даних фактів - дозволяє визначити потенційно небезпечні об'єкти[11];
- реалізація механізму взаємодії інформації системи з датчиками вимірювання поточних витрат води.

Дана стаття описує основні принципи, переваги та аспекти такої інформаційної системи.

#### **RESit та її функціонал**

Інформаційна система RESit - клієнт-серверна інформаційна система, що складається з комплексу застосунків, що вирішують проблему прогнозування наслідків забруднень в умовах надзвичайних ситуацій.

Основний функціонал інформаційної системи RESit наступний:

- зберігання даних про русло річки та необхідні характеристики для роботи математичних методів;
- проведення маніпуляцій зі збереженими в базу даних даними;
- навчання необхідних нейронних мереж.
- взаємодія системи з датчиками вимірювання витрат води;
- проведення моделювання наслідків забруднення русла річки при використанні бази даних;
- проведення моделювання наслідків забруднення русла річки при можливості самостійного введення вхідних даних;
- детальне відображення результатів обчислення.

#### **Структура системи RESit**

Структура інформаційної системи представляє наступні сервіси та застосунки:

- сервер – сервіс, метою якого є забезпечення цілісності даних при взаємодії з іншими складовими частинами системи;
- адміністративний додаток – веб-додаток, що дозволяє проводити операції маніпуляції даними;
- база даних – сервіс бази даних, що працює на базі MySQL сервісу;
- утиліта навчання - додаток, що проводить навчання нейронної мережі за існуючою інформацією бази даних;
- настільний додаток – настільне програмне забезпечення для проведення обчислень користувачем.

Систему проєктовано, виходячи з принципу «багато до багатьох», тобто кожен з ключових сервісів має можливість взаємодії з багатьма сервісами. Таким чином, настільний додаток має можливість взаємодії з декількома серверами. Сервер, в свою чергу, взаємодіє з декількома настільними додатками. Описану схему відображено на рис. 1 та рис. 2.



Рис. 1 Взаємодія настільного додатку з серверами



Рис. 2 Взаємодія серверу з настільними додатками

Інші частини системи, за виключенням утиліти навчання, взаємодіють з базою даних через сервер. Схему показано на рис. 3.



Рис. 3 Взаємодія серверу з базою даних та утиліти навчання з базою даних

Загальну схему інформаційної системи RESit показано на рис. 4.



Рис. 4 Загальна схема роботи системи RESit

Існує рекомендація розміщення сервісу серверу, утиліти навчання та сервісу бази даних на одному фізичному сервері. Такий підхід дає ряд переваг. Однак, при правильному налаштуванні, така рекомендація не обов'язкова.

#### Сервіс бази даних

Метою сервісу бази даних є зберігання даних у структурованому вигляді. Для цього використовується MySQL[12] сервер, що є сервісом взаємодії з реляційними базами даних SQL.

Інформація бази даних має наступне функціональне розділення:

- дані основного функціоналу системи;
- зберігання даних, для забезпечення коректної роботи сервісу адміністративної панелі;
- технічна інформація для забезпечення роботи самого серверу.

З точки зору серверу MySQL сервером бази даних є окрема база даних, з якою взаємодіє сервер та утиліта навчання.

#### Сервер

Сервер - сервіс, метою якого є забезпечення цілісності даних при взаємодії з адміністративним додатком та настільним додатком. Програмне забезпечення розроблено при використанні Python[13]. Основною платформою для роботи серверу є рішення Django Framework[14]. Дане рішення є найбільш поширений для розробки сервісів, що необхідно масштабуватись, та які мають працювати в умовах складної логіки.

Сервер має такий основний функціонал:

- взаємодія сервісу з базою даних та настільним додатком;
- моніторинг даних з датчиків у режимі реального часу;
- взаємодія з адміністративною панеллю.

Взаємодія відбувається через HTTP запити, а сам сервер побудовано, як REST API[15].

#### Взаємодія датчиків вимірювання витрат вод з сервером

Вимірювач витрат води – деякий датчик, що знаходиться по ходу русла річки та вимірює характеристику витрат води в даний момент. Існує ряд виробників описуваного приладу. До нього відносяться: Aanderaa, SonTek, Global Water, Valeport (модель Model 801, MIDAS ECM, Model ROV, Model 001), OTT Hydromet GmbH(OTT Qliner, OTT Qliner 2) та ін[16]. Прилади мають ряд характеристик, що означає його реалізацію під конкретне місце течії, або конкретну реалізацію.

Моделі взаємодіють через комунікатор – деякий пристрій, що здійснює зв'язок з комунікатором, через кабель, або технологію Bluetooth. Зазвичай, такими пристроями служать комунікатори на базі ОС Windows Mobile. Такий пристрій містить програмне забезпечення та драйвери, що реалізують взаємодію. Прикладами програм таке програмне забезпечення, як CDU Express [17] та QLiner PDA Software [16].

Аналізуючи документацію до даних програмного забезпечення, можна дійти до висновку, що додатки мають функцію експорту у вигляді txt, або xls файлів.

Таким чином, теоретично-практичні види експорту даних мають наступні види:

- експорт файлу з даними;
- експорт, що здійснює операцію HTTP запити;
- експорт, що здійснює операцію запити при використанні технології, що не сумісна з протоколом HTTP.

На випадок використання виду експорту, що здійснює HTTP запит, сервером передбачено HTTP точка доступу `api/setPointCurrentRunoff`, що отримує результат з даних, що поставляються POST запитом.

Інші типи сервісу потребують розробки програмного забезпечення адаптеру для забезпечення роботи.

#### **Утиліта навчання**

Утилітою навчання є консольним додатком, що здійснює технічну функцію навчання нейронних мереж. Описана версія інформаційної системи здійснює навчання методу коригування результатів прогнозування. Вхідною інформацією є вхідний масив даних, що поставляється сервісом бази даних. Результатом є коефіцієнти коригування, що записуються до бази даних. Робота додатку здійснюється на базі інтерпретатору Python.

#### **Адміністративний додаток**

Адміністративний додаток – веб-додаток, що є частиною системи. Метою даного додатку є маніпуляція даними даної системи. Застосунок розроблено на базі рішення Django admin[18], що дозволяє налаштувати готове рішення під роботу з базою даних. Таке рішення є достатньо направленим, та його функціоналу достатньо для реалізації вимог.

В цілому, додаток має наступний функціонал:

- додавання користувачів, редагування інформації про користувачів та видалення існуючих користувачів (користувачам є адміністратори системи, тобто ті, хто мають право на роботу з даним застосунком);
- зміна пароллю користувача;
- перегляд, додавання, редагування та видалення інформації до системи системи RESit.

Вікно авторизації має вигляд, показаний на рис. 5.

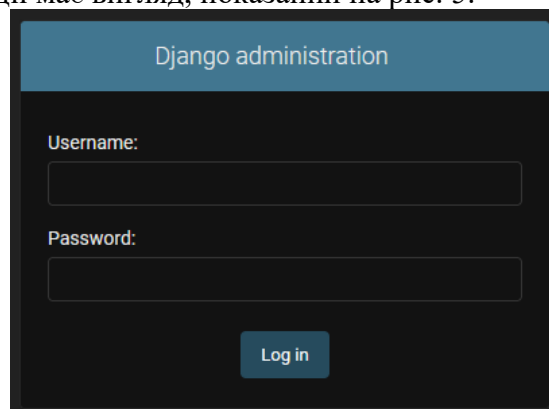


Рис. 5 Вікно авторизації

Головне вікно додатку має вигляд, показаний на рис. 6.

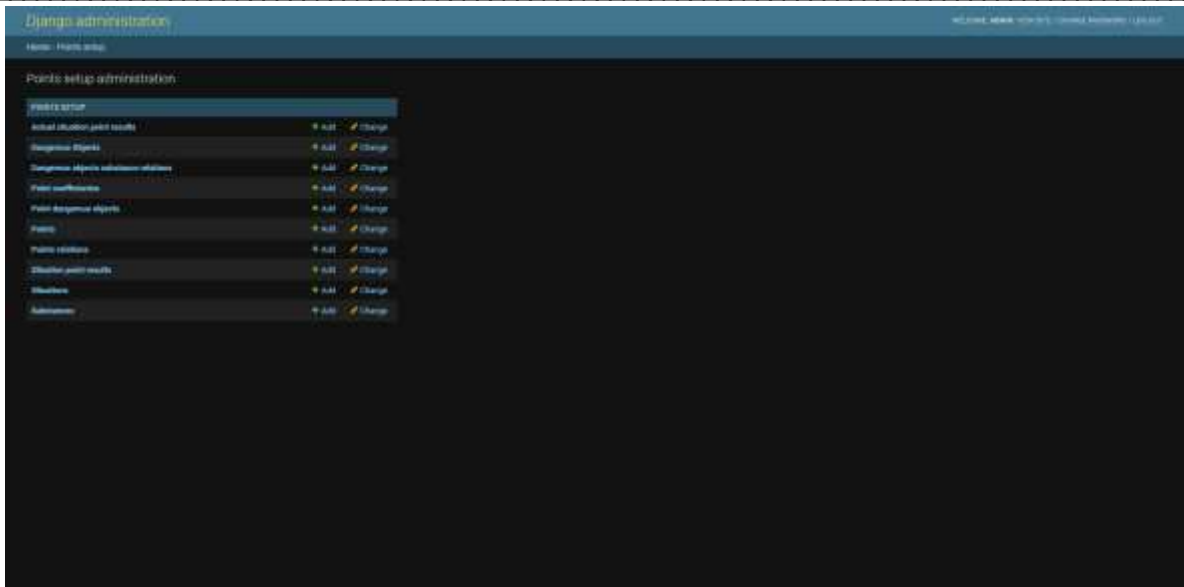


Рис. 6 Головне вікно адміністративного додатку

Як видно з головного вікна, інформація структурована за сутностями. Існує можливість перегляд, додавання, зміни та видалення існуючих записів, що пов'язані з усіма сутностями системи.

Таким чином здійснюється налаштування бази даних. Список функціоналу є вичерпним та має можливість розширення та масштабування.

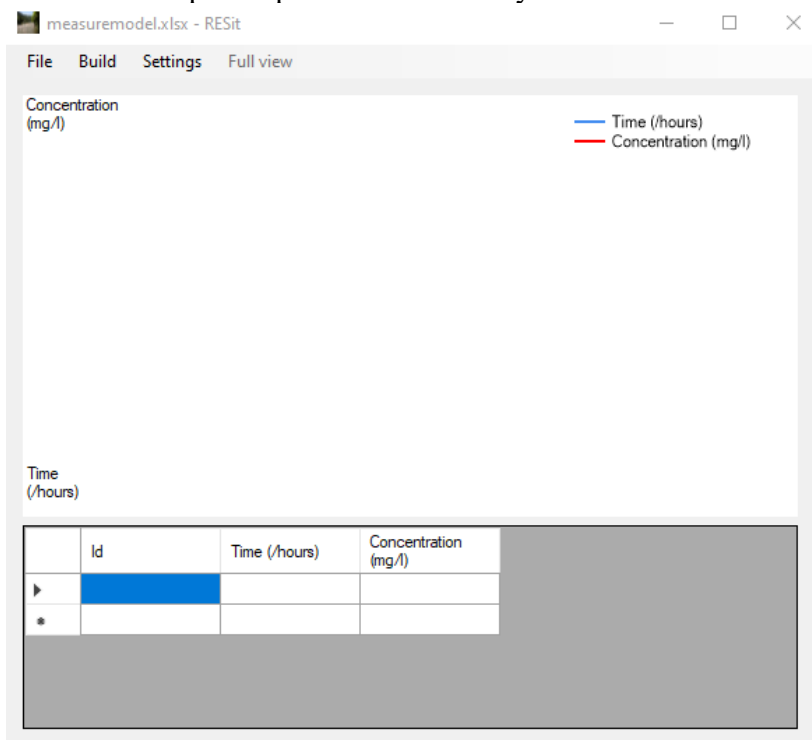


Рис. 7 Початкове вікно користувацького додатку

### Користувацький додаток

Користувацьким додатком є основний додаток для взаємодії користувача з системою. Як наведено раніше, користувачем є оператор системи, або експорт розрахунково аналітичної групи, що має на меті розрахунок наслідків забруднення русла річки.

Основним функціоналом додатку є:

- обчислення, що потребує введення вхідних даних, тобто обчислення в ручному режимі;

- обчислення, що потребує введення окремих даних, тобто обчислення в автоматичному режимі;
- перегляд загальних результатів;
- налаштувань роботи з серверами, що містять інформацію про ріки та речовини;
- створення графіків за табличними даними результатів.

Головне вікно додатку показано на рис. 7.

Вхідними даними для автоматичного режиму відбувається за вибором точки моніторингу, за яким сталось забруднення та точки моніторингу, до якої необхідно здійснити обчислення та введенням кількості речовини та вибором самої речовини забруднення. Така мала кількість даних для введення досягається взаємодією додатку з сервером, що поставляє дані з бази даних та відповідних датчиків.

Результати обчислення відображаються в табличному, графічному режимах та режимі відображення даних на карті. Вікно детального відображення результатів показано на рис. 8.

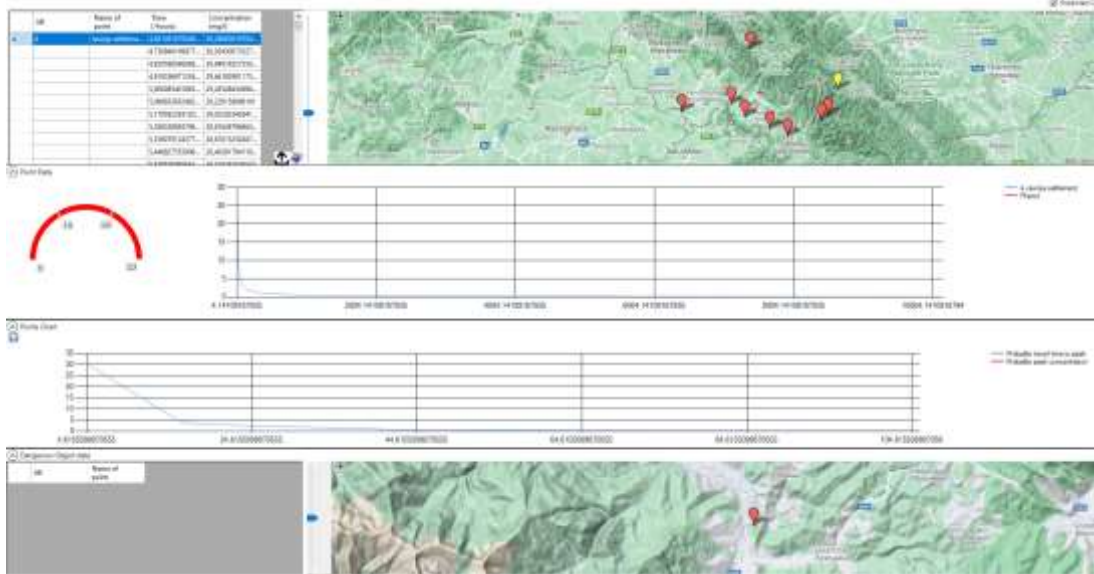


Рис. 8 Детальне відображення результатів обчислення

Результати включаються в себе:

- відображення піку концентрації та часу, через який дана концентрація набуде свого піку в певній точці моніторингу;
- відображення піку концентрації та часу, через який дана концентрація набуде свого піку в між точками моніторингу. Такий ефект досягнуто за рахунок впровадження методу інтерполяції результатів;
- відображення рівня перевищення піку по відношенню до безпечного рівня;
- графік спадання піку концентрації в конкретній точці моніторингу до безпечного в часі;
- відображення списку потенційно-небезпечних об'єктів, що могли забруднити русло біля даної точки моніторингу. Досягнуто за рахунок впровадження алгоритму визначення можливих забруднювачів;
- числові результати можуть бути кориговані за налаштуванням, тим самим похибка може бути зменшена. Досягнуто за рахунок впровадження методу коригування похибки забруднення в конкретній точці.

Перерахований функціонал та можливості досягнуто за рахунок впровадження користувацького програмного забезпечення RESit в інформаційну систему.

### Висновки

Підсумовуючи описану інформацію можна виділити наступні удосконалення, що внесені до програмного забезпечення RESit:

- впровадження інформаційної системи RESit, що складається з декількох сервісів та додатків, кожен з яких має свою функціональну зону відповідальності;
- впровадження методу коригування забруднення до інформаційної системи;
- впровадження методу інтерполяції результатів до інформаційної системи;
- впровадження до інформаційної системи методу визначення можливих забруднювачів за точкою викиду.

Таким чином, інформаційна система RESit здобула, як функціональні удосконалення, так і такі нефункціональні удосконалення, як масштабованість, гнучкість, розширюваність та простота підтримки.

#### Список використаних джерел

1. Chapra, S.C., Pelletier, G.J., Tao, H. QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality. Version 2.11. Documentation and User's Manual, Civil and Environmental Engineering Department, Tufts University, Medford, USA, 2008.
2. WASP8 Model documentation for: Water Transport, Sediment Transport, Eutrophication, Macro Algae and Periphyton, Sediment Diagenesis, Water Temperature, pH and Alkalinity, Light. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ceam/wasp-model-documentation>.
3. Lawrence A. Burns Exposure Analysis Modeling System (EXAMS): User Manual and System Documentation, Georgia, 2020.
4. Frick W.E., Roberts P.J.W., Davis L.R., Keyes J., Baumgartner D.J., George K.P. Dilution Models for Effluent Discharges. 4-th Edition (Visual Plumes). Athens, Georgia, 2003, pp. 148. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/VP-Manual.pdf>.
5. Science Documentation. Revised Universal Soil Loss Equation. Version 2 (RUSLE2) (for the model with release date of May 20, 2008), Washington, 2013, 335 p. [Online]. Available: [https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/60600505/RUSLE/RUSLE2\\_Science\\_Doc.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/60600505/RUSLE/RUSLE2_Science_Doc.pdf).
6. Environmental Modeling Community of Practice. MMSOILS US EPA. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ceam/mmsoils>.
7. Laniak G. F., Droppo J. G., Faillace E.R., Gnanapragasam E.K., Mills W.B., Strenge D.L., Whelan G., Yu C. An Overview of a Multimedia Benchmarking Analysis for Three Risk Assessment Models: RESRAD, MMSOILS, and MEPAS. Risk Analysis. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9202489/>.
8. Mykola Gertsyuk, Csaba Horvath, Modest Gertsyuk Computer application for predicting pollution of the Tisza River in emergency situations. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, Volume 24 - Issue 2, 2019, Bialystok, Poland.
9. Герцюк М.М. Модель математичного моделювання наслідків забруднення водойм річок з використанням нейронної мережі, що базується на основі задач регресії. Системи управління, навігації та зв'язку. 2022 рік. № 2. ст. 95-98. DOI: 10.26906/SUNZ.2022.2.095. URL: <http://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2568/1991>.
10. Gertsyuk M. M. Prediction of Pollution Level Between Measurement Points by Mathematical Modeling Using Interpolation and Recursion. Science and Innovation. 2023. Volume 19. №3. pp. 65-70. DOI: 10.15407/scine19.03.065. URL: <https://scinn-eng.org.ua/ojs/index.php/ni/article/view/391>.
11. Герцюк М. М. Методика визначення потенційно небезпечних об'єктів, причасних до викидів забруднюючих речовин в русло річки. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2022 рік, №3. сс. 21-27.
12. MySQL :: MySQL Documentation. [Online]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/>.
13. Our Documentation | Python.org. [Online]. Available: <https://www.python.org/doc/>.
14. Django documentation | Django documentation | Django. [Online]. Available: <https://docs.djangoproject.com/en/4.0/>.
15. What is REST. [Online]. Available: <https://restfulapi.net/>.
16. Operating instructions Mobile River Discharge Measurement System OTT Qliner 2. [Online]. Available: [https://www.hemmis.be/docs/ott/OTT\\_Qliner2\\_en.pdf](https://www.hemmis.be/docs/ott/OTT_Qliner2_en.pdf).



17. Valeport. CDU Express - Software Manual, United Kingdom, July 2021.
18. The Django admin site | Django documentation | Django. [Online]. Available: <https://docs.djangoproject.com/en/4.0/ref/contrib/admin/>.

### References

1. Chapra, S.C., Pelletier, G.J., Tao, H. QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality. Version 2.11. Documentation and User's Manual, Civil and Environmental Engineering Department, Tufts University, Medford, USA, 2008.
2. WASP8 Model documentation for: Water Transport, Sediment Transport, Eutrophication, Macro Algae and Periphyton, Sediment Diagenesis, Water Temperature, pH and Alkalinity, Light. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ceam/wasp-model-documentation>.
3. Lawrence A. Burns Exposure Analysis Modeling System (EXAMS): User Manual and System Documentation, Georgia, 2020.
4. Frick WE, Roberts PJW, Davis LR, Keyes J, Baumgartner DJ, George KP. Dilution Models for Effluent Discharges. 4th Edition (Visual Plumes). Athens, Georgia, 2003, pp. 148. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/VP-Manual.pdf>.
5. Science Documentation. Revised Universal Soil Loss Equation. Version 2 (RUSLE2) (for the model with release date of May 20, 2008), Washington, 2013, 335 [Online]. Available: [https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60600505/RUSLE/RUSLE2\\_Science\\_Doc.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/60600505/RUSLE/RUSLE2_Science_Doc.pdf).
6. Environmental Modeling Community of Practice. MMSOILS US EPA. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ceam/mmsoils>.
7. Laniak G. F., Droppo J. G., Faillace E. R., Gnanapragasam E. K., Mills W. B., Strenge D. L., Whelan G., Yu C. An Overview of a Multimedia Benchmarking Analysis for Three Risk Assessment Models: RESRAD, MMSOILS, and MEPAS. Risk Analysis. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9202489/>.
8. Mykola Gertsyuk, Csaba Horvath, Modest Gertsyuk Computer application for predicting pollution of the Tisza River in emergency situations. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, Volume 24 - Issue 2, 2019, Bialystok, Poland.
9. Hertsyuk M.M. A model of mathematical modeling of the consequences of river water pollution using a neural network based on regression problems. Management, navigation and communication systems. 2022 year. No. 2. Art. 95-98. DOI: 10.26906/SUNZ.2022.2.095. URL: <http://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2568/1991>.
10. Gertsyuk M. M. Prediction of Pollution Level Between Measurement Points by Mathematical Modeling Using Interpolation and Recursion. Science and Innovation. 2023. Volume 19. No. 3. pp. 65-70. DOI: 10.15407/scine19.03.065. URL: <https://scinn-eng.org.ua/ojs/index.php/ni/article/view/391>.
11. Hertsyuk M.M. Methodology for determining potentially dangerous objects involved in the release of pollutants into the riverbed. Telecommunications and information technologies. 2022, No. 3. ss 21-27.
12. MySQL :: MySQL Documentation. [Online]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/>.
13. Our Documentation | Python.org. [Online]. Available: <https://www.python.org/doc/>.
14. Django documentation | Django documentation | Django. [Online]. Available: <https://docs.djangoproject.com/en/4.0/>.
15. What is REST. [Online]. Available: <https://restfulapi.net/>.
16. Operating instructions Mobile River Discharge Measurement System OTT Qliner 2. [Online]. Available: [https://www.hemmis.be/docs/ott/OTT\\_Qliner2\\_en.pdf](https://www.hemmis.be/docs/ott/OTT_Qliner2_en.pdf).
17. Valeport. CDU Express - Software Manual, United Kingdom, July 2021.
18. The Django admin site | Django documentation | Django. [Online]. Available: <https://docs.djangoproject.com/en/4.0/ref/contrib/admin/>.