

УДК 004.623

DOI <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2023-02-06-04>

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЗБОРУ ТА НАКОПИЧЕННЯ ДАНИХ ПРО ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗІ СТАНЦІЙ VAISALA МУНІЦИПАЛЬНОГО РІВНЯ

Вадурін К. О., аспірант, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7781-5783>, kir3337@gmail.com

Перекрест А. Л., д-р техн. наук, професор, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7728-9020>, pksg13@gmail.com

Бахарєв В. С., д-р техн. наук, професор, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9312-654X>, v.s.baharev@gmail.com

Дерієнко А. І., канд. техн. наук, доцент, директор ТОВ «ЛЕМПДЕВ», Кременчук, Україна
andrey.deriyenko@gmail.com

Іващенко А. В., студент, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна
a.ivascheko2020@gmail.com

Шкарупа С. А., магістр, співробітник ТОВ «ЛЕМПДЕВ», Кременчук, Україна
sergii.shkarupa@gmail.com

Анотація. На сьогодні проблема забруднення атмосферного повітря актуальна, особливо в Україні. Унаслідок війни та катастрофи на Каховській ГЕС, а також спричинених ними перенесення окремих промислових підприємств і переміщення населення виникли значні зміни у стані атмосферного повітря муніципалітетів порівняно зі станом до цих змін, що фіксувався постами екологічного моніторингу та міг прогнозуватися на довгий час. У Кременчуці дослідження стану атмосферного повітря здійснюються комунальним підприємством міської ради. До автоматичного обладнання підприємства входять декілька станцій Vaisala, які підтримують вивід даних за допомогою API у сервіс, що розповсюджується за підписним принципом. Базовий сервіс може зберігати дані від станцій, будувати графіки й виводити показники у CSV-форматі, але не може бути вдосконалений для формування звітності за внутрішніми стандартами документообігу та не підтримує формування звітів за постановою № 827 КМУ.

Тому метою цього дослідження є розробка та впровадження інформаційної системи з автоматичного збору, накопичення, структурування даних зі станцій Vaisala й автоматизованого формування звітних відомостей про стан атмосферного повітря, що зменшить час, потрібний оператору для підготовки та надання вичерпної інформації про можливі перевищення шкідливих домішок у повітрі регулюючим органам, виходячи зі стандартів внутрішнього документообігу. Спочатку в дослідженні проаналізовано подібні вебресурси, що надають дані про стан атмосферного повітря та є у відкритому доступі. Потім розроблено й реалізовано інформаційну систему, що базується на ОС Ubuntu, сервері Nginx, системі керування базами даних MySQL, мові PHP з фреймворками PHPWord та Laravel, бібліотеками JavaScript Vue.js, Bootstrap та мережевих технологіях `vaisala_api`, SPA, AJAX. Сервер модифіковано для обробки великого об'єму даних зі станцій Vaisala, для яких створені окремі таблиці для вивантаження «сирих» даних і таблиця для перерахунку хвилинних показів у 20-хвилинні, денні, місячні та річні.

Ключові слова: якість атмосферного повітря, екологічний моніторинг, Nginx, Vaisala, Laravel, VPS.

AN INFORMATION SYSTEM FOR COLLECTING AND STORING AIR QUALITY DATA FROM MUNICIPAL LEVEL VAISALA STATIONS

Kyrylo Vadurin, Postgraduate Student, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7781-5783>, kir3337@gmail.com

Andrii Perecrest, Dc.S., Prof., Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7728-9020>, pksg13@gmail.com

Volodymyr Bakharev, Dc.S., Prof., Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9312-654X>, v.s.baharev@gmail.com

Andriy Deriyenko, PhD, Ass. Prof., Director of LEMPDEV LLC, Kremenchuk, Ukraine
andrey.deriyenko@gmail.com

Artem Ivashchenko, Student, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine
a.ivascheko2020@gmail.com

Sergii Shkarupa, Employee of LEMPDEV LLC, Kremenchuk, Ukraine
sergii.shkarupa@gmail.com

Abstract. Today, the problem of air pollution is a pressing one, especially in Ukraine. As a result of the war and the Kakhovka hydroelectric power station disaster, as well as the relocation of certain industrial enterprises and the displacement of the population, there have been significant changes in the state of the atmospheric air in municipalities compared to the state before these changes, which was recorded by environmental monitoring stations and could be predicted for a long time. In Kremenchuk, air quality studies are carried out by a municipal enterprise of the city council. The company's automatic equipment includes several Vaisala stations that support data output via API to a subscription-based service. The basic service can store data from the stations, build graphs and output indicators in CSV format, but cannot be upgraded to generate reports according to internal document management standards and does not support the generation of reports in accordance with CMU Resolution No. 827.

Therefore, the purpose of this study is to develop and implement an information system for the automatic collection, accumulation, structuring of data from Vaisala stations and automated generation of reports on the state of the atmospheric air, which will reduce the time required for the operator to prepare and provide comprehensive information on possible exceedances of harmful impurities in the air to regulatory authorities based on internal document management standards. First, the study analysed similar web resources that provide data on the state of the air and are publicly available. Then we developed and implemented an information system based on Ubuntu OS, Nginx server, MySQL database management system, PHP language with PHPWord and Laravel frameworks, Vue.js and Bootstrap JavaScript libraries, and `vaisala_api`, SPA, and AJAX network technologies. The server has been modified to process a large amount of data from Vaisala stations, for which separate tables have been created to upload raw data and a table to convert minute readings into 20-minute, daily, monthly and annual readings.

Key words: air quality, environmental monitoring, Nginx, Vaisala, Laravel, VPS.

Вступ

Сьогодні проблема забруднення атмосферного повітря актуальна як для світу, так і для України. Війна, знищення Каховської ГЕС, руйнування ТЕЦ, нафтопереробних заводів, ліній живлення атомних станцій, а також спричинені війною релокації бізнесу та населення викликають значні зміни екології муніципалітетів, що потребує наскрізного моніторингу всіх маркерів якості атмосферного повітря. У Кременчуці дослідженнями стану атмосферного повітря займається комунальне підприємство «Науковий центр еколого-соціальних досліджень» Кременчуцької міської ради Кременчуцького району Полтавської області, що має на балансі автоматичні й автоматизовані засоби для моніторингу. До автоматичного обладнання підприємства належать станції Vaisala, які підтримують вивід даних за допомогою API. Також станції можуть виводити дані в сервіс виробника, який розповсюджується за підписним принципом і надає доступ до завантаження даних і формування за ними графіків. Але базовий сервіс не піддається модифікації через закритість коду серверної частини, і вартість підписки є достатньо високою для фінансування з бюджетних коштів.

Тому метою цього дослідження є розробка та впровадження інформаційної системи з автоматичного збору, накопичення, структурування даних зі станцій Vaisala й автоматизованого формування звітних відомостей про стан атмосферного повітря, що зменшить час, потрібний оператору для

підготовки й надання вичерпної інформації про можливі перевищення шкідливих домішок у повітрі регулюючим органам, виходячи зі стандартів внутрішнього документообігу.

Виконання досліджень

За результатами аналізу матеріалів, доступних у системах пошуку за наукометричними базами [1–3] та доступних через стандартні пошукові системи [4–5] у відкритому доступі не виявлено готових наукових чи технічних вебрішень для автоматизованого формування текстових звітів про дані досліджень з постів екологічного моніторингу.

Під час аналізу матеріалів в Інтернеті, наявних у відкритому доступі, виявлено велику кількість інформаційних вебсервісів із графічною індикацією показів з екологічних постів для інформування населення, а також локальні сторінки екологічного моніторингу уряду найбільших розумних міст Землі, на які і будемо орієнтуватися під час створення науково-технічного рішення.

Проект World Air Quality Index (WAQI) [6] надає прозору інформацію про якість повітря для громадян світу.

Розробники проекту WAQI стверджують, що завжди прагнуть надавати історичні дані про якість повітря установам і організаціям, які працюють у сфері екологічної обізнаності, моніторингу якості повітря, а також медичних та епідеміологічних досліджень.

Метою бази відкритих даних є надання необмеженого та безкоштовного доступу до світових історичних даних і даних про якість повітря в реальному часі з понад 100 країн, охоплених на aqicn.org.

На ресурсі також доступні середньодобові дані про якість повітря для всіх станцій, які можна безкоштовно завантажити з форми. Слід зазначити, що всі цифри конвертуються в AQI за стандартом US EPA.

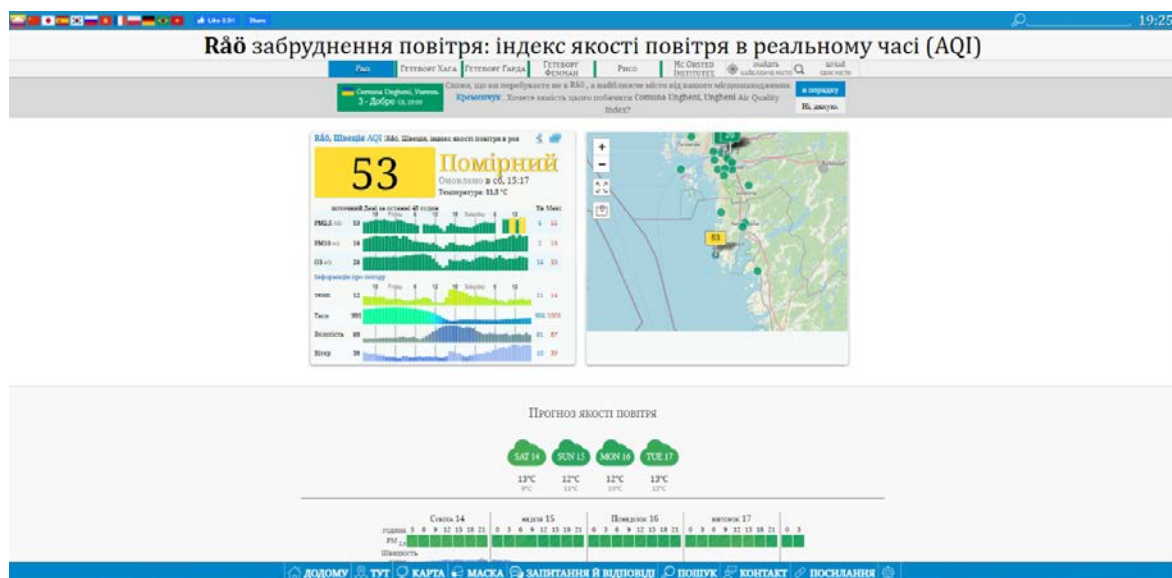


Рис. 1. Інтерфейс ресурсу WAQI

BreezoMeter [7] використовує дані CAMS у своїх алгоритмах. Багаторівневий підхід починається з державних станцій моніторингу, які надають дуже точну інформацію з низькою роздільною здатністю, оскільки станції зазвичай не розташовані близько одна до одної. Комбінуючи різні джерела інформації, BreezoMeter може перевірити їх, порівнюючи один з одним. CAMS надає безперервну інформацію про такі забруднювачі, як тверді частинки, діоксид сірки, діоксид азоту, чадний газ та озон, тоді як деякі місцеві станції зазвичай вимірюють лише один або два із цих забруднювачів. Крім того, є величезні ділянки землі, де немає наземних станцій, а дані CAMS (у поєднанні з іншими даними) дають можливість розширити охоплення, надаючи дані про якість повітря в малонаселені райони. Таким чином, включення даних CAMS дає змогу BreezoMeter пропонувати теплові карти забруднення в реальному часі з вищою роздільною здатністю. Цей внесок в одну з найпопулярніших функцій продукту важливий для користувачів, які намагаються отримати візуальне уявлення про забруднення повітря, те, що інакше зазвичай важко або неможливо побачити.

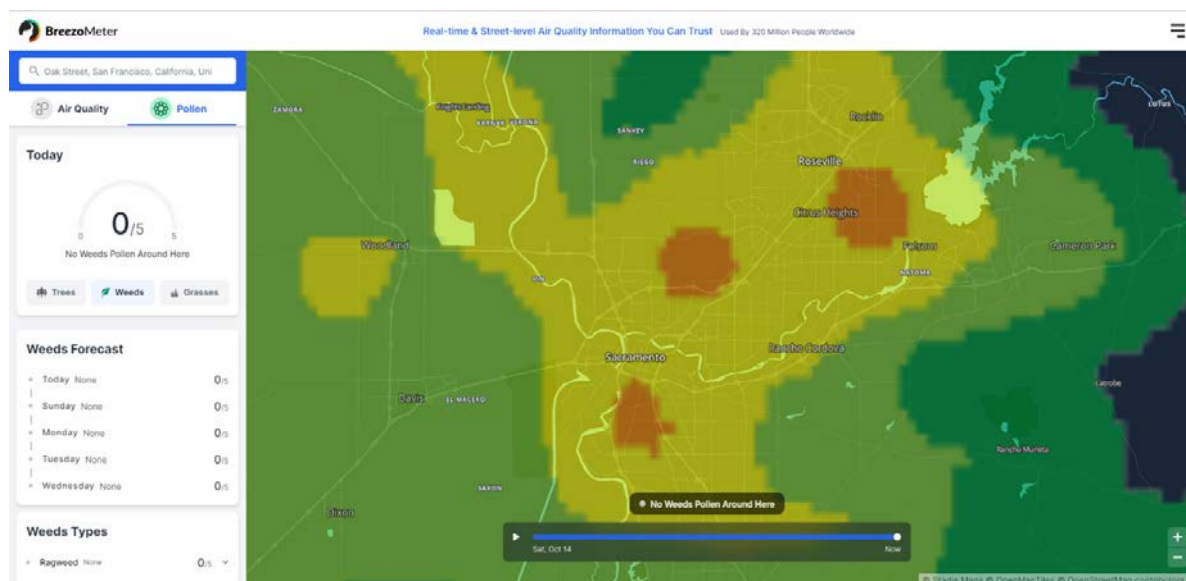


Рис. 2. Інтерфейс ресурсу BreezoMeter

AirNow [8] – це єдине джерело даних про якість повітря. Сайт висвітлює якість повітря в місцевості, водночас надаючи інформацію про якість повітря в державному, національному та світовому масштабах. Нова інтерактивна карта дає змогу зменшити масштаб, щоб отримати загальну картину, або деталізувати її, щоб переглянути дані для одного монітора якості повітря.

AirNow звітує про якість повітря за допомогою офіційного індексу якості повітря США (AQI), кольорового індексу, призначеного для визначення того, чи якість повітря є задовільною чи ні.

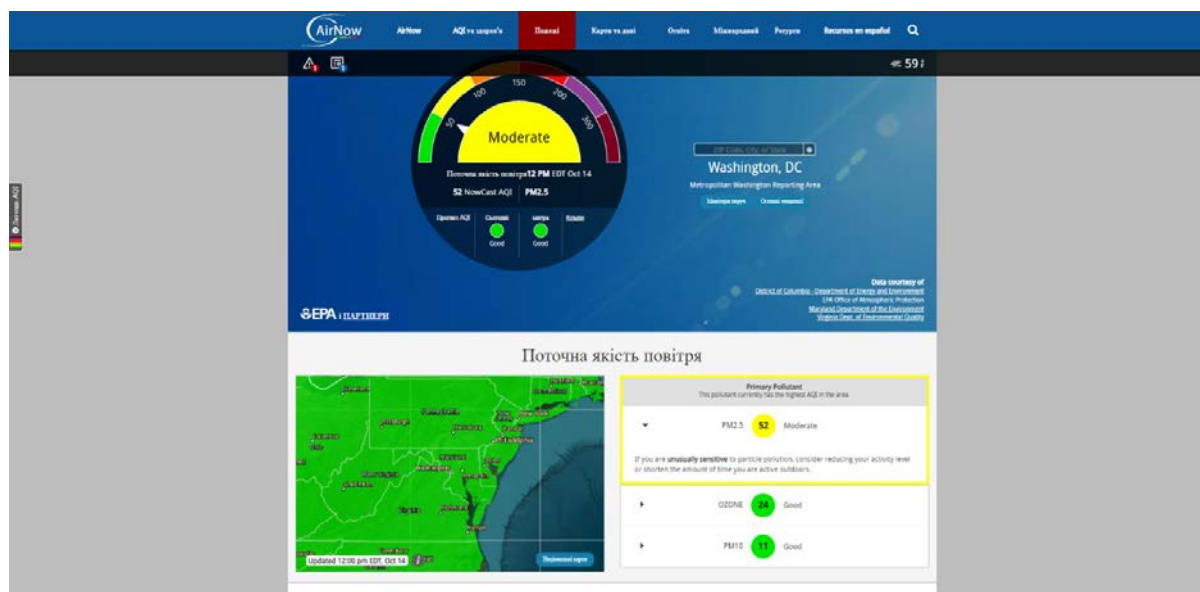


Рис. 3. Інтерфейс ресурсу AirNow

Централізована система даних AirNow забезпечує контроль якості, послідовність національних звітів і можливість поширювати дані серед громадськості, дослідників, компаній та інших систем даних.

Глобальний метеорологічний центр AccuWeather 6 травня 2020 р. оголосив про те, що інтегрував життєво важливі дані про якість повітря й аналітику у свої прогнози погоди на сайті accuweather.com [9]. Дані отримані завдяки ексклюзивному партнерству з паризькою лабораторією Plume Labs, головною метою якої є надання інформації про якість повітря доступною та розширення можливостей людей у всьому світі для кращого контролю за своїм здоров'ям, і вони недоступні з будь-якого іншого джерела.

За результатами аналізу представлених вебресурсів, що є у відкритому доступі, виявлено, що наразі відсутнє відкрите рішення для автоматизованого формування звітів про якість повітря в текстовому форматі Word.

У деяких ресурсів наявна функція для завантаження набору знятих усереднених даних у стандартизованих одиницях виміру чи перерахованих на власні індекси якості повітря. На всіх ресурсах доступна мапа з відміченими координатами розміщення станцій моніторингу, з натисканням на які можна отримати доступ до показників станції, що виводяться згідно з регламентом надавання послуг відповідного ресурсу.

Для розгортання сервера вибрано VPS хостинг Zomro.com [10].

Zomro.com – голландська (Zomro BV) компанія, що надає безліч послуг, включно зі спільним хостингом, VDS/VPS і виділеними серверами, реєстрацією доменів і додатковими параметрами хостингу.

Для розгортання сервера з базою даних вибрано тарифний план VPS – Advanced, за якого пропонується 2 процесорні ядра Intel Xeon, 2 Гб оперативної пам'яті, 40 Гб дискового простору на SSD, ОС Linux з оплатою у 82,25 євро за 12 місяців користування (з урахуванням скидок).

Операційна система встановлена на сервері за замовчуванням Linux Ubuntu 20.04 LTS.

Оновлення до Ubuntu випускається кожні шість місяців, а довгострокова підтримка (LTS) – кожні два роки. Станом на жовтень 2023 року найновішим випуском є 23.10 Mantic Minotaur, а поточним довгостроковим випуском підтримки є 22.04 Jammy Jellyfish.

Виходячи із цієї інформації, версію, встановлену за замовчуванням, на сервері було оновлено до останньої стабільної версії 22.04 Jammy Jellyfish.

Програмне забезпечення, що використовується на сервері для організації його функціонування, наведено на рис. 4.

```
root@vm4652831:/var/www/EcoKremCity# nginx -v; mysql -V; php -v
nginx version: nginx/1.18.0 (Ubuntu)
mysql Ver 8.0.34-0ubuntu0.22.04.1 for Linux on x86_64 ((Ubuntu))
PHP 8.1.2-1ubuntu2.14 (cli) (built: Aug 18 2023 11:41:11) (NTS)
Copyright (c) The PHP Group
Zend Engine v4.1.2, Copyright (c) Zend Technologies
with Zend OPcache v8.1.2-1ubuntu2.14, Copyright (c), by Zend Technologies
*/10 * * * * cd /var/www/EcoKremCity; php artisan api:download-vaissala
*/20 * * * * cd /var/www/EcoKremCity; php artisan splits:vaissala
```

Рис. 4. Програмне забезпечення, що використовується на сервері

Nginx (версія 1.8.0 для Ubuntu) [11] – це вебсервер та проксісервер, написаний на мові програмування C, завдяки якому в проєкті можна забезпечити роботу веббраузера клієнта із сервером. Він призначений для обробки запитів HTTP, HTTPS, SMTP та інших мережевих протоколів. Один з основних принципів роботи Nginx – асинхронність та подвійне управління, що дає змогу обробляти багато одночасних запитів і забезпечувати високу продуктивність.

MySQL (версія 8.0.34 для Ubuntu) [12] – це система управління базами даних (СУБД), яка використовується для збереження, організації та маніпуляції структурованими даними в базі екологічних даних. Вона базується на мові запитів SQL (Structured Query Language) і використовується для взаємодії з базами даних на різних рівнях.

PHP (PHP: Hypertext Preprocessor, версія 8.1.2 для Ubuntu) [13] – це серверна мова програмування, яка широко використовується для розробки вебсайтів і вебдодатків.

Laravel [14] – це відкритий фреймворк для створення вебдодатків мовою програмування PHP. Він забезпечує програмістам готовий інструментарій і структуру для розробки високоякісних вебдодатків, прискорюючи процес розробки та полегшуючи підтримку.

PHPWord [15] – це бібліотека для створення й редагування документів у форматі Microsoft Word (DOCX) за допомогою мови програмування PHP. Ця бібліотека надає можливість генерувати документи з різноманітними елементами, такими як текст, таблиці, графіка, гіперпосилання й інші.

DBeaver [16] – це потужний і універсальний клієнт баз даних, призначений для роботи з різними системами управління базами даних (СУБД). Він надає інструменти для підключення, адміністрування, запитів і візуалізації даних у різних типах баз даних, включно з MySQL, PostgreSQL, Oracle, Microsoft SQL Server та багатьма іншими.

Cron – це стандартний планувальник завдань у багатьох операційних системах, особливо у UNIX-подібних системах. Він дає користувачам змогу створювати та планувати автоматичні завдання, які виконуватимуться в певний час або інтервал часу.

Node.js [17] – це вільна, відкрита технологія для створення серверних додатків на платформі JavaScript. Вона базується на движку V8, розробленому Google, і надає можливість виконувати JavaScript на стороні сервера.

Vue.js [18] – це прогресивна JavaScript-бібліотека, спроектована для побудови вебінтерфейсів. Вона базується на архітектурному шаблоні Model-View-ViewModel (MVVM) та надає різноманітні інструменти й можливості для створення динамічних та інтерактивних веб-сторінок.

Bootstrap [19] – це відкритий фреймворк для веброзробки, який розроблений і підтримується Twitter. Він надає набір інструментів, компонентів та стилів для розробки зручних і респонсивних вебсайтів і вебдодатків.

Спочатку було розроблено базу даних, що містить таблиці для зберігання даних зі станцій EcoCity (для підтримки подальшого розширення інформаційної системи дешевшими станціями нижчого рівня моніторингу), а також окремі таблиці даних станцій Vaisala та загальну таблицю бази даних з 20-хвилинним, денним, річним усередненням `vaisala_splits` (рис. 5).



Рис. 5. Загальна розроблена структура бази даних

Основні таблиці бази даних за станціями Vaisala та загальна таблиця для формування автоматизованих звітів зазначено на рис. 6.

Моделі таблиць баз даних станцій зроблені універсальними для різних наборів датчиків, якщо в одній станції відсутній набір датчиків, то відповідні колонки будуть порожніми або заповненими нулями. Унікальним ідентифікатором у такій моделі є стовпець `measurement_time`, за допомогою якого реалізується алгоритм видалення дублікатів даних із таблиці. Слід відзначити, що перед усередненням даних і доданням їх до таблиці `vaisala_splits` дані щодо кожної станції містяться у вихідній таблиці з проміжком у 1 хв, тому вихідні таблиці можуть вимагати багато місця для зберігання даних.

station_V0440346	station_T3950713	station_T3950716	vaisala_splits
id humidity temperature pressure carbon_oxide nitrogen_dioxide dust_PM2_5 dust_PM10 dust_PM1 sulfur_dioxide hydrogen_sulfide max_wind_speed rain_intensity wind_direction wind_speed rain_accumulation created_at updated_at measurement_time	id humidity temperature pressure carbon_oxide nitrogen_dioxide dust_PM2_5 dust_PM10 dust_PM1 sulfur_dioxide hydrogen_sulfide max_wind_speed rain_intensity wind_direction wind_speed rain_accumulation created_at updated_at measurement_time	id humidity temperature pressure carbon_oxide nitrogen_dioxide dust_PM2_5 dust_PM10 dust_PM1 sulfur_dioxide hydrogen_sulfide max_wind_speed rain_intensity wind_direction wind_speed rain_accumulation created_at updated_at measurement_time	id sensor_id timestamp_start timestamp_end humidity temperature pressure carbon_oxide nitrogen_dioxide dust_PM2_5 dust_PM10 dust_PM1 sulfur_dioxide hydrogen_sulfide max_wind_speed rain_intensity wind_direction wind_speed rain_accumulation humidity_ratio temperature_ratio pressure_ratio carbon_oxide_ratio nitrogen_dioxide_ratio dust_PM2_5_ratio dust_PM10_ratio dust_PM1_ratio sulfur_dioxide_ratio hydrogen_sulfide_ratio max_wind_speed_ratio rain_intensity_ratio wind_direction_ratio wind_speed_ratio rain_accumulation_ratio interval_avg_time is_20m is_daily is_monthly is_yearly deleted_at created_at updated_at

Рис. 6. Таблиці даних, пов'язані зі станціями Vaisala

freshair-production - 91.228.56.30:3306	
Databases	
freshair	
Tables	
data_eco_city_1755	16K
failed_jobs	16K
migrations	16K
password_reset_tokens	16K
personal_access_tokens	16K
split_measurement_ua171	32K
station1748	32K
station1753	32K
station1756	32K
station_T3950713	270M
station_T3950716	259M
station_V0440346	26M
users	48K
vaisala_api_log	2.5M
vaisala_splits	39M
Views	
Indexes	
Procedures	
Triggers	
Events	
Users	
Administer	
System Info	

Рис. 7. Об'єм даних у таблицях

tem			nitroge dust			hydroge x_			n_i wind_nd n_			measurement_time						
id	hum	pure	carbon	n_dioxi	_PM	t_P	sulfur_	n_sulfid	nd	nsi	en		acc					
	idity	ture	oxide	2_5	10	M1	dioxide	e	nd	nsi	en	acc	created_at	updated_at				
872871	36.7	23.1	101610.0	0.0204	0.0003	9.9	88.7	4.7	0.0007	-0.0002	4.2	0.0	1139.4	1.4	0.0	11.10.2023 9:14	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:08
872870	37.1	22.9	101610.0	0.0205	0.0003	9.9	88.7	4.7	0.0007	-0.0002	4.2	0.0	109.2	1.4	0.0	11.10.2023 9:14	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:07
872869	37.4	22.8	101620.0	0.0207	0.0003	9.9	88.7	4.7	0.0007	-0.0001	4.2	0.0	107.3	1.4	0.0	11.10.2023 9:14	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:06
872868	38.1	22.7	101620.0	0.0205	0.0003	9.9	88.7	4.7	0.0007	-0.0001	4.2	0.0	107.4	1.5	0.0	11.10.2023 9:14	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:05
872867	37.5	22.6	101620.0	0.0208	0.0003	9.9	88.7	4.7	0.0007	-0.0001	4.2	0.0	107.6	1.5	0.0	11.10.2023 9:14	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:04
872866	38.2	22.4	101620.0	0.0207	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	4.2	0.0	107.4	1.3	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:03
872865	38.1	22.4	101620.0	0.0208	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	109.7	1.2	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:02
872864	39.2	22.4	101620.0	0.0209	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	109.7	1.2	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:01
872863	39.4	22.4	101620.0	0.0209	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	113.3	1.2	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 8:00
872862	38.9	22.4	101620.0	0.0212	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	112.8	1.2	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 7:59
872861	38.5	22.4	101620.0	0.0213	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	112.5	1.3	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 7:58
872860	38.5	22.4	101620.0	0.0214	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	113.7	1.4	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 7:57
872859	39.3	22.3	101620.0	0.0214	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	111.8	1.4	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 7:56
872858	39.4	22.3	101620.0	0.0214	0.0003	10.1	63.4	5.0	0.0008	-0.0001	3.4	0.0	107.6	1.5	0.0	11.10.2023 9:13	11.10.2023 9:15	25.09.2023 7:55

Рис. 8. Таблиця даних станції Т3950716

PropertiesER Diagram

freshair-productionDatabasesfreshairTablesvaisala_api_log

vaissala api_logEnter a SQL expression to filter results (see Ctrl+Space)

	id	station id	air sensor id	rec status	rec error message	date start	date end	created at	updated at
1	4040346	AQTS-05-V0641076		success	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:16:08	2023-10-10 09:16:08
2	301018	V0440346	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:15:04	2023-10-10 09:15:04
3	301017	T3950176	WXKTS-03-T3940844	success	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:15:04	2023-10-10 09:15:04
4	301016	T3950176	WXKTS-03-T3940844	success	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:14:00	2023-10-10 09:14:00
5	301015	T3950176	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:14:00	2023-10-10 09:14:00
6	301014	T3950176	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:12:52	2023-10-10 09:12:52
7	301013	T3950173	WXKTS-03-T421081	success	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:12:52	2023-10-10 09:12:52
8	301012	T3950173	WXKTS-03-T421081	processing	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:11:45	2023-10-10 09:11:45
9	301011	T3950173	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:11:45	2023-10-10 09:11:45
10	301010	T3950173	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-09-18 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-10-10 09:10:43	2023-10-10 09:10:43
11	950	V0440346	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:15:32	2023-09-21 04:15:32
12	949	V0440346	AQTS-05-V0641076	processing	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:14:27	2023-09-21 04:14:27
13	948	T3950174	WXKTS-03-T3940844	success	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:14:26	2023-09-21 04:14:26
14	947	T3950176	WXKTS-03-T3940844	processing	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:13:01	2023-09-21 04:13:01
15	946	T3950176	AQTS-05-T4240744	success	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:13:01	2023-09-21 04:13:01
16	945	T3950176	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:11:55	2023-09-21 04:11:55
17	944	T3950173	WXKTS-03-T421081	processing	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:11:55	2023-09-21 04:11:55
18	943	T3950173	WXKTS-03-T421081	processing	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:10:28	2023-09-21 04:10:28
19	940	V0440346	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:06:26	2023-09-21 04:06:26
20	939	V0440346	AQTS-05-V0641076	processing	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:05:18	2023-09-21 04:05:18
21	938	T3950176	WXKTS-03-T3940844	success	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:05:18	2023-09-21 04:05:18
22	937	T3950176	WXKTS-03-T3940844	processing	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:03:51	2023-09-21 04:03:51
23	936	T3950176	AQTS-05-T4240744	success	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:03:51	2023-09-21 04:03:51
24	935	T3950176	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:02:43	2023-09-21 04:02:43
25	934	T3950173	WXKTS-03-T421081	processing	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:02:43	2023-09-21 04:02:43
26	933	T3950173	WXKTS-03-T421081	processing	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 04:01:11	2023-09-21 04:01:11
27	932	T3950173	AQTS-05-T4240744	success	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:01:11	2023-09-21 04:01:11
28	931	T3950173	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-09-11 08:00:33	2023-09-18 08:00:33	2023-09-21 04:00:01	2023-09-21 04:00:01
29	930	V0440346	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:56:11	2023-09-21 03:56:11
30	929	V0440346	AQTS-05-V0641076	processing	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:55:05	2023-09-21 03:55:05
31	928	T3950176	WXKTS-03-T3940844	success	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:55:05	2023-09-21 03:55:05
32	927	T3950176	WXKTS-03-T3940844	processing	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:53:38	2023-09-21 03:53:38
33	926	T3950176	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:53:38	2023-09-21 03:53:38
34	925	T3950176	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:52:29	2023-09-21 03:52:29
35	924	T3950173	WXKTS-03-T421081	success	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:52:29	2023-09-21 03:52:29
36	923	T3950173	WXKTS-03-T421081	processing	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:51:06	2023-09-21 03:51:06
37	922	T3950173	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-08-28 08:00:33	2023-09-04 08:00:33	2023-09-21 03:51:06	2023-09-21 03:51:06
38	921	T3950173	AQTS-05-T4240744	processing	(NULL)	2023-09-04 08:00:33	2023-09-11 08:00:33	2023-09-21 03:50:02	2023-09-21 03:50:02
39	920	V0440346	AQTS-05-V0641076	success	(NULL)	2023-08-21 08:00:33	2023-08-28 08:00:33	2023-09-21 03:46:23	2023-09-21 03:46:23
40	919	V0440346	AQTS-05-V0641076	processing	(NULL)	2023-08-21 08:00:33	2023-08-28 08:00:33	2023-09-21 03:45:16	2023-09-21 03:45:16
41	918	T3950176	WXKTS-03-T3940844	success	(NULL)	2023-08-21 08:00:33	2023-08-28 08:00:33	2023-09-21 03:45:16	2023-09-21 03:45:16
42	917	T3950176	WXKTS-03-T3940844	processing	(NULL)	2023-08-21 08:00:33	2023-08-28 08:00:33	2023-09-21 03:43:51	2023-09-21 03:43:51
43	916	T3950176	AQTS-05-T4240744	success	(NULL)	2023-08-21 08:00:33	2023-08-28 08:00:33	2023-09-21 03:43:51	2023-09-21 03:43:51

Refresh

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

SQL

Рис. 9. Таблица даних vaisala api log

Для зручного керування процесом завантаження та ведення статистики оброблених пакетів від станцій Vaisala додано таблицю `vaisala_api_log`, у якій зберігаються дані про початок і кінець завантаження даних зі станцій.

На віртуальній машині VPS працює операційна система Ubuntu, у якій на основі утиліти cron запускаються дві фонові команди, одна – кожні 10 хвилин, а інша – кожні 20 хвилин. Перша команда завантажує дані зі станцій Vaisala через vaisala-api та зберігає їх у базі даних у таблицях типу station_T3950716. Дані про початок і завершення роботи команди завантаження записуються в таблиці vaisala_api_log. Інша команда перераховує значення з таблиць станцій із дискретизацією в 1 хвилину, де вони перебувають після завантаження, у таблицю vaisala_splits із дискретизацією у 20 хвилин, денною та річною.

Загальну структуру роботи сервера наведено на рис. 10.

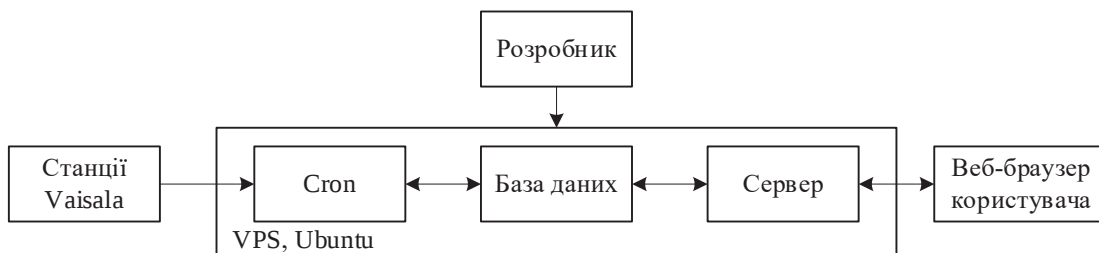


Рис. 10. Структурна схема роботи серверу

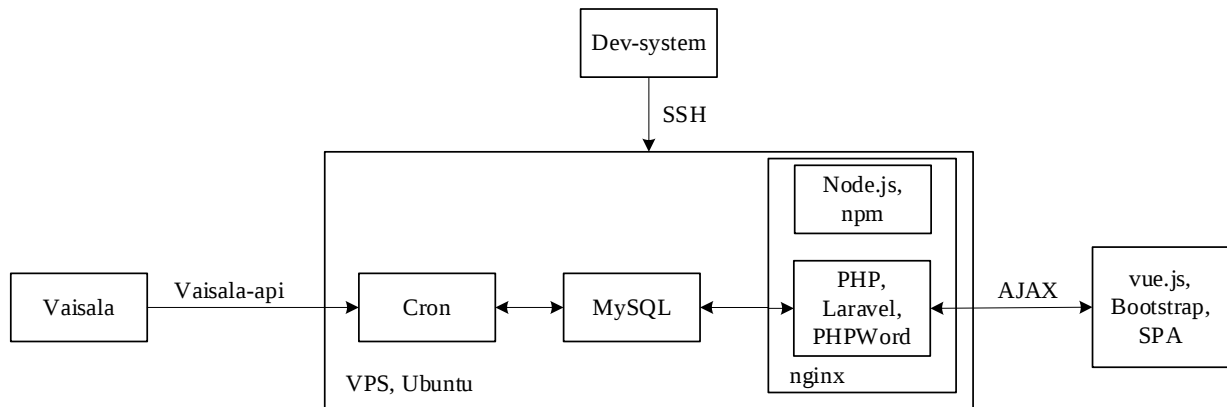


Рис. 11. Структурна схема використаних технологій на сервері

Розробник має змогу отримати доступ до керування сервером за допомогою різних технологій, у тому числі SSH.

SSH (Secure Shell) – це протокол забезпеченого мережевого з'єднання, який дає змогу захищено здійснювати віддалений доступ до комп'ютерів і передавати дані через незахищені мережі, такі як Інтернет. SSH шифрує з'єднання, а також надає автентифікацію та ідентифікацію користувачів, що робить його ідеальним для віддаленого адміністрування серверів і безпечної передачі файлів.

Використання цієї технології дає змогу адмініструвати сервер, оновлювати встановлені бібліотеки та застосунки, працювати з базою даних (для чого потрібне окреме підключення до бази даних і використання клієнта для роботи з нею, яким у цьому випадку є DBeaver). Також за SSH здійснюється керування компіляцією файлів front-end у Node.js та npm. Завдяки компіляції файлів користувацького інтерфейсу можна оптимізувати роботу клієнтської частини інформаційної системи.

Сервер nginx слухає 80 і 443 порти, під час отримання запитів визначається їх тип, якщо запити ініціалізовані, то вони обробляються Laravel та користувачу надсилається вебсторінка з технологією SPA, яка побудована на основі vue.js та bootstrap з елементами керування та цільовим вмістом, або бінарний DOCX файл, створений PHPWord, якщо запити отримано від не зареєстрованого користувача, то він отримує форму входу в систему. Сторінки оновлюються за технологією AJAX.

SPA (односторінкова програма) – це тип вебдодатка, який взаємодіє з користувачем, завантажуючи лише одну HTML-сторінку під час початкового завантаження та пізніше динамічно оновлюючи вміст сторінки без перезавантаження. Цей підхід зазвичай базується на використанні JavaScript і вебсервісів, які обмінюються даними із сервером.

SPA може покращити швидкість та реактивність вебдодатків, зменшити потребу в передаванні даних між сервером і клієнтом, а також дозволити створювати більш інтерактивні додатки. Проте важливо правильно управляти маршрутизацією та пам'яттю браузера, щоб уникнути можливих проблем з продуктивністю та SEO.

Код проекту розміщений на VPS сервері, а також у закритому репозиторії GitHub [20], дані для підключення до якого розміщено в Project credentials.

Загальний код інформаційної системи перебуває в корені проекту.

Код PHP для cron розміщено в теці app/Console/Commands.

Код у файлі DeleteOldMeasurementData.php видаляє «сирі» дані в таблицях даних станцій. SetVaisala20mSplits.php та інші файли, що містять слово splits, проводять відповідну обробку «сирих» даних, усереднюючи їх за відповідний проміжок, у цьому випадку відбувається усереднення за 20 хвилин, також є денне, місячне усереднення. VaisalaApi.php дає змогу завантажити «сирі» дані зі станцій у базу даних. Завдяки register.php можна додавати нових користувачів із доступом до підключення до створеного сервера.

Код, що розміщений за адресою app/Repositories/Stations та в теці StationsWithRawData, є моделлю рядка таблиці даних, за яким здійснюється обробка «сирих» даних.

Компільовані файли інтерфейсу користувача, що надсилаються у веббраузер користувача, та вихідні матеріали інтерфейсу розміщено в теці frontend.

The screenshot shows the GitHub repository page for 'EcoKremCity'. The repository is private and has 125 commits. The file structure is as follows:

File	Commit Message	Commit Date
app	XLSX report request limits	1 hour ago
bootstrap	init commit	5 months ago
config	config date start vaisala	last month
database	email to login change	2 weeks ago
documentation	VaisalaSplits + documentation	2 months ago
frontend	XLSX report request limits	1 hour ago
public	init commit	5 months ago
reports	First type report update	1 hour ago
resources/Views	init commit	5 months ago
routes	code fix	last month
storage	init commit	5 months ago
tests	init commit	5 months ago
tools/php-cs-fixer	vendor gitignore	4 months ago
.editorconfig	init commit	5 months ago
.env.example	20 min split fix	3 months ago
.gitattributes	init commit	5 months ago
.gitignore	vendor gitignore	4 months ago
README.md	Split fix	4 months ago
artisan	init commit	5 months ago
composer.json	Vaisala tables restructuring	2 months ago
composer.lock	Vaisala tables restructuring	2 months ago
docker-compose.yml	CSV validation	5 months ago
package-lock.json	Navigation	4 months ago
package.json	Navigation	4 months ago
phpunit.xml	init commit	5 months ago

Рис. 12. Вміст проекту в GitHub

The screenshot shows the GitHub repository page for 'EcoKremCity' in the 'app / Console / Commands' directory. The repository is private and has 125 commits. The file structure is as follows:

File	Commit Message	Commit Date
..		
DeleteOldMeasurementData.php	code fix	last month
MakeReport.php	code fix	last month
SetVaisala20mSplits.php	Vaisala-daily-splits	5 days ago
SetVaisalaDailySplits.php	Vaisala-daily-splits	5 days ago
UploadCsv.php	code fix	last month
VaisalaApi.php	First type report update	1 hour ago
register.php	Expression fix	2 weeks ago
set20msplits.php	code fix	last month
setannuallysplits.php	code fix	last month
setdailysplits.php	code fix	last month
setmonthlysplits.php	code fix	last month

Рис. 13. Файли команд для cron

The screenshot shows the GitHub repository page for 'EcoKremCity' in the 'app / Repositories / Stations' directory. The repository is private and has 125 commits. The file structure is as follows:

File	Commit Message	Commit Date
..		
StationsWithRawData	Vaisala-daily-splits	5 days ago
StationsWithSplitData	code fix	last month
StationBaseRepository.php	code fix	last month
VaisalaSplitsRepository.php	Vaisala-daily-splits	5 days ago

Рис. 14. Код обробки даних

EcoKremCity / frontend /  Add file ...

GerGuus · XLSX report request limits 3aa8187 · 1 hour ago History

Name	Last commit message	Last commit date
..		
public	description and useless variable fix	2 weeks ago
src	XLSX report request limits	1 hour ago
.browserslistrc	init commit	5 months ago
.env.example	env.example	last month
.eslintrc.js	init commit	5 months ago
.gitignore	init commit	5 months ago
README.md	init commit	5 months ago
app.config.js	Charts (fix needed)	3 months ago
babel.config.js	init commit	5 months ago
jsconfig.json	init commit	5 months ago
package-lock.json	Charts (fix needed)	3 months ago
package.json	Charts (fix needed)	3 months ago
vue.config.js	add daily charts	4 months ago

Рис. 15. Матеріали front-end

Висновки

Під час виконання дослідження було досягнуто мети з розробки та впровадження інформаційної системи з автоматичного збору, накопичення, структурування даних зі станцій Vaisala й автоматизованого формування звітних відомостей про стан атмосферного повітря.

За результатами аналізу вебресурсів, що надають дані про стан атмосферного повітря та є у відкритому доступі, виявлено, що наразі відсутнє відкрите рішення для автоматизованого формування звітів про якість повітря у текстовому форматі. У деяких ресурсів наявний функціонал для завантаження набору знятих усереднених даних у стандартизованих одиницях виміру чи перерахованих на власні індекси якості повітря.

Мети дослідження досягнуто за допомогою реалізації інформаційної системи, що базується на ОС Ubuntu, сервері Nginx, системі керування базами даних MySQL, мові PHP з фреймворками PHPWord та Laravel, бібліотеками JavaScript Vue.js, Bootstrap і мережових технологіях vaisala_api, SPA, AJAX. Сервер модифіковано для обробки великого об'єму даних зі станцій Vaisala, для яких створені окремі таблиці для вивантаження «сирих» даних і таблиця для перерахунку хвилиних показів у 20-хвилинні, денні, місячні та річні.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше створено метод автоматизованого генерування звітів, що базується на збиранні, обробці та записі даних від станцій Vaisala у базу даних SQL за допомогою сгон-команд через Vaisala API.

У подальших дослідженнях буде розроблено метод формування звітів про кількість перевищень встановлених нормативів маркерів атмосферного повітря за постановою №827, що дасть змогу інтегрувати його в розроблену інформаційну систему та підвищити автоматизацію звітування в комунальному підприємстві.

Література

1. DOAJ. Directory Of Open Access Journals. URL: <https://doaj.org/> (дата звернення: 23.10.2023).
2. ScienceDirect. Search for peer-reviewed journal articles and book chapters (including open access content). URL: <https://www.sciencedirect.com/> (дата звернення: 23.10.2023).
3. Crossref. Search the metadata of journal articles, books, standards, datasets & more. URL: <https://search.crossref.org/> (дата звернення: 23.10.2023).
4. Google Scholar. URL: <https://scholar.google.com/> (дата звернення: 23.10.2023).
5. DuckDuckGo. URL: <https://duckduckgo.com/> (дата звернення: 23.10.2023).
6. RisÅ, Denmark Air Pollution: Real-time Air Quality Index. aqicn.org. URL: <https://aqicn.org/city/denmark/riso/> (дата звернення: 23.10.2023).
7. The World's Most Accurate Air Quality Data – BreezoMeter. Custom Map Tools & Products – Google Maps Platform. URL: <https://www.breezometer.com/air-quality-map/pollen> (дата звернення: 23.10.2023).
8. AirNow.gov. URL: <https://www.airnow.gov/?city=Washington&state=DC&country=USA> (дата звернення: 23.10.2023).
9. Washington, DC Air Quality Index | AccuWeather. URL: <https://www.accuweather.com/en/us/washington/20006/air-quality-index/327659> (дата звернення: 23.10.2023).
10. High-performance, Cheap, and Stable VDS/VPS Powered by KVM and SSD NVMe. Zomro.com. URL: <https://zomro.com/vds> (дата звернення: 23.10.2023).

11. nginx news. URL: <https://nginx.org/> (дата звернення: 23.10.2023).
12. MySQL. URL: <https://www.mysql.com/> (дата звернення: 23.10.2023).
13. PHP: Hypertext Preprocessor. URL: <https://www.php.net/> (дата звернення: 23.10.2023).
14. Laravel – The PHP Framework For Web Artisans. URL: <https://laravel.com/> (дата звернення: 23.10.2023).
15. PHPWord. GitHub Pages. URL: <https://phpoffice.github.io/PHPWord/> (дата звернення: 23.10.2023).
16. DBeaver Community | Free Universal Database Tool. URL: <https://dbeaver.io/> (дата звернення: 23.10.2023).
17. Node.js. URL: <https://nodejs.org> (дата звернення: 23.10.2023).
18. Vue.js – The Progressive JavaScript Framework. URL: <https://vuejs.org/> (дата звернення: 23.10.2023).
19. Bootstrap. Bootstrap The most popular HTML, CSS, and JS library in the world. URL: <https://getbootstrap.com/> (дата звернення: 23.10.2023).
20. EcoKremCity. URL: <https://github.com/EcoKremCity/EcoKremCity> (дата звернення: 23.10.2023).

References

1. DOAJ. *Directory Of Open Access Journals*. Retrieved from: <https://doaj.org/> [in English].
2. ScienceDirect. *Search for peer-reviewed journal articles and book chapters (including open access content)*. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/> [in English].
3. Crossref. *Search the metadata of journal articles, books, standards, datasets & more*. Retrieved from: <https://search.crossref.org/> [in English].
4. Google Scholar. Retrieved from: <https://scholar.google.com/> [in English].
5. DuckDuckGo. Retrieved from: <https://duckduckgo.com/> [in English].
6. RisÅ, Denmark Air Pollution: Real-time Air Quality Index. *aqicn.org*. Retrieved from: <https://aqicn.org/city/denmark/riso/> [in English].
7. The World's Most Accurate Air Quality Data – BreezoMeter. *Custom Map Tools & Products – Google Maps Platform*. Retrieved from: <https://www.breezometer.com/air-quality-map/pollen> [in English].
8. AirNow.gov. Retrieved from: <https://www.airnow.gov/?city=Washington&state=DC&country=USA> [in English].
9. Washington, DC Air Quality Index | AccuWeather. Retrieved from: <https://www.accuweather.com/en/us/washington/20006/air-quality-index/327659> [in English].
10. High-performance, Cheap, and Stable VDS/VPS Powered by KVM and SSD NVMe. *Zomro.com*. Retrieved from: <https://zomro.com/vds> [in English].
11. nginx news. Retrieved from: <https://nginx.org/> [in English].
12. MySQL. Retrieved from: <https://www.mysql.com/> [in English].
13. PHP: Hypertext Preprocessor. Retrieved from: <https://www.php.net/> [in English].
14. Laravel – The PHP Framework For Web Artisans. Retrieved from: <https://laravel.com/> [in English].
15. PHPWord. GitHub Pages. Retrieved from: <https://phpoffice.github.io/PHPWord/> [in English].
16. DBeaver Community | Free Universal Database Tool. Retrieved from: <https://dbeaver.io/> [in English].
17. Node.js. Retrieved from: <https://nodejs.org> [in English].
18. Vue.js – The Progressive JavaScript Framework. Retrieved from: <https://vuejs.org/> [in English].
19. Bootstrap. Bootstrap The most popular HTML, CSS, and JS library in the world. Retrieved from: <https://getbootstrap.com/> [in English].
20. EcoKremCity. Retrieved from: <https://github.com/EcoKremCity/EcoKremCity> [in English].