

УДК 004.896+ 504.064
DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.1>

Наталія БЕРНАЦЬКА

кандидат технічних наук, інженер 1 категорії кафедри фізичної, аналітичної та загальної хімії Інституту хімії та хімічних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (maksymiv.natali@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-6062-1971

Ельвіра ДЖУМЕЛЯ

доктор філософії, асистент кафедри програмного забезпечення Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (elvira.a.dzhumelia@lpnu.ua)

ORCID: 0000-0003-3146-8725

Орест КОЧАН

доктор технічних наук, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013 (orest.v.kochan@lpnu.ua)

ORCID: 0000-0002-3164-3821

Natalia BERNATSKA

Candidate of Technical Sciences, Engineer of the 1st Category of the Department of Physical, Analytical and General Chemistry of the Institute of Chemistry and Chemical Technologies, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery str., 12, Lviv, 79013 (maksymiv.natali@gmail.com)

Elvira DZHUMELIA

Doctor of Philosophy, Assistant of the Software Department of the Institute of Computer Sciences and Information Technologies, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery str., 12, Lviv, 79013 (elvira.a.dzhumelia@lpnu.ua)

Orest KOCHAN

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information and Measurement Technologies of the Institute of Computer Technologies, Automation and Metrology, Lviv Polytechnic National University, S. Bandery str., 12, Lviv, 79013 (orest.v.kochan@lpnu.ua)

Бібліографічний опис статті: Бернацька Н., Джумеля Е., Кочан О. (2023). Розробка веб-інтерфейсу інформаційно-аналітичної системи екологічного моніторингу з використанням бібліотеки React. *Інформаційні технології та суспільство*, 1 (7), 6–12. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.1>

Bibliographic description of the article: Bernatska N., Dzhumelia E., Kochan O. (2023). Rozrobka veb-interfeisu informatsiino-analitychnoi systemy ekolohichnoho monitorynhu z vykorystanniam biblioteki React [Development of the web interface of the information and analytical system of environmental monitoring using the React library]. *Informatsiini tekhnolohii ta suspilstvo – Information technology and society*, 1 (7), 6–12. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.1>

РОЗРОБКА ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ З ВИКОРИСТАННЯМ БІБЛІОТЕКИ REACT

Екологічний моніторинг довкілля є сучасною формою реалізації процесів екологічної діяльності за допомогою засобів інформатизації і забезпечує регулярну оцінку і прогнозування стану середовища, життєдіяльності суспільства та умов функціонування екосистем для прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування. Екологічний моніторинг є першим і головним етапом у забезпеченні екологічної безпеки, запобіганні і ліквідації негативного впливу господарської діяльності на довкілля, збереженні природних ресурсів. Інформаційно-аналітичне забезпечення екологічного моніторингу необхідне для реалізації таких можливостей як одержання первинних даних від суб'єктів моніторингу, збереження, обробка, передача та аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища. Метою даної статті є створення веб-інтерфейсу інформаційно-аналітичної системи з допомогою бібліотеки React. Розроблено веб-інтерфейс інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень на основі інтерактивної карти пунктів відбору проб води та візуалізації отриманих результатів екологічного моніторингу. Для розробки використано бібліотеку React – JavaScript бібліотеку з відкритим кодом, яка використовується для побудови користувацьких інтерфейсів. Показ інтерактивної карти моніторингу налаштовано з допомогою інтерактивних карт Leaflet – JavaScript бібліотеки з відкритим кодом для

створення браузерних та адаптованих під мобільні пристрої інтерактивних карт. Бібліотека реалізує підтримку шарів мап, які побудовані за технологією: WMS, GeoJSON, або векторного відображення поверхні. Для візуалізації результатів моніторингу використано бібліотеку Chart.js. Дана бібліотека дозволяє створювати графіки та діаграми будь-якого типу, а також вибудовувати дані на діапазоні часу та логарифмічній шкалі.

Ключові слова: екологічний моніторинг, інформаційно-аналітична система, React, Leaflet, Chart.js.

DEVELOPMENT OF THE WEB INTERFACE OF THE INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF ENVIRONMENTAL MONITORING USING THE REACT LIBRARY

Ecological monitoring of the environment is a modern form of implementation of ecological activity processes with the help of informatization tools and provides regular assessment and forecasting of the state of the environment, the vital activity of society and the conditions of the functioning of ecosystems for the adoption of management decisions regarding environmental safety, preservation of the natural environment and rational use of nature. Environmental monitoring is the first and main stage in ensuring environmental safety, preventing and eliminating the negative impact of economic activity on the environment, and preserving natural resources. Information and analytical support for environmental monitoring is necessary for the implementation of such opportunities as receiving primary data from monitoring subjects, saving, processing, transmitting and analyzing information about the state of the natural environment. The purpose of this article is to create a web interface of an information and analytical system using the React library. The web interface of the information and analytical decision support system was developed based on an interactive map of water sampling points and visualization of the obtained results of environmental monitoring. For development, the React library was used – an open source JavaScript library that is used to build user interfaces. The display of the interactive monitoring map is configured using Leaflet interactive maps – an open source JavaScript library for creating interactive maps adapted for browsers and mobile devices. The library implements the support of map layers, which are built according to the technology: WMS, GeoJSON, or vector display of surfaces. The Chart.js library was used to visualize monitoring results. This library allows you to create graphs and charts of any type, as well as plot data on a time range and a logarithmic scale.

Key words: environmental monitoring, information-analytical system, React, Leaflet, Chart.js.

Вступ

Інформаційно-аналітичне забезпечення екологічного моніторингу необхідне для реалізації таких можливостей як одержання первинних даних від суб'єктів моніторингу, збереження, обробка, передача та аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища. Гірничо-хімічна промисловість займає одне з провідних місць в інфраструктурі економіки нашої країни. Але, разом з цим, діяльність гірничо-хімічних підприємств є визначальним чинником техногенезу, який істотно ускладнює екологічну ситуацію на локальних територіях через значне нагромадження великої кількості відходів виробництва.

Науковцями Національного університету «Львівська політехніка» проводяться дослідження, спрямовані на удосконалення методології оцінювання показників, що визначають рівень екологічної небезпеки після закриття гірничо-хімічного підприємства на основі аналізу процесів впливу на довкілля основних джерел небезпеки. За результатами досліджень створено інформаційно-аналітичну систему для ефективного зберігання, оброблення, аналізу даних моніторингу, а також прогнозування можливих змін в довкіллі на підставі даних про поточний екологічний стан.

Метою даної статті є створення веб-інтерфейсу інформаційно-аналітичної системи з допомогою бібліотеки React.

Огляд літератури

Одним із промислових басейнів, що зазнали інтенсивної експлуатації, є Передкарпатський сірконосний басейн [1]. На даний момент екологічна ситуація в межах Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства «Сірка» є однією з найнапруженіших в Україні [1, 2]. Тут нагромаджено переважна більшість усіх твердих промислових відходів Львівщини [3]. Роздільське ДГХП «Сірка» знаходиться на стадії ліквідації, але все ще несе загрозу довкіллю. Тому є необхідність в створенні інформаційно-аналітичної системи моніторингу, за допомогою якої можна отримати, створити інформацію та здійснити її опрацювання, аналізування. і прогнозування – визначення наслідків ситуації [4, 5]. Інформаційно-аналітичне забезпечення регіонального екологічного моніторингу необхідне для реалізації таких можливостей як одержання первинних даних від суб'єктів моніторингу, збереження, обробка, передача та аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища, що, в свою чергу необхідне для моделювання та прогнозування розвитку екологічної ситуації в регіоні та прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень в галузі охорони довкілля, екологічної безпеки [6, 7].

Типова ІАСМ складається із банку даних, геоінформаційної карти та програмного забезпечення. Програмний продукт поєднує базу даних системи з електронним картографічним забезпеченням, перегляд відомостей про об'єкти моніторингу, аналізування даних про якість компонентів довкілля, джерела небезпеки гірничо-хімічного підприємства, автоматизоване нанесення на карту місць

розташування точок відбору проб, скидів, водозаборів, побудову тематичних карт та ін. [1, 3]. Картографічною базою для розроблення стратегії керування є низки карт, що характеризують стан різноманітних елементів навколишнього середовища, так наприклад карта ураженості території екзогенними геологічними процесами, карта оцінки фонового техногенного навантаження на довкілля. Зручним варіантом може слугувати геоінформаційна система QGIS з вільним доступом і відкритим кодом. Система є багатофункціональною, написана на мовах програмування C++ та Python [3]. Основним призначенням системи є опрацювання і аналізування просторових даних, розроблення різної картографічної продукції. Геоінформаційна система QGIS дає змогу користувачам створювати карти з безліччю шарів, використовуючи різні картографічні проекції [1]. Також QGIS забезпечує інтеграцію з іншими відкритими ГІС-пакетами. Плагіни, написані на Python, C++, розширюють можливості QGIS. Є плагіни для геокодування за допомогою Google Геокодування API, виконання геообробки (fTools) схожими на стандартні інструменти ArcGIS, інтерфейс з PostgreSQL/PostGIS, SpatiaLite і MySQL баз даних, і використання Mapnik як карту візуалізації [1, 3]. Різноманітні модульні програми написані на C і C++ для системи моніторингу якості води [8].

У статті [9] описано модель ODM Tools Python – програмне забезпечення з відкритим кодом, яке дозволяє користувачам робити запити та експортувати, візуалізувати та виконувати контроль якості обробки часових рядів даних спостережень за навколишнім середовищем, що зберігаються в базі даних ODM, за допомогою автоматизованих сценаріїв на Python.

Реалізація веб-орієнтованої системи підтримки прийняття рішень, описана у статті [10], базується на створеній веб-платформі з доступом до бази даних, керуванням сесіями, перевіркою введених даних, створення шаблонів. Дана система створена з допомогою Django (Django Software Foundation 2015a), фреймворку для веб-додатків мови програмування Python (Python Software Foundation 2015). В даному випадку Django використано разом із додатковими просторовими функціями для створення веб-додатків ГІС GeoDjango (Django Software Foundation 2015b).

Python – мова програмування, запропонована для розробки програмного забезпечення завдяки своїй гнучкості і легка інтеграція з усіма компонентами. Інтерфейс програмного забезпечення контролює взаємодію з користувачем і відповідає за отримання вхідних даних, які потім надсилаються відповідному компоненту [11]

Веб-фреймворк Flask використано авторами статті [12] для розробки веб-аплікації системи моніторингу. Flask написаний на мові Python і має просте, легке у використанні ядро, підтримує різноманітні розширення, зручний спосіб відображення карти в режимі онлайн [12].

Обговорення

Нами розроблено веб-інтерфейс інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень на основі інтерактивної карти пунктів відбору проб води та візуалізації отриманих результатів гідрохімічного моніторингу Роздільських озер. Дана веб аплікація доступна в інтернеті за посиланням <http://ecotest.infostore.in.ua/>.

React JS – це бібліотека JavaScript з відкритим кодом, яка використовується спеціально для побудови користувацьких інтерфейсів. Бібліотека дозволяє розробникам створювати веб-програми, які можуть змінювати дані,

не завантажуючи сторінку. Основна перевага React.JS полягає в тому, що він масштабований, простий та швидкий [13].

React – ідеальний інструмент для створення масштабованих вебдодатків, особливо SPA (односторінкових застосунків). React відносно простий в освоєнні, має зрозумілий та лаконічний синтаксис. React використовує віртуальний DOM (VDOM) – це концепція програмування, в якій «віртуальне» уявлення призначеного для користувача інтерфейсу зберігається в пам'яті і синхронізується з «справжнім» DOM за допомогою бібліотеки ReactDOM. Цей процес називається узгодженням. Ви вказуєте, в якому стані повинен перебувати призначений для користувача інтерфейс, а React забезпечує відповідність реального DOM цьому стану. Віртуальний DOM представляє легку копію звичайного DOM. І відмінною рисою React є те, що дана бібліотека працює саме з віртуальним DOM, а не звичайним. У підсумку така схема взаємодії з елементами веб-сторінки працює набагато швидше і ефективніше, ніж якби ми працювали з JavaScript з DOM безпосередньо. Іншою відмінною рисою бібліотеки є концентрація на компонентах – ми можемо створити окремі компоненти і потім їх легко переносити з проекту в проект. Ще одна особливість React – використання JSX. JSX представляє комбінацію коду JavaScript і XML і надає простий і інтуїтивно зрозумілий спосіб для визначення коду візуального інтерфейсу. React JSX трансформує XML-подібний синтаксис в JavaScript. [13].

У React використовується компонентний підхід. Бібліотека немає контролерів, моделей, шаблонів – все є компонент. Компоненти можна перевикористовувати, успадковувати один від одного, об'єднувати.

Компонент – це свого роду будівельна одиниця, з якої збирається інтерфейс. Перевагою є можливість порівняння React'ом віртуального DOM'а з реальним, і виконання мінімальних змін для їх синхронізації. Віртуальний DOM вирішує проблему з обробкою подій в різних браузерах, за рахунок цього React надає сумісну модель подій в будь-якому браузері. React дозволяє використовувати будь-який інструмент при розробці, він добре поєднується з іншими фреймворками. Дизайн React поєднується з асинхронними серверними архітектурами для адаптації до майбутніх технологій. Таким чином, React варто використовувати, якщо необхідно створити якісний і в найкоротші терміни швидкий, легкий, зручний односторінковий додаток [14]. Оскільки логіка компонентів написана на JavaScript, замість шаблонів можна з легкістю передавати складні дані у програму і зберігати стан окремо від DOM. Компоненти реалізують метод `render()`, який приймає вхідні дані і повертає те, що буде показано користувачу. Доступ до вхідних даних, які передаються в компонент, можна отримати за допомогою `render()` та `this.props`. React притримує парадигми декларативного програмування. Таким чином, від розробника лише вимагають описання різних частин інтерфейсу в різних станах системи, а сам фреймворк буде самостійно рендерити необхідні елементи, оновлюючи сторінку у відповідності до динамічних змін, ініційованих користувачем чи іншими чинниками. При цьому жодних обмежень про інші технології, які будуть використовуватись додатково, не існує. Тому є можливим розробляти нові функції в React, не переписуючи існуючий код. React також може рендеритись на сервері, використовуючи Node, і приводити в дію мобільні програми, які використовують React Native [15].

Показ інтерактивної карти моніторингу налаштовано з допомогою інтерактивних карт Leaflet – JavaScript бібліотеки з відкритим кодом для створення браузерних та адаптованих під мобільні пристрої інтерактивних карт (рис. 1). Бібліотека реалізує підтримку шарів map, які побудовані за технологією: WMS, GeoJSON, або векторного відображення поверхні. Leaflet – проста, продуктивна та зручна у використанні бібліотека. Може бути розширена за рахунок використання численних плагінів, має гарний, легкий у використанні та добре документований API, простий та читабельний вихідний код, зручний для роботи [16].

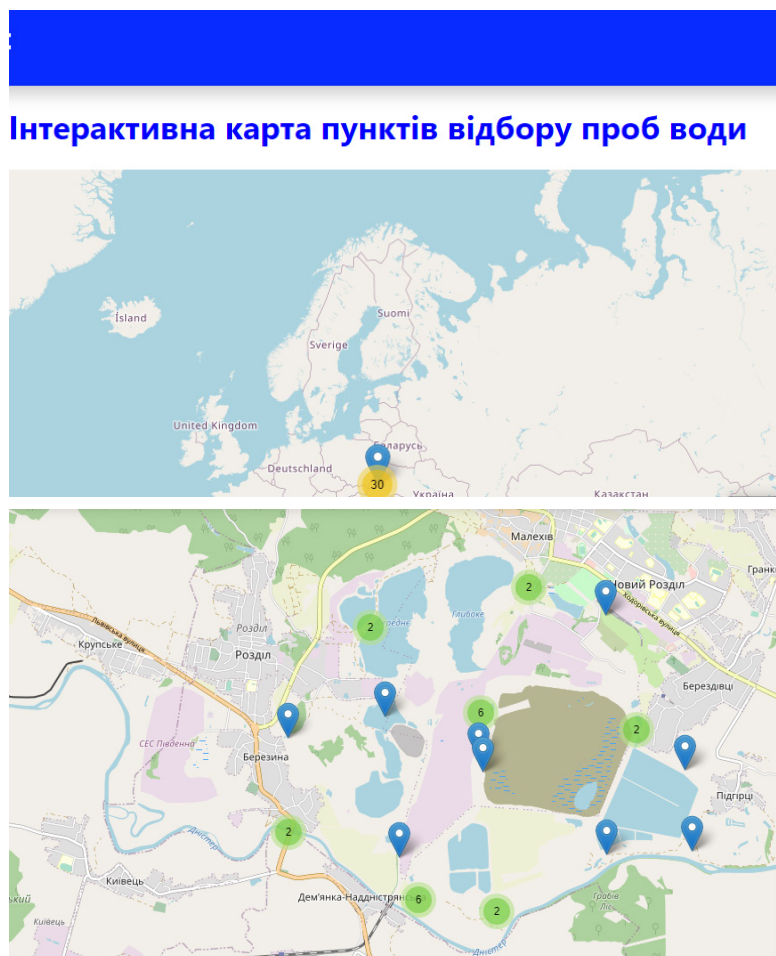


Рис. 1. Скріни веб-додатку інтерактивної карти відбору проб води на території ДГХП «Сірка»

Бібліотека React Leaflet забезпечує прив'язку між React і Leaflet. Вона не замінює Leaflet, але використовує його для абстрагування шарів Leaflet як компонентів React. Таким чином, вона може поводитися інакше, ніж інші компоненти React, зокрема:

– **Візуалізація DOM**

React не рендерить шари Leaflet у DOM, це рендеринг виконує сам Leaflet. React відтворює лише елемент <div> під час відтворення компонента MapContainer і вмісту компонентів шарів інтерфейсу користувача [16].

– **Властивості компонентів**

Властивості, передані компонентам, використовуються для створення відповідного екземпляра Leaflet, коли компонент відображається вперше, і за замовчуванням їх слід розглядати як незмінні. Під час першого відтворення всі ці властивості мають підтримуватися Leaflet, однак вони не будуть оновлюватися в інтерфейсі користувача, якщо вони зміняться, якщо вони явно не задокументовані як змінні. Змінні властивості порівнюються за посиланням (якщо не вказано інше) і застосовуються викликом відповідного методу в екземплярі елемента Leaflet [16].

– **Посилання на елементи Leaflet**

Якщо не вказано інше, усі компоненти, експортовані React Leaflet, підтримують посилання, які показують створений екземпляр елемента Leaflet або елемент DOM (для панелей). Це дозволяє програмам отримувати доступ до імперативних API Leaflet, коли це потрібно, але може призвести до неузгодженості з установленими атрибутами, тому використовувати їх слід обережно [17].

Візуалізація отриманих даних моніторингу з допомогою Chart.js

Екологічний моніторинг довкілля є сучасною формою реалізації процесів екологічної діяльності за допомогою засобів інформатизації і забезпечує регулярну оцінку і прогнозування стану середовища, життєдіяльності суспільства та умов функціонування екосистем для прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування. Важко заперечити той факт, що переважна більшість інформації має географічний аспект і тому її можна просторово аналізувати і наочно представляти у вигляді карт, схем, діаграм, графіків та малюнків. Ще із стародавніх часів людина пристосовувалася до умов навколишнього середовища, сприймала її таку як є і намагалася підлаштувати під себе. Вона вже тоді прагнула полегшити свою працю шляхом застосування різних предметів і механізмів. З розвитком людства і відповідно науково-технічного прогресу з'явилися досконалі системи автоматизованого управління, які в даний час застосовуються скрізь.

Аналогами інформаційної системи накопичення і візуалізації екологічних замірів є будь-яке програмне забезпечення, яке має можливість візуалізувати статистичні дані. Існує багато спеціальних інструментів для створення візуалізації. Деякі з них зовсім прості у використанні: потрібно тільки завантажити дані та вибрати, як вони будуть відображатися, інші програми більш складні і комплексні – вимагають спеціальних знань і вмінь програмування. Є варіанти додатків, які можна безкоштовно завантажити, змінити і налаштувати та створювати інфографіку в режимі онлайн.

Chart.js – безкоштовна Javascript бібліотека, призначена для створення графіків та діаграм. Дана бібліотека дозволяє створювати графіки та діаграми будь-якого типу, а також вибудовувати дані на діапазоні часу та логарифмічній шкалі. Також у неї вбудовані засоби роботи з анімацією, що дозволить ефектно видозмінювати графіки залежно від нових даних, а також експериментувати з кольором (рис. 2).

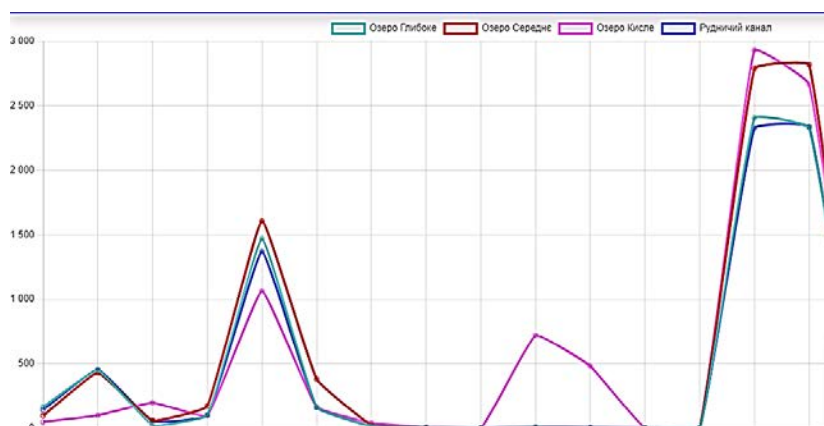


Рис. 2. Скрін веб-додатку візуалізації отриманих результатів аналізу проб води на території ДГХП «Сірка»

Розмір бібліотеки Chart.js становить приблизно 11Kb, також є можливість ще зменшити розмір бібліотеки шляхом включення в неї тільки тих модулів, які необхідні в конкретному випадку [1]. Chart.js дозволяє створювати діаграми різних типів: – Лінійна діаграма (Line chart) – це спосіб побудови точок даних на лінії. Часто він використовується для відображення даних тенденцій або порівняння двох наборів даних. – Гістограма (Bar chart) надає спосіб відображення значень даних, представлених у вигляді вертикальних стовпчиків. Іноді його використовують для відображення даних тенденцій та порівняння кількох наборів даних. – Пелюсткова діаграма (Radar chart) – це спосіб відображення кількох точок даних та варіацій між ними. – Секторні та кільцеві діаграми (Pie chart) – це найбільш часто використовувані діаграми. Вони розділені на сегменти, дуга кожного сегмента показує пропорційне значення кожного фрагмента даних. Вони чудово демонструють співвідношення пропорцій між даними. – Діаграми полярних областей (Polar area chart) схожі на кільцеві діаграми, але кожен сегмент має однаковий кут – радіус сегмента відрізняється залежно від значення. Цей тип діаграми часто корисний, коли ми хочемо показати дані порівняння, подібні до кругової діаграми, але також показати шкалу значень для контексту. – Бульбашкова діаграма (Bubble chart) використовується для відображення трьох вимірів даних одночасно [18]. Розташування бульбашки визначається першими двома розмірами та відповідними горизонтальною та вертикальною осями. Третій вимір представлений розміром окремих бульбашок. – Діаграми розсіювання (Scatter chart) базуються на основних лінійних діаграмах із зміною осі x на лінійну вісь. Для використання діаграми розсіювання дані повинні передаватися як об'єкти, що містять властивості X та Y. – Змішані діаграми. За допомогою Chart.js можна створювати змішані діаграми, які є комбінацією двох або більше різних типів діаграм. Поширеним прикладом є гістограма, яка також включає лінійний набір даних. Іншою чудовою особливістю бібліотеки Chart.js є той факт, що створені нею діаграми адаптивні, вони можуть змінювати свій розмір при зміні розмірів вікна браузера таким чином, щоб ефективно займати весь доступний для цього простір сторінки. На відміну від багатьох інших бібліотек подібного типу Chart.js має детальну і добре викладену документацію, за допомогою якої можна легко створювати як прості, так і складні зразки діаграм [19].

Висновки

Розроблено веб-інтерфейс інформаційно-аналітичної системи гірничо-хімічного підприємства з допомогою бібліотеки React – бібліотеки JavaScript з відкритим кодом, яка використовується для побудови користувальницьких інтерфейсів. Показ інтерактивної карти моніторингу налаштовано з допомогою інтерактивних карт Leaflet – JavaScript бібліотеки з відкритим кодом для створення браузерних та адаптованих під мобільні пристрої інтерактивних карт. Для візуалізації результатів моніторингу використано бібліотеку Chart.js. Дана бібліотека дозволяє створювати графіки та діаграми будь-якого типу, а також вибудовувати дані на діапазоні часу та логарифмічній шкалі. На відміну від багатьох інших бібліотек подібного типу Chart.js має детальну і добре викладену документацію, за допомогою якої можна легко створювати як прості, так і складні зразки діаграм.

Список використаних джерел:

1. Pohrebennyk V., Dzhumelia E. Evaluation of Impact of Mining and Chemical Enterprise on Ecological State of the Water Environment. *Water Security*. 2016. P. 155-169.
2. Погребенник В.Д., Джумеля Е.А. Екологічний аспект створення стабільної території Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства "Сірка". *Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій: колективна монографія*. 2016. С. 56-66.
3. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E., Zdeb M. Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. vol. 20. P. 53-61.
4. Бахарев В. С., Шевченко І. В., Коваль С. С., Корцова О. Л. Інформаційно-технологічні аспекти управління екологічною безпекою в системах муніципального моніторингу атмосферного повітря. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2017. Випуск 4. С. 68-73.
5. Karpinski M., V. Pohrebennyk V., Bernatska N., Ganczarchyk J., Shevchenko O. Simulation of Artificial Neural Networks for Assessing the Ecological State of Surface Water. *18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018*. 2 July – 8 July 2018, Albena, Bulgaria. P. 693-700.
6. Шпинковська М.І., Бакунова А.І. Інформаційна система візуалізації екологічного стану регіону. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*. 2015. №7. P. 75-81
7. Spencer McDonald. Web-based decision support system tools: The Soil and Water Assessment Tool Online visualization and analyses (SWATOnline) and NASA earth observation data downloading and reformatting tool (NASAaccess). *Environmental Modelling & Software*. 2019. Volume 120. P. 1-12.
8. Srivastava S., Vaddadi S., Sadistap S. Smartphone based System for water quality analysis. *Applied Water Science*. 2018. P. 129-130
9. Horsburgh J., Reeder S., Jones A., Meline J. Open source software for visualization and quality control of continuous hydrologic and water quality sensor data. *Environmental Modelling & Software*. 2015. 70. P. 1-7
10. THIELE J., NUSKE R. Design and implementation of a web-based decision support system for climate change impact assessment on forests. *A web-based decision support system*. 2016. P. 11-23

11. Khalique S. Hossain A. A web-based decision support system for smart dam operations using weather forecasts. *Hydroinformatics*. 2019. P. 1-24.
12. Crimi A, Jones T. Sgalambro A. Designing a Web Spatial Decision Support System Based on Analytic Network Process to Locate a Freight Lorry Parking. *Sustainability*. 2019. v. 11. P. 1-14.
13. Безверхий О., Куценко О. Ефективність застосування бібліотеки React. *Інформаційні технології та суспільство*. 2022. 2 (4), с. 13-19.
14. Болотіна В. В. Огляд популярних javascript фреймворків. *Інформаційно-комп'ютерні технології*, 18-20 квітня 2019 р., С. 89-90.
15. А. І. Вінокуров, Г. І. Молчанов. Переваги динамічних веб-сторінок над статично-генерованими. *Інформаційні технології*. 2021, С. 63-66.
16. How To Create Maps With React And Leaflet. <https://www.smashingmagazine.com/2020/02/javascript-maps-react-leaflet/>
17. React Leaflet. <https://react-leaflet.js.org/docs/start-introduction/>
18. Качанов Ю.В. Бібліотека для побудови графіків та діаграм chart.js. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Free and open source software»* 17-19 листопада 2020 р., С. 69.
19. Проста побудова графіків за допомогою Chart.js <https://www.zmax.work/easy-plotting-with-chart-js/>

References:

1. Pohrebennyk V., Dzhumelia E. (2016). Evaluation of Impact of Mining and Chemical Enterprise on Ecological State of the Water Environment. *Water Security*. P. 155-169.
2. Pohrebennyk V.D., Dzhumelia E.A. (2016). Ekologichnyi aspekt stvorennia stabilnoi terytorii Rozdilskoho derzhavnogo hirnicho-khimichnogo pidpriemstva "Sirka" [Ecological aspect of creating a stable territory of Rozdil state mining and chemical enterprise "Sirka"]. *Ahroekologichni, sotsialni ta ekonomichni aspekty stvorennia y efektyvnoho funkcionuvannia ekolohichno stabilnykh terytorii: kolektyvna monohrafiia* [Agroecological, social and economic aspects of the creation and effective functioning of ecologically stable territories: a collective monograph]. P. 56-66.
3. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E. Zdeb M. (2019). Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas. *Journal of Ecological Engineering*. vol. 20. P. 53-61.
4. Bakhariev V. S., Shevchenko I. V., Koval S. S., Kortsova O. L. (2017). Informatsiino-tekhnologichni aspekty upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu v systemakh munitsypalnogo monitorynhu atmosferного povitria [Information technology aspects of environmental safety management in municipal air monitoring systems]. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho [Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky KrNU]*. V. 4. P. 68-73.
5. Karpinski M., V. Pohrebennyk V., Bernatska N., Ganczarchyk J., Shevchenko O. Simulation of Artificial Neural Networks for Assessing the Ecological State of Surface Water. *18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018*. 2 July – 8 July 2018, Albena, Bulgaria. P. 693-700.
6. Shpynkovska M.I., Bakunova A.I. (2015). Informatsiina systema vizualizatsii ekolohichnogo stanu rehionu [Information system for visualization of the ecological state of the region]. *Avtomatyzatsiia tekhnologichnykh i biznes-protsesiv [Automation of technological and business processes]*. №7. P. 75-81
7. Spencer MCDonald. (2019). Web-based decision support system tools: The Soil and Water Assessment Tool Online visualization and analyses (SWATOnline) and NASA earth observation data downloading and reformatting tool (NASAaccess). *Environmental Modelling & Software*. Volume 120. P. 1-12.
8. Srivastava S., Vaddadi S., Sadistap S. (2018). Smartphone based System for water quality analysis. *Applied Water Science*. P. 129-130
9. Horsburgh J., Reeder S., Jones A., Meline J. (2015). Open source software for visualization and quality control of continuous hydrologic and water quality sensor data. *Environmental Modelling & Software*. V. 70. P. 1-7
10. Thiele J. Nuske R. (2016). Design and implementation of a web-based decision support system for climate change impact assessment on forests. *A web-based decision support system*. P. 11-23
11. Khalique S. Hossain A. (2019). A web-based decision support system for smart dam operations using weather forecasts. *Hydroinformatics*. P. 1-24.
12. Crimi A, Jones T. Sgalambro A. (2019). Designing a Web Spatial Decision Support System Based on Analytic Network Process to Locate a Freight Lorry Parking. *Sustainability*. v. 11. P. 1-14
13. Bezverkhyi O., Kutsenko O. (2022). Efektyvnist zastosuvannia biblioteki React [The efficiency of using the React library]. *Informatsiini tekhnologii ta suspilstvo [Information technologies and society]*. 2 (4), P. 13-19.
14. Bolotina V. V. (18-20 kvitnia 2019). Ohliad populiarnykh javascript freimvorkiv [Overview of popular javascript frameworks.]. *Informatsiino-kompiuterni tekhnologii [Information and computer technologies]*. P. 89-90.
15. А. І. Вінокуров, Г. І. Молчанов. (2021). Perevahy dynamichnykh veb-storinok nad statychno-henerovanymy [Advantages of dynamic web pages over statically generated ones]. *Informatsiini tekhnologii [Information Technology]*. P. 63-66.
16. How To Create Maps With React And Leaflet. <https://www.smashingmagazine.com/2020/02/javascript-maps-react-leaflet/>
17. React Leaflet. <https://react-leaflet.js.org/docs/start-introduction/>
18. Качанов Ю.В. (17-19 lystopada 2020 r.). Biblioteka dlia pobudovy hrafikiv ta diahram Chart.js [Chart.js library for building graphs and charts.]. *Materialy KhII Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii «Free and open source software» [Materials of the XII International scientific and practical conference "Free and open source software"]*. P. 69.
19. Simple charting with Chart.js <https://www.zmax.work/easy-plotting-with-chart-js/>