МІНІСТЕРСТВО ФІНАНСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ПОДАТКОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ФІНАНСІВ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:
РОЗРОБКА ВЕБСИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ

Здобувача вищої освіти другого (магістерського) рівня,
ІІ курсу, групи КМІз-24-1, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
освітня програма «Інформаційні управляючі системи і технології в економіці»

_____ Ніжегородцева Владислава Олександровича
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник _____ Філоненко Михайло Миколайович, канд.фіз-мат. наук, доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Керівник освітньо-професійної програми _____ Омельчук Антон Анатолійович, к.техн. наук
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту за рішенням кафедри протокол від «09» січня 2026 № 11

Завідувач кафедри _____ Філоненко Михайло Миколайович, канд.фіз-мат. наук, доцент
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Ірпінь – 2026

Реєстрація № 7 16.01.2026 (дата) (підпис відповідальної особи)

Результати перевірки до захисту (до захисту, на доопрацювання) 09.01.2026 (дата) (підпис)

Результат захисту 5 (відмінно) (оцінка) 11.02.2026 (дата) (підпис)

Голова комісії: (підпис) О.С. Дюбанов

Члени комісії: (підпис) А.Ю. Горбовий

(підпис) М.М. Філоненко

(підпис) І.Д. Погорєловська

БЛАНК ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Об'єкти контролю	Діапазон оцінки вбалах	Фактична кількість балів	Примітки	Дата, П.І.Б.: керівника, голови комісії членів комісії,секретаря,
ОЦІНЮВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ КОМІСІЄЮ ПО ЗАХИСТУ				
1. Зміст кваліфікаційної роботи (якість теоретичного матеріалу, його зв'язок з практичним, вміння представляти матеріал в логічній послідовності, наявність висновків та пропозицій)	від 0 до 30	29		11.02.2026 Дюбанов О.С. Горбовий А.Ю.
2. Дотримання вимог щодо оформлення	від 0 до 10	10		Філоненко М.М.
3. Вчасне виконання роботи на всіх етапах у встановлені кафедрою терміни	від 0 до 5	5		Погорєловська І.Д. Суховецька Л.П.
4. Рецензент	від 0 до 5	5		
РАЗОМ БАЛІВ	від 0 до 50	49		

Оцінювання кваліфікаційної роботи науковим керівником - 48 балів.

ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЗА 100-БАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100- бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національноюшкалою	Дата	П.І.Б.: голови, членів комісії, секретаря,
97	A	5	11.02.2026	Дюбанов О.С. Горбовий А.Ю. Філоненко М.М. Погорєловська І.Д. Суховецька Л.П.

ПРАВИЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ ОЦІНОК ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ШКАЛИ ТА ШКАЛИ ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
80-89	B	4 (добре)
70-79	C	
60-69	D	3 (задовільно)
50-59	E	
35-49	FX	2 (незадовільно)

Факультет фінансів та цифрових технологій
Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма «Інформаційні управляючі системи і технології в економіці»

Затверджую
Завідувач кафедри _____ Філоненко М.М.
«11» грудня 2024

Завдання на кваліфікаційну роботу
здобувачу вищої освіти
Ніжегородцеву Владиславу Олександровичу

1. **Тема кваліфікаційної роботи**: Розробка вебсистеми для моніторингу комунальних витрат.

Затверджена наказом ректора від «10» грудня 2024 № 1852.

2. Строк здачі закінченої роботи «09» січня 2026.

3. **Мета роботи:** створення та програмна реалізації функціональної, зручної та надійної вебсистеми, яка забезпечить кінцевим користувачам ефективний інструмент для збору, візуалізації, аналізу та контролю їхніх витрат на комунальні послуги з метою підвищення фінансової грамотності та стимулювання енергоефективності.

Об'єкт дослідження: процес управління та контролю індивідуального споживання та фінансових витрат на комунальні послуги в умовах індивідуального домогосподарства.

Предмет дослідження: модель та алгоритми програмної реалізації вебсистеми, спрямовані на ефективний збір, обробку, візуалізацію та аналіз даних про комунальне споживання.

Орієнтовна база дослідження: вебсистема трекеру моніторингу комунальних витрат, мережа смарт-камер у ключових точках квартири де знаходяться лічильники обліку послуг.

4. **Вихідні дані до роботи**: дані моніторингових сум споживання комунальних ресурсів за допомогою отриманих зображень з вебкамер.

5. **Перелік графічного матеріалу**: рисунки, таблиці, лістинг кодів які розміщені в додатках.

6. **Зміст кваліфікаційної роботи:**

Розділ 1. Цифрова трансформація систем обліку і контролю споживача в контексті надання якісних житлово-комунальних послуг.

Розділ 2. Програмні рішення з реалізації вебсистеми моніторингу комунальних витрат.

Аналіз існуючих програмних комплексів та вебсервісів з моніторингу житлово-комунальним послуг. Проектування основних кроків власної сучасної моніторингової системи комунальних послуг.

Розділ 3. Реалізація розробки програмного забезпечення вебсистеми моніторингу комунальних витрат.

Модульне проектування компонентів системи вебсистеми на основі технічного завдання. Програмна реалізація функціоналу системи архітектури серверної частини (Backend) та бази даних вебсистеми. Аналіз недоліків реалізації системи з розпізнавання отриманих результатів.

7. Календарний план виконання роботи

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційноїроботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	Фактично
1	Вибір теми, підбір літературних джерел, ормування структури кваліфікаційної роботи	До 15.12.2024	До 15.12.2024
2	**І розділ** (розкрити сутність і стан дослідження аукової проблематики роботи, після чого навести її агальну характеристику; огляд літератури за темою і ибір конкретних напрямів досліджень)	26.05.2025	26.05.2025
3	**ІІ розділ** (аналіз експериментальної частини бо методики досліджень)	02.09.2025	02.09.2025
4	**ІІІ розділ** (проведені теоретичні і (або) експериментальні дослідження та проектні рішення)	24.11.2025	24.11.2025
5	**Висновки**	08.12.2025	08.12.2025
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень наукового керівника	02.01.2025	02.11.2025
7	Отримання відгуку керівника	02.02.2026	02.02.2026
8	Отримання зовнішньої рецензії	05.02.2026	05.02.2026

8. Дата видачі завдання «11» грудня 2024

9. Керівник кваліфікаційної роботи _____ Філоненко М.М.

10. Гарант освітньо-професійної програми _____ Омельчук А.А.

11. Завдання до виконання отримав здобувач вищої освіти _____ Ніжегородцев В.О.

АНОТАЦІЯ

Розробка вебсистеми для моніторингу комунальних витрат

В умовах зростання вартості комунальних послуг ефективний моніторинг витрат стає критично важливим для пересічних громадян. Сучасні вебсистеми з моніторингу комунальних витрат відображають технологічні потреби та дозволять користувачам візуалізувати та аналізувати свої щомісячні витрати, контролювати споживання ресурсів у реальному часі, порівнювати власне споживання з середніми показниками або попередніми періодами, стимулюючи до енергоефективності.

Мета роботи полягає у створенні та програмній реалізації функціональної, зручної та надійної вебсистеми, яка забезпечить кінцевим користувачам ефективний інструмент для збору, візуалізації, аналізу та контролю їхніх витрат на комунальні послуги.

Об’єкт дослідження: процес управління та контролю індивідуального споживання та фінансових витрат на комунальні послуги в умовах індивідуального домогосподарства.

Предмет дослідження: модель та алгоритми програмної реалізації вебсистеми, спрямовані на ефективний збір, обробку, візуалізацію та аналіз даних про комунальне споживання.

У роботі використано методи системного аналізу, проведено аналіз літературних джерел та порівняння існуючих методів обліку та моніторингу комунальних витрат в Україні.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці та теоретичному обґрунтуванні архітектури інтегрованої вебсистеми моніторингу комунальних витрат, яка забезпечує уніфіковане представлення різнорідних даних, спрямованих на коригування та споживання комунальних витрат з метою оптимізації бюджету.

Практичне значення. Розроблено функціональний програмний продукт - вебсистему, яка реалізована як програмний комплекс, що дозволяє здійснювати автоматичний розрахунок з отриманих зображень з вебкамер та проводити моніторинг сум споживання комунальних ресурсів з метою оптимізації бюджету.

Кваліфікаційна робота викладена на 61 сторінках, містить вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел із 44 найменувань та 17 додатків.

Ключові слова: вебсистема, комунальні послуги, моніторинг комунальних витрат, розпізнавання, споживання, цифрова трансформація.

Рік виконання кваліфікаційної роботи: 2025.

Рік захисту роботи: 2026.

ABSTRACT

Development of the web system for utility costs monitoring

In the preconditions of increasing utility costs, effective monitoring of costs becomes critically important for ordinary citizens. Modern web systems for monitoring utility costs reflect technological needs and allow users to visualize and analyze their monthly expenses, control resource consumption in real time, compare their own consumption with averages or previous periods, stimulating energy efficiency.

The purpose of the work is to create and programmatically implement a functional, convenient and reliable web system that will provide end users with an effective tool for collecting, visualizing, analyzing and controlling their utility costs.

Object of research: the process of managing and controlling individual consumption and financial costs for utility services in an individual household.

Subject of research: model and algorithms for implementation of a web system aimed at effective collection, processing, visualization and analysis of utility consumption data.

The work uses systems analysis methods, analyzes literary sources and compares existing methods of accounting and monitoring of utility costs in Ukraine.

The scientific novelty of the obtained results lies in the development and theoretical substantiation of the architecture of the integrated web system for monitoring utility costs, which provides the unified presentation of heterogeneous data aimed at adjusting and consuming utility costs in order to optimize the budget.

Practical significance. A functional software product has been developed - the web system, which is implemented as the software complex that allows automatic calculation from images received from webcams and monitoring the amounts of utility resource consumption in order to optimize the budget.

The qualification work is presented on 61 pages, contains an introduction, three sections, conclusions, a list of sources consisting of 44 names and 17 appendices.

Keywords: web system, utilities, utility cost monitoring, recognition, consumption, digital transformation.

Year of completion of the qualification work: 2025.

Year of defense of the work: 2026.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ 3
ВСТУП 4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУЧАСНОГО МОНІТОРИНГУ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ 8
1.1.Цифрова трансформація систем обліку і контролю споживача в контексті надання якісних житлово-комунальних послуг 8
1.2.Аналіз цифрових моніторингових програм контролю комунальних витрат в Україні 12
1.3.Аналіз сучасних інтелектуальних систем цифрового вимірювання споживання ... 17
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ З РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ 23
2.1. Аналіз існуючих програмних комплексів та вебсервісів з моніторингу житлово-комунальним послуг 23
2.2. Проектування основних кроків власної сучасної моніторингової системи комунальних послуг 29
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕБСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ 37
3.1. Модульне проектування компонентів системи вебсистеми на основі технічного завдання 37
3.2. Програмна реалізація функціоналу системи архітектури серверної частини (Backend) та бази даних вебсистеми 43
3.3. Аналіз недоліків реалізації системи з розпізнавання отриманих результатів 49
ВИСНОВКИ 55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 57
ДОДАТКИ 63

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

API -	Application Programming Interface
APScheduler -	Advanced Python Scheduler
CRM -	Customer Relationship Management
IoT -	Internet of Things
LoRaWAN -	Long Range Wide-Area Networks
OSPanel -	Open Server Panel
RSS -	Really Simple Syndication
АСКОЕ -	автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів
ЖКГ -	житлово-комунальне господарство
ЖКП -	житлово-комунальні послуги
ІС -	інформаційна система
ОП -	обчислювальні пристрої
ОСББ -	об'єднання співвласників багатоквартирного будинку
ПЗ -	програмне забезпечення
СОКП -	система обліку та контролю комунальних послуг
ТЗ -	технічне завдання
УСО -	універсальна система обліку
ЦОД -	центрами обробки даних, дата-центрами

ВСТУП

Актуальність теми. Рівень інформатизації і прогресу в області інформаційних технологій в Україні постійно підвищується. Сучасне суспільство активно переходить до цифрових рішень у всіх сферах життя. Розробка та створення нових інформаційних систем з моніторингу комунальних витрат дозволило б здійснювати уніфікацію даних з різних джерел (постачальники послуг, лічильники) в єдиний, зручний інтерфейс, замінюючи паперові квитанції та численні окремі сайти.

В умовах зростання вартості комунальних послуг (газове опалення, електроенергія, водопостачання) ефективний моніторинг витрат стає критично важливим для пересічних громадян. Сучасні вебсистеми **з** моніторингу комунальних витрат обумовлені економічними ключовими факторами, що відображають суспільні та технологічні потреби та дозволяють користувачам візуалізувати та аналізувати свої щомісячні витрати, контролювати споживання ресурсів у реальному часі, порівнювати власне споживання з середніми показниками або попередніми періодами, стимулюючи до енергоефективності. Реалізація вебформату таких систем дозволяє забезпечити доступ до моніторингової інформації та зводить до мінімізації ручного введення даних на автоматичне формування звітів, що стимулює споживача комунальних послуг до ощадливості та до реалізації енергоощадних звичок та технологій, сприяючи загальній енергоефективності країни.

Стан і ступінь розробки проблеми в спеціальній літературі. У наукових працях сучасних українських та зарубіжних дослідників багато аспектів проаналізовано з питань обліку комунальних платежів, різноманітних підходів у побудові цифрового моніторингу комунальних витрат та їх платежів але частково дослідження лише носять теоретичний характер та не беруться до уваги особливості розкриття їх програмної реалізації.

Метою даної кваліфікаційної роботи є створення та програмна реалізації функціональної, зручної та надійної вебсистеми, яка забезпечить кінцевим користувачам ефективний інструмент для збору, візуалізації, аналізу та

контролю їхніх витрат на комунальні послуги з метою підвищення фінансової грамотності та стимулювання енергоефективності.

Для досягнення мети було поставлено такі **завдання**:

– провести аналіз предметної області шляхом дослідження існуючих методів обліку та моніторингу комунальних витрат в Україні;

– проаналізувати ключові функції, необхідні для ефективного контролю витрат (введення показників, перегляд графіків, порівняння періодів, розрахунок, тощо);

– визначити оптимальні інструменти реалізації вебсистем з моніторингу комунальних витрат;

– імплементувати механізми обліку показників та створити модуль аналізу звітів з динаміки споживання;

– розробити back-end частину та реалізувати API та бізнес-логіку системи, що включає функції авторизації користувачів і обробку вхідних даних та розрахунок фактичних витрат згідно з діючими тарифами;

– оцінити результат та відповідність ефективності впровадженого підходу з метою подальшої реалізації вебсистеми з моніторингу комунальних витрат.

Об'єктом дослідження є процес управління та контролю індивідуального споживання та фінансових витрат на комунальні послуги в умовах індивідуального домогосподарства.

Предметом дослідження є модель та алгоритми програмної реалізації вебсистеми, спрямовані на ефективний збір, обробку, візуалізацію та аналіз даних про комунальне споживання.

Методи дослідження є аналіз літературних джерел, системний аналіз, аналіз і порівняння існуючих методів обліку та моніторингу комунальних витрат в Україні.

База досліджень вебсистема трекеру моніторингу комунальних витрат, мережа смарт-камер у ключових точках квартири де знаходяться лічильники обліку послуг.

Науково-практична значимість одержаних результатів роботи полягає розробці та теоретичному обґрунтуванні архітектури інтегрованої вебсистеми моніторингу комунальних витрат, яка забезпечує уніфіковане представлення різнорідних даних, спрямованих на коригування та споживання комунальних витрат з метою оптимізації бюджету.

Практична значимість роботи полягає безпосередній корисності та можливості впровадженню результатів роботи для різних категорій користувачів: пенсіонерів, людей з обмеженими можливостями, заощадливих громадян, які зможуть знизити свої комунальні витрати шляхом точного моніторингу за допомогою розгортання мережі смарт-камер у ключових точках квартири де знаходяться лічильники обліку послуг: лічильник води, газу та електроенергії з можливістю здійснення комфортного автоматичного збору показників лічильників з важкодоступних місць домогосподарства.

Особистий внесок здобувача представлено у розробці та тестуванні back-end частини вебсистеми, що включає функції авторизації користувачів і обробку вхідних даних за допомогою рушія Tesseract OCR на платформі хмарного середовища Replit та у здійсненні реалізації програмного коду мовою Python.

За результатами тестування вебсистеми трекеру комунальних послуг (Utility Tracker) була проведена оцінка результатів та відповідності ефективності впровадженого підходу до реалізації здійснення подальшого моніторингу комунальних витрат за допомогою вебсистеми, а також було сформовано рекомендації для поліпшення розпізнавання та підвищення точності зчитування показників лічильників.

Результатом даної кваліфікаційної роботи є функціональний програмний продукт - вебсистема, яка реалізована як інформаційний комплекс, що дозволяє здійснювати автоматичний розрахунок з отриманих зображень з вебкамер та проводити моніторинг сум споживання комунальних ресурсів з метою оптимізації бюджету.

Апробація результатів роботи здійснювалась шляхом публікації у 2х

фахових виданнях категорія «Б» - Віснику східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 5 (285) 2024 року та у Віснику східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 2 (288) 2025 року; на науково-практичних конференціях: міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Економіка і бізнес: нові реалії, технологічні тренди, цифрові інновації» (15 травня 2025 р., Львів-Ірпінь) (додаток П); на XV міжнародній науково-практичній конференції «Трансформація фіскальної політики в умовах євроінтеграції» (22 листопада 2024 року, м. Ірпінь) (додаток Р); у матеріалах VII Міжнародної конференції «Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України» (14 листопада 2024 року, м. Київ) (додаток Н); у матеріалах V Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні економічні, фінансові та правові питання в умовах євроінтеграції та глобальної конкуренції» (27 березня 2025 року, м. Ірпінь) (додаток С); у результатах V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Ресурсне-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» (20–21 лютого 2025 року, м. Полтава) (додаток М); участю в II Міжнародній науково-практичній студентській конференції «IT-простір сьогодення: тенденції, інновації та перспективи розвитку» (15 жовтня 2025 року м. Харків) (додаток Т); проходженням курсу «Машинне навчання» через платформу масових відкритих онлайн-курсів Prometheus (сертифікат від 30.03.2025) (Додаток Л) та успішним закінченням освітнього серіалу «Оплата комуналки онлайн» # С0074405035 через платформу онлайн-курсів «Дія» від Міністерства цифрової трансформації України. (сертифікат від 29.12.2024 - 0,1 ЄКТС) (Додаток К).

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУЧАСНОГО МОНІТОРИНГУ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ

1.1. Цифрова трансформація систем обліку і контролю споживача в контексті надання якісних житлово-комунальних послуг

Сучасне якісне функціонування житлово-комунального господарства (ЖКГ) неможливе без надання якісних житлово-комунальних послуг (ЖКП), а в умовах стрімких технологічних змін, урбанізації та зростаючих екологічних викликів, вимоги до якості цих послуг постійно зростають, спонукаючи до пошуку інноваційних рішень та переосмислення традиційних підходів.

Сучасні науковці, наразі, не враховують проблем і потреби у автоматизації моніторингу, тому дослідження показують, що наукові видання частково носять теоретичний характер та не беруть до уваги особливості дистанційного управління, а важливими залишаються питання щодо вибору відповідних програм та інструментів моніторингу [18, с. 106].

До дослідників, які аналізували моніторинг показники ефективності використання житлово-комунальних послуг можна віднести праці: В. Гельмана, О. Бачинської, М. Ведернікова та інших; вивченням питань з обліку комунальних платежів в Україні розкрито фахівцями: Н. Алексєєвою, Д. Левицьким, Н. Хорунжак та іншими; впровадженню інформаційних систем в сферу житлово-комунального господарства відображено в дослідженнях М. Александрової, Д. Ігнатова, А. Морі, О. Непомнящого, В. Тітяєва та інших.

Незважаючи на значні дослідження з даної тематики, мало дослідженим залишаються питання удосконалення інформаційних систем на основі новітніх технічних досягнень в області житлово-комунальних послуг.

Сучасний споживач комунальних послуг стає більш вимогливим і поінформованим, очікуючи не просто наявності послуг, а їхньої надійності, ефективності, прозорості та клієнтоорієнтованості. Це означає не лише безперебійне водопостачання чи опалення, а й оперативне реагування на аварії, справедливе та зрозуміле нарахування платежів, доступ до актуальної інформації

та можливість впливати на якість сервісу.

Одним із ключових аспектів сучасного надання якісних комунальних послуг є цифрова трансформація в комплексі моніторингу комунальних витрат та їх платежів.

Облік комунальних платежів в такому форматі має ряд особливостей, адже точність рахунків за використані комунальні послуги виписуються на підставі показників лічильників, які реєструють обсяги споживання різних витрат [4, с. 18].

Впровадження «розумних» лічильників, автоматизованих систем обліку та моніторингу дозволяє на сьогодні збирати дані в реальному часі, виявляти витоки та аномалії, оптимізувати споживання ресурсів та мінімізувати втрати. Це не лише веде до економії для споживачів, а й дозволяє підвищити ефективність роботи самих комунальних підприємств, сприяючи їм раціональніше планувати свою діяльність та інвестувати у модернізацію інфраструктури.

Управління галуззю житлово-комунального господарства відмічає необхідність впровадження стандартів якості та сертифікації, але на сучасному рівні розвитку підприємств житлово-комунального сектору економіки відсутні дієві механізми належного застосування та контролю за якістю наданих послуг [30, с. 233].

Мобільні додатки та веб-портали стають невід'ємною частиною взаємодії, спрощуючи передачу показників, оплату рахунків, подачу заявок на ремонт та отримання консультацій. Сучасні системи моніторингу стають більш відкритими для громадськості, дозволяючи мешканцям контролювати своє споживання та розуміти, за що саме вони платять.

Системою обліку і контролю споживача часто асоціюють систему, яка повинна працювати з параметрами кількості спожитих послуг та характеристиками, дані з сенсорів про кількість і якість послуг, що використані, можуть заноситися в пам’ять контролера сенсорів, з якої вони можуть тільки зчитуватися в комп’ютер споживача і в комп’ютер виробника, а зниження вартості досягається шляхом створення багатоканальної системи з одним

вимірювально-обчислювальним ядром [2, с. 76-77].

Формування ОСББ (об'єднань співвласників багатоквартирного будинку) та активна участь мешканців у прийнятті рішень щодо управління своїм житлом є ще одним важливим кроком до підвищення якості ЖКП, адже дозволяє безпосередньо впливати на вибір підрядників, контроль за виконанням робіт та розподіл коштів.

В системах автоматизованого обліку з'являється можливість моніторингу і оптимізації споживання послуг, що надаються комунальними закладами. Більшість сервісів по автоматизації систем обліку та нарахування комунальних платежів не мають жорсткого зв'язку з самим об'єктом автоматизації. Це тягне за собою такі недоліки:

– відсутність можливості моніторингу споживання комунальних послуг кожного жителя будинку;

– відсутність можливості передачі даних про споживання послуг без участі мешканця будинку [36, с. 1194].

Аналізуючи існуючі інтернет-сервіси в галузі об’єднання співвласників багатоквартирного будинку, можна звернути увагу на наступні переваги:

– вони не вимагають установку на комп'ютер, а для доступу до сервісів досить наявність підключення до Інтернет;

– база даних сервісів створена в онлайн-системі, зберігається на сервері в спеціалізованому датацентрі і є надійно захищеною від втрат та гарантує їх конфіденційність;

– інтернет-сервіс менш вимогливий до ресурсів комп'ютера, оскільки всі складні обчислення відбуваються на стороні сервера [14, с. 1191].

На шляху до сучасного надання якісних ЖКП стоять значні виклики. Це і застаріла інфраструктура, що потребує колосальних інвестицій, і висока вартість впровадження нових технологій, і необхідність подолання бюрократичних перешкод та корупції, і низький рівень довіри до постачальників послуг.

Сучасні системи контролю і обліку комунальних послуг складаються з набору контрольно-вимірювальних приладів, ліній зв’язку (мереж передачі

даних), комп’ютера і програмного забезпечення, які підключені в єдину систему для передачі даних про споживані абонентами енергоносії напряму постачальниками енергоресурсів. В комплекті яких передбачені: маршрутизатор, комутатор, модем GSM/GPRS-USB та програмне забезпечення [10, с. 108].

Сучасне надання якісних житлово-комунальних послуг – це не просто технічне питання, а комплексний виклик, який вимагає поєднання технологічних інновацій, ефективного управління, прозорості та активної участі громадян.

Сучасні технології розвиваються як автономні системи, які можуть виконувати всі необхідні процеси самостійно. На сучасному ринку існує багато різних мікроконтролерів для відстежування моніторингових показників з різною структурою та можливостями, тому розуміння концепцій, пов'язаних з мікроконтролерами є дуже важливим для вибору найкращого обладнання [41].

Надійний контроль енерговитрат за рахунок автоматизованих систем контролю і обліку енергоресурсів (АСКОЕ) здатний забезпечити комерційний і технічний облік, оперативний контроль поточного навантаження, комерційний облік і оперативний контроль споживання енергоносіїв, підтримку прийняття рішень при плануванні енергоспоживання і вироблення енергозберігаючої політики [10, с. 107].

Впровадження систем моніторингу допомагає вчасно виявляти проблеми та адекватно на них відреагувати, не допускати дестабілізацію бізнес-процесів та діяльності підприємства в цілому [18, с. 110].

Так, шлях до створення комфортного, безпечного та сталого міського середовища, де кожен мешканець почувається захищеним і має доступ до базових благ цивілізації на найвищому рівні може бути досягнутим лише спільними зусиллями держави, бізнесу та громади можна досягти цієї амбітної, але цілком реалістичної мети.

1.2. Аналіз цифрових моніторингових програм контролю комунальних витрат в Україні

Сучасна ресурсна ефективність та сталий розвиток стають ключовими пріоритетами, а моніторинг комунальних витрат перестає бути лише технічним завданням і перетворюється на важливий соціально-економічний інструмент.

В нашій державі вже діє система, що дозволяє здійснювати оплату за комунальні послуги онлайн, яка розроблена на основі постанови № 1380 «Про утворення міжвідомчої робочої групи з питань створення єдиної інформаційно-аналітичної системи з надання житлово-комунальних послуг «Простір житлово-комунальних послуг» Кабінет Міністрів України [5].

Проведений аналіз якості наданих житлово-комунальних послуг свідчить про недостатній рівень відповідності якості послуг, з одного боку, міжнародним і вітчизняним стандартам та нормативам якості, й з іншого боку, потребам вітчизняних споживачів.

Традиційні системи обліку, що базувалися на ручному зборі показників та паперових квитанціях, були джерелом численних проблем: неточностей, затримок, непрозорості нарахувань і, як наслідок, недовіри між споживачами та постачальниками послуг.

В Україні, однойменною компанією-розробником «Універсальна Система Обліку» (УСО), що покликана автоматизувати всі види обліку на підприємстві; вже презентовано готові CRM-системи, які можуть застосовується в будь-якій сфері діяльності на будь-якому підприємстві через популярні канали розсилки: Viber, sms, e-mail; вже синхронізувана ПЗ з камерами відеонагляду та гарантує відсутність виникнення помилок [32].

Ключовим аспектом щодо візуалізації та доступності до підвищення прозорості за допомогою інформаційних технологій можуть стати динамічні веб-портали та мобільні додатки. Саме на основі простих інтерфейсів для споживачів вони дозволять у будь-який момент переглянути своє поточне та минуле споживання, розрахувати витрати у грошовому еквіваленті, порівняти їх з

попередніми періодами або середніми показниками.

На даний час в Україні вже існують програмні забезпечення з метою переходу підприємства до режиму автоматизації, в описі яких в програмне забезпечення інтегровані такі функції як розрахування та нарахування квитанцій. ПЗ не просто самостійно вираховує заборгованості, але й формує квитанції абонентів (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Функціональні можливості програми для моніторингу комунальних послуг

Джерело: [32].

Сучасні інформаційні технології надають споживачам не просто інформацію, а стають інструментами активного контролю та впливу. Коли громадянин бачить своє споживання у реальному часі, він може коригувати свою поведінку: усвідомивши, що пікове споживання електроенергії відбувається в певний час, споживач може перенести використання енергоємних приладів на інший період, зменшивши навантаження на мережу і, можливо, власні витрати. Це перетворює пасивного споживача на свідомого учасника процесу енергозбереження.

Сучасні існуючі програмні комплекси для моніторингу комунальних послуг можуть займатися і кадрами, їх обліком, аналізом динаміки їх продуктивності (рис. 1.2).

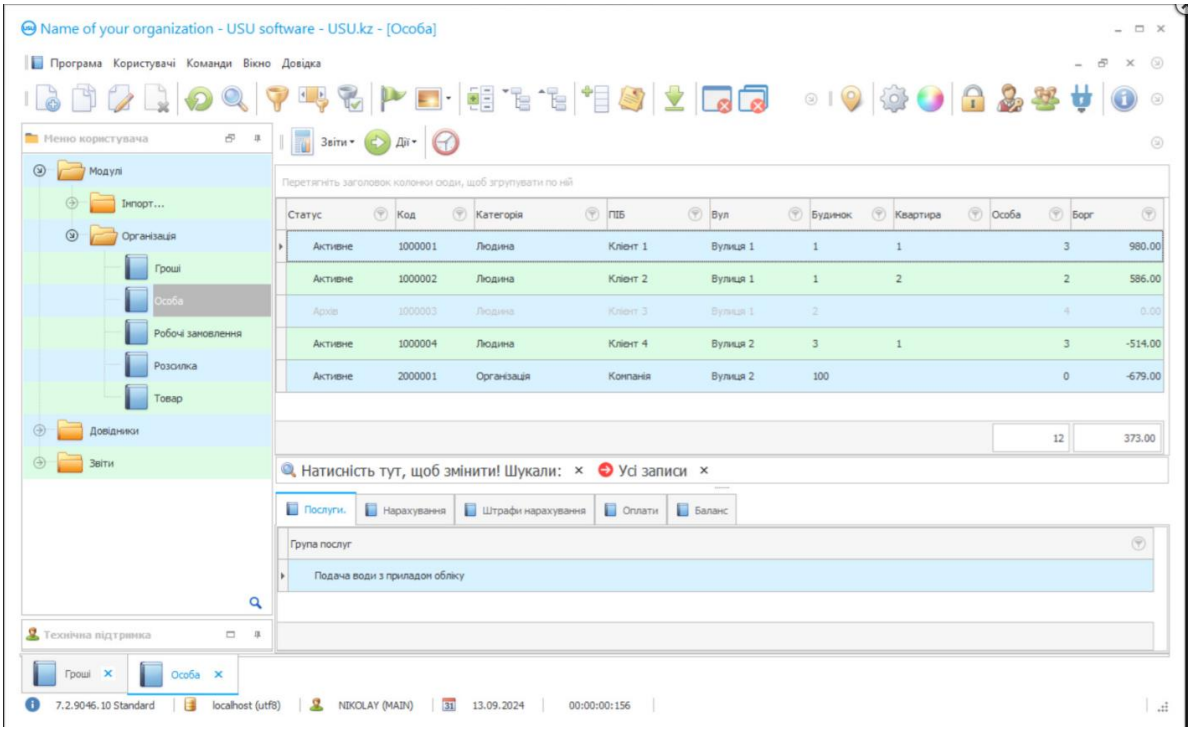


Рис. 1.2. Приклад програми для обліку комунальних послуг

Джерело: [32; 37].

Графіки та діаграми з таких програмних додатків дозволяють зробити складні дані зрозумілими та наочними, а можливість налаштування сповіщень (наприклад, про перевищення встановленого ліміту споживання або виявлення аномалії) дозволить споживачеві використовувати інструменти для активного контролю.

Одним з проривів в області застосування сучасного інструментарію для цифрового контролю стають мережі Інтернету речей (IoT): (LoRaWAN, NB-IoT, Zigbee та інші), які здатні забезпечувати надійну, енергоефективну та масштабовану передачу даних від лічильників до центральних серверів. Вони дозволяють об'єднати в єдину мережу мільйони пристроїв, що раніше були ізольованими.

Моніторити інформацію про свої ресурси та отримувати докладні звіти для ухвалення обґрунтованих рішень допомагає сучасна моніторингова система Jooby RDC, яка оптимізує керування ресурсами та підвищує ефективність споживання (рис. 1.3).

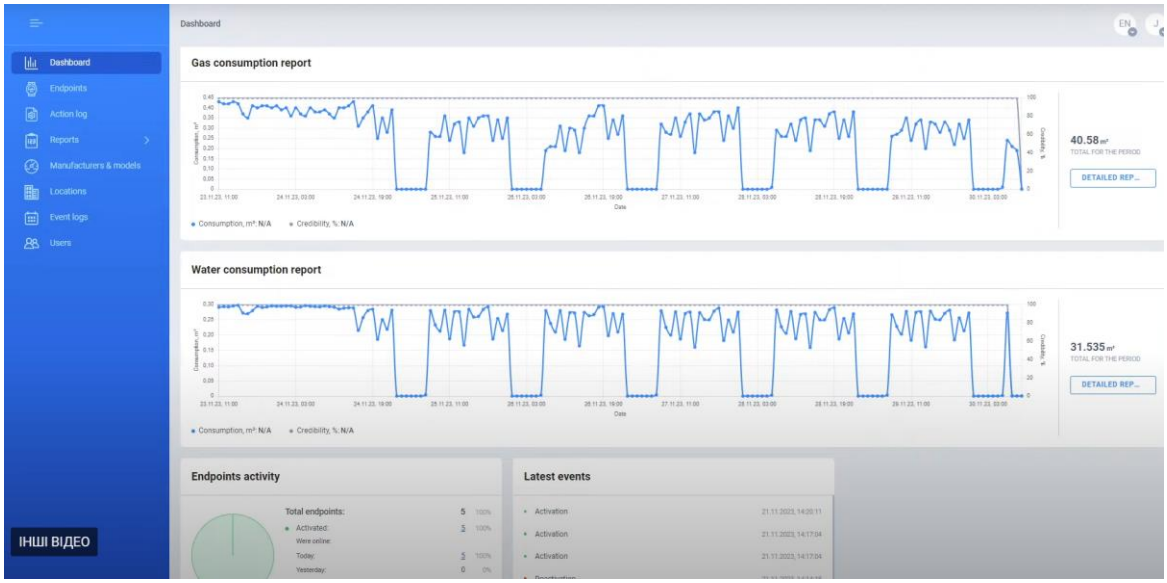


Рис. 1.3. Демонстрація Jooby RDC у запуску моніторингу даних про споживання ресурсів

Наступною віхою в даному напрямі є хмарні обчислення, до яких відносять зберігання та обробка величезних обсягів даних, які надають хмарні платформи (AWS, Azure, Google Cloud). Це дозволяє комунальним підприємствам не інвестувати колосальні кошти у власні дата-центри, а використовувати масштабовані хмарні ресурси за потребою.

Глобальним проривом в модернізації моніторингу комунальних витрат наразі є аналітичні платформи та машинне навчання. Зібрані дані, хоч і цінні, самі по собі не гарантують прозорості та контролю. Їх необхідно аналізувати. Складні алгоритми машинного навчання та аналітики Big Data. Вони дозволяють виявляти аномалії (стрибки споживання, що можуть свідчити про витоки, несправності обладнання або навіть несанкціоновані підключення); прогнозувати майбутнє споживання та оцінювати потенційні витрати (на основі даних та зовнішніх факторів: температура повітря, час доби, пори року); визначати неефективні процеси (ділянки мереж або будівлі, де відбуваються найбільші втрати тепла чи води), тощо.

Зокрема, на основі точних даних з лічильників сучасні інформаційні системи здатні автоматично генерувати рахунки, деталізувати звіти: інформацію про тарифи, розбивку споживання за періодами та навіть рекомендації щодо

економії та інше.

На базі «розумних» лічильників обліку електроенергії, промислових контролерів, спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення власного виробництва наразі створюються і автоматизовані системи комплексного обліку енергоресурсів – NovaSyS [1].

Подальше вдосконалення сенсорів, розширення використання штучного інтелекту для більш точного прогнозування та автоматичного управління, а також інтеграція з концепціями «розумного міста» (Smart City) де комунальні послуги є частиною єдиної взаємопов'язаної екосистеми, обіцяють ще більшу ефективність, прозорість та контроль. Можливе використання технології блокчейн для створення децентралізованих, непорушних реєстрів обліку споживання, що підвищить довіру та унеможливить маніпуляції.

Наразі багато комунальних підприємств у сфері комунального господарства часто застосовують спеціалізовані програми для автоматизації обліку, які більш уніфіковані, оскільки обчислення відбуваються на сервері виробника програми, а для роботи потрібні «легші» пристрої, такі як: планшети, недорогі комп’ютери, навіть телефони [12].

У перспективі зібрані знеособлені агреговані дані можуть бути доступні для громадськості та дослідників. Такий підхід дозволяє незалежним організаціям проводити власний аналіз ефективності комунальних послуг, виявляти загальноміські тенденції споживання та пропонувати рішення для оптимізації. Крім того, системи сучасного моніторингу комунальних витрат дозволяють спростити процес комунікації та зворотного зв'язку, залишити заявку про несправність через мобільний додаток, відстежувати її статус та оцінити якість виконаних робіт.

Незважаючи на очевидні переваги моніторинг комунальних витрат стикається з низкою викликів: висока початкова вартість обладнання та розгортання систем є значним бар'єром, особливо для країн з обмеженими бюджетами або для старих житлових фондів; безпека даних та захист приватності є критично важливими аспектами, оскільки системи збирають

чутливу інформацію про поведінку споживачів, тощо.

1.3. Аналіз сучасних інтелектуальних систем цифрового вимірювання споживання

Сучасна роль новітніх технологій у підвищенні прозорості та контролю сучасного моніторингу комунальних витрат є безперечною та фундаментальною: від інтелектуальних лічильників, що збирають детальні дані до складних аналітичних платформ, що перетворюють ці дані на цінні інсайти.

Сучасні системи безпровідного считування лічильників дозволяють вирішувати усі поставленні задачі, шляхом реалізації наступних функцій:

– безконтактний збір даних обліку енергоносіїв з лічильників електроенергії;

– дистанційний моніторинг балансу;

– наявність в апаратурі, що використовується енергонезалежної пам’яті, що фіксує всі несанкціоновані дії, спрямовані на систему збору даних;

– можливості безмежного розширення мережі опитування [10, с. 108].

Попри існуючі виклики, шлях до повної цифровізації та інтеграції є незворотнім. Це інвестиція не лише в модернізацію інфраструктури, а й у підвищення якості життя, довіри між суспільством та комунальним сектором.

Для визначення рентабельних коефіцієнтів якості необхідна розробка, виготовлення та впровадження нових лічильників. На теперішній час лічильники та інші пристрої контролю комунальних послуг використовують цифрові методи вимірювання [27].

Використання аналогових лічильників протягом останніх десятиріч супроводжувалося фізичним відвідування абонентів контролерами. Для компаній-постачальників ресурсу ці процеси були і є тривалими й трудомісткими, а з появою Інтернету речей розширилася можливість обліку та вимірювань в одній комплексній інфраструктурі в реальному часі [9].

Процес моніторингу включає кілька основних етапів: збір даних, обробка даних, контроль нормативів та тарифів, візуалізація даних – інформування, оптимізація споживання, інтеграція з сучасними технологіями - контроль якості

послуг. Традиційні лічильники (механічні водоміри, індукційні електролічильники) вимірюють обсяг спожитого ресурсу, але не здатні до автоматичної передачі даних.

Перспективними наразі залишаються напрями з розробки та впровадження автоматизованих систем моніторингу комунальних витрат, в основі яких лежить цілий спектр передових технічних рішень з наявністю первинних елементів збору даних – датчиків та лічильників. Отож, на місце традиційних аналогових засобів приходять Smart-лічильники (Smart Meters), які стали технологічним проривом з оснащеними електронними компонентами та модулями радіозв'язку. На відміну від своїх механічних попередників, вони не лише фіксують споживання ресурсів, а й автоматично передають ці дані. Це усуває потребу в ручному зборі показників, мінімізує людський фактор і, відповідно, помилки та можливості для маніпуляцій.

«Розумні» електролічильники оснащені електронними модулями для цифрового вимірювання споживання та вбудованими комунікаційними інтерфейсами. Наразі вони вже мають вбудовані датчики імпульсів або ультразвукові сенсори для точного вимірювання об'єму води та модулі для бездротової передачі даних. В їх призначення входить вимірювання споживання ($м^3$), виявлення витоків (завдяки моніторингу безперервного потоку в нічний час або аномального споживання), моніторинг температури (для гарячої води).

«Розумні» газові лічильники обліковують об'єм спожитого газу та передають дані дистанційно. В їх задачі входять вимірювання об'єму ($м^3$), виявлення витоків. На сьогодні, основою збору інформації є пристрої Інтернету речей (IoT) - «розумні» лічильники електроенергії, води, тепла, які здатні передавати їх автоматично через мережу.

Автоматизовані системи обліку і контролю енергоресурсів як потужний інструмент у руках фахівців дозволяють отримувати «з перших вуст» достовірну інформацію про енергоспоживання об’єктів обліку, її аналізу, виявлення і припинення злодійства енергоресурсів, зниження операційних витрат енергокомпаній на отримання інформації з приладів обліку.

Компанія «НІК» прийняла рішення розробляти «розумні» прилади та системи з обліку енергоресурсів: газу, води, тепла, електрики. Лічильники призначені для вимірювання показників з електронним показуваним пристроєм з радіоінтерфейсом (рис. 1.4).



а) б) в)

Рис. 1.4. Приклади лічильників з електронним пристроєм та радіоінтерфейсом: а) лічильник електроенергії; б) лічильник води; в) лічильник газу

Джерело: [1].

Такі пристрої мають модулі зв’язку - GSM, Wi-Fi, LoRaWAN, NB-IoT, ZigBee, які дозволяють надсилати показники без участі людини. Установлення таких лічильників дає змогу отримувати дані щогодини, а іноді й щохвилини, що створює умови для глибокого аналізу споживання.

Дана система являє собою багаторівневу систему для автоматизованого збору інформації з приладів обліку. На нижньому рівні встановлюється центральний сервер зі стандартною СУБД (MS SQL, Postgres) і програмний комплекс NovaSyS Enterprise. Організовується доступ до бази даних АСКОЕ з боку клієнтських робочих місць.

Ще один з цікавих сервісів, на нашу думку, є розробка компанії Jooby RDC Dashboard - сервіс для збирання й оброблення даних про споживання всіх типів ресурсів і статус приладів. Він дає змогу ресурсній компанії, ОСББ, керівній компанії чи підприємству своєчасно отримувати точні дані про споживання всіх типів ресурсів і статус приладів. Прилади Jooby автоматично зчитують і передають показники з лічильників у систему обліку через бездротову мережу LoRaWAN. Усі дані про споживання ресурсів доступні в Jooby RDC Dashboard у

вигляді звітів про витрати води, газу, тепла та електроенергії (рис. 5).

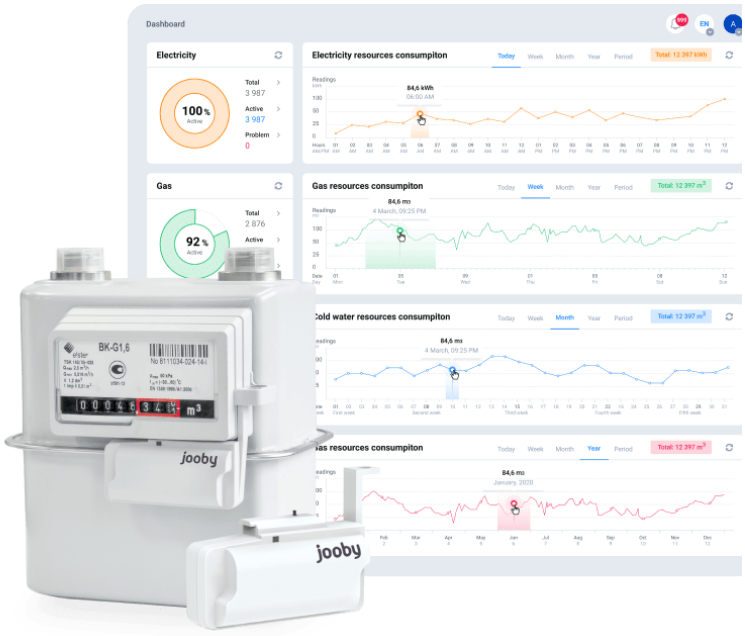


Рис. 1.5. Приклади процес оброблення показників та прийняття рішення на основі точних даних

Джерело: [8].

Дані, зібрані з тисяч, а то й мільйонів лічильників, утворюють величезні масиви інформації – Big Data, що вимагає залучення потужного інструменту для зберігання та обробки величезних обсягів даних.

Розумні лічильники можуть збирати інформацію з високою частотою (щогодини або навіть частіше), надаючи детальний профіль споживання. Ця деталізація є першим кроком до прозорості, дозволяючи споживачам і постачальникам бачити, коли і скільки ресурсів було використано.

Ще одним з цікавих рішень, на нашу думку, є застосування радіомережі LoRaWAN (Long Range Wide-Area Networks) - енергоефективної мережі широкого радіуса дії (LPWAN), розробленої для підключення пристроїв і сенсорів IoT дозволяє використовувати автоматизовану систему обліку ресурсів на основі системи Jooby RDC Demo Kit. У набір входять базова станція, універсальний імпульсний радіомодуль, кабель для під’єднання лічильника з імпульсним виходом, радіомодуль для лічильника газу Elster, лічильник води з магнітним зчитувачем Baylan KK-1 та кабель для лічильника з магнітним

зчитувачем. Автоматично знімаються показники лічильника й відправляються їх у систему обліку через бездротову мережу LoRaWAN [8].

Сучасні Smart-лічильники можуть мати вбудовані датчики витоків (для води), перевантажень або спроб несанкціонованого втручання, підвищуючи безпеку системи. Дані про споживання (щогодинні, щоденні) надсилаються автоматично, усуваючи необхідність ручного знімання показників. Це забезпечує оперативність та точність. Деякі лічильники дозволяють не лише зчитувати дані, а й дистанційно керувати подачею ресурсів (наприклад, відключати боржників, що є спірним моментом з точки зору соціальної політики, але технічно можливо).

Зрозуміти принцип роботи вирішення та впевнитися в його ефективності для моніторингу та збирання даних про споживання ресурсів допомогає сучасне комплексне вирішення Jooby RDC (Remote Data Collection) (рис. 1.6). Даний комплекс охоплює радіомодулі Jooby, які фіксують інформацію про споживання ресурсів, а також Jooby RDC Dashboard - платформу, яка аналізує та контролює ці дані.

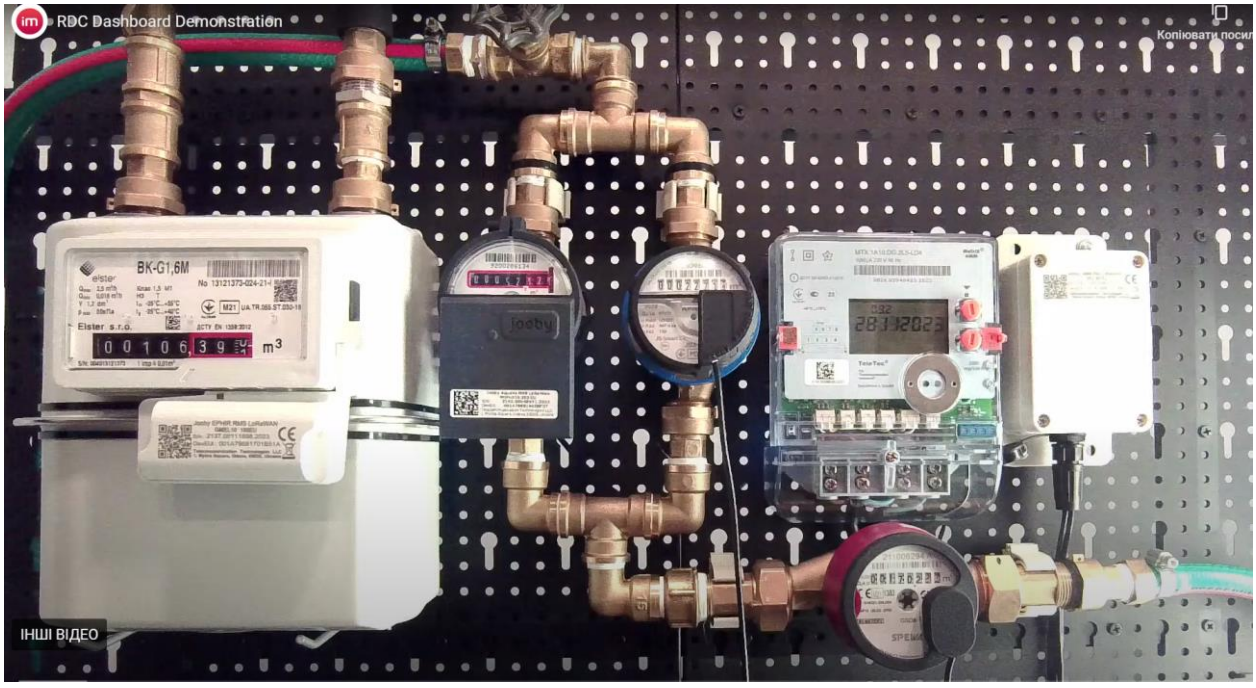


Рис. 1.6. Демонстрація Jooby RDC у збиранні даних про споживання ресурсів

Джерело: [15].

Впровадження таких систем не тільки сприяє значній економії ресурсів та

фінансових витрат, але й кардинально змінює взаємовідносини між споживачами та постачальниками послуг, роблячи їх більш довірливими та партнерськими. Споживачі отримують інструменти для усвідомленого управління своїм споживанням, а комунальні служби – дані для оптимізації мереж, оперативного реагування на аварії та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

За прогнозами, інтелектуальні системи керування допоможуть містам скоротити споживання енергії до 30%. Очікується, що у 2025 році понад 80% підприємств будуть використовувати IoT для моніторингу обладнання та попередження ламань. Важливим напрямком використання IoT стане керування постачанням води, газу та електрики. Розумні лічильники наразі дають змогу точніше відстежувати споживання ресурсів, а інтелектуальні системи керування - мінімізувати втрати при їхньому транспортуванні [31].

Подальший розвиток штучного інтелекту, квантових обчислень та нових комунікаційних технологій лише посилюватиме цю трансформацію, відкриваючи нові горизонти для моніторингу та управління комунальними витратами.

Перехід від стандартного машинного навчання до розширених областей загального штучного інтелекту роблять комп'ютер ще потужнішими, а алгоритми вирішують складніші завдання де набори даних продовжують зростати та розширюватися, нові технології дозволяють нам використовувати можливості, які раніше були поза нашими можливостями [42].

В сучасних містах до систем інженерних мереж відносять постачання електроенергії, газу, холодної та гарячої води, які складаються з основних, проміжних та термінальних вузлів та ліній зв’язку між ними якість комунальної послуги від існуючих методів відрізняється тим, що якість надання послуги оцінюється в числовому вигляді тільки у разі споживання послуги з можливістю врахування зміни параметра потоку в часі [3, с. 108].

Таким чином, сучасні моніторингові рішення у сфері комунальних витрат - це комплексні системи, що поєднують апаратне забезпечення (лічильники, датчики), комунікаційні технології та потужне програмне забезпечення для забезпечення прозорості, контролю та ефективності використання ресурсів.

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ З РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ

2.1. Аналіз існуючих програмних комплексів та вебсервісів з моніторингу житлово-комунальним послуг

Аналіз технічних рішень з моніторингу систем комунальних витрат демонструє, що сучасні технології пропонують комплексний підхід до вирішення багаторічних проблем у сфері житлово-комунального господарства. Від високоточних Smart-лічильників та ефективних мереж передачі даних до потужних аналітичних платформ та зручних користувацьких інтерфейсів – кожен компонент відіграє критичну роль у підвищенні прозорості та контролю.

Існуючі моніторингові системи стали критично важливими для забезпечення стабільної роботи як приватного, так і державного секторів великі обсяги інформації формуються щосекунди. Вони дають змогу відстежувати стан систем, обладнання, мереж, комунальних послуг та іншої інфраструктури в реальному часі.

Наразі вже існують сучасні моніторингові рішення, які умовно поділити на кілька категорій залежно від сфери застосування. Залежно від типу, системи мають різну архітектуру, інтерфейси, механізми передачі даних та інструменти аналітики (інфраструктурні, інженерні, комунальні, безпекові, екологічні та інші).

На програмно-цільовому рівні вже реалізована схема ефективного управління сферою житлово-комунальним послуг, яка сприяє скороченню експлуатаційних витрат, енерго- ресурсозбереженню, запобіганню неплатежів за послуги ЖКГ [34, с. 88].

Завдяки розвитку інформаційних технологій, на українському ринку сформувався широкий спектр програмних рішень та вебсервісів для моніторингу, що застосовуються як у державному, так і приватному секторах. Це есе має на меті проаналізувати найважливіші з них, їх функціональні можливості, переваги й обмеження.

Сучасні інформаційні системи стають інструментами для оптимізації

діяльності сфери ЖКГ, вони дозволяють не тільки автоматизувати стандартні процедури, а й оптимізувати процес управління, організувати моніторинг стану об'єктів житлово-комунального господарства, вести облік споживання енергоресурсів, забезпечувати адекватну взаємодію між їх постачальниками і споживачами [7, с. 185].

Україна має достатній потенціал для розвитку власних програмних рішень і вебсервісів моніторингу. Уже зараз існує низка успішних платформ - як локального, так і національного рівня, які забезпечують прозорий контроль комунальних витрат, екологічного стану, цифрової інфраструктури. Водночас для подальшого розвитку необхідне державне стимулювання, стандартизація даних, інтеграція з європейськими ініціативами та підтримка інновацій з боку IT-сектору.

Сучасна цифрова оплата комунальних послуг вже має доступи в великих мегаполісах через систему Portmone. Зокрема такий же сервіс мають вже потужні компанії України, як: ГК «Нафтогаз України»; YASNO (ТОВ «Київські енергетичні послуги»); ПрАТ АК «Київводоканал»; КП «Київтеплоенерго» та багатьох інших (рис. 2.1).

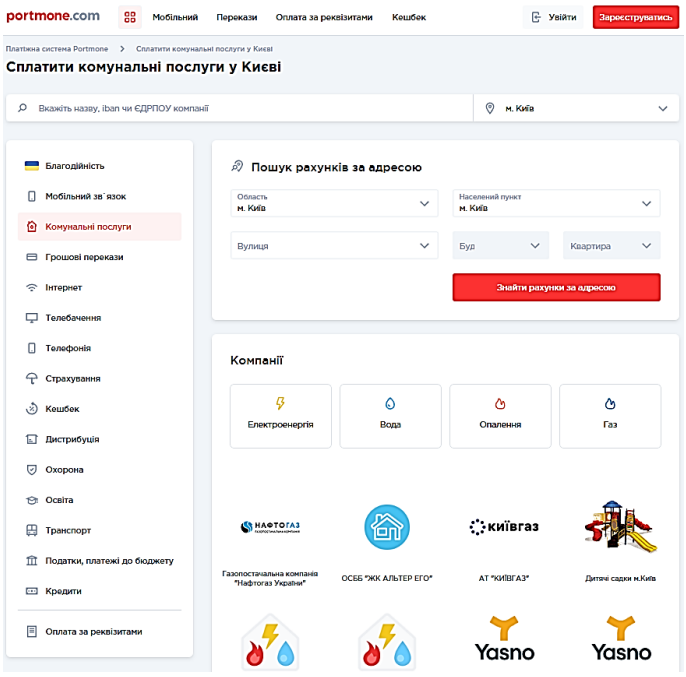


Рис. 2.1. Програма Portmone для оплати комунальних послуг

Джерело: [37].

Наразі комунальні послуги в Україні можна оплачувати через онлайн-сервіси та мобільні застосунки, а впроваджені цифрові рішення для взаємодії зі споживачами на основі створених власні веб-платформ з розширеним функціоналом для клієнтів вже використовуються фінансовими установами, технологічними компаніями через спеціалізовані мобільні застосунки для оплати комунальних послуг, банківські програми Приват24, Монобанк, Ощад24/7, які функціонують як універсальні інструменти для фінансових операцій (рис. 2.2).

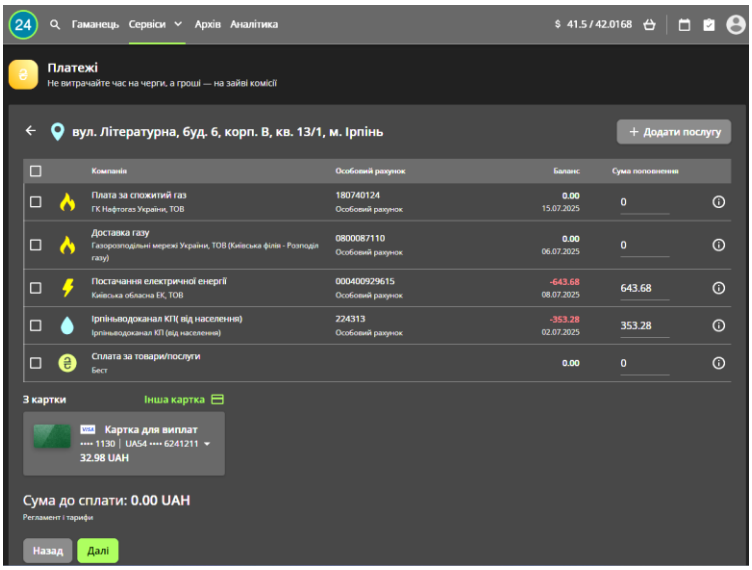


Рис. 2.2. Реалізація оплати для комунальних послуг в системі «Приват24»

Особисті кабінети на офіційних сайтах комунальних служб дозволяють передавати показники приладів обліку, відстежувати нарахування за послуги, здійснювати оплату рахунків та формувати електронні квитанції [29].

На сьогоднішній день проблема побудови інформаційних систем моніторингу комунальних послуг у ЖКГ є одним із актуальних завдань створення методичного та програмного забезпечення для розробки інформаційних систем, здатних інтегруватися в системи SmartGrid і SmartCity [39, с. 104].

Основні можливості додатку полягають у скануванні QR-коду та можливістю оплата житлово-комунальних послуг, доступною оплата бюджетних платежів, перегляду історії платежів та нарахувань та багато інших.

Передавати показники по кожному встановленому лічильнику вже можна безпосередньо підприємствам у Києві та Київській області можна безпосередньо

підприємствам при користуванні сервісом iPay.ua (рис. 2.3).

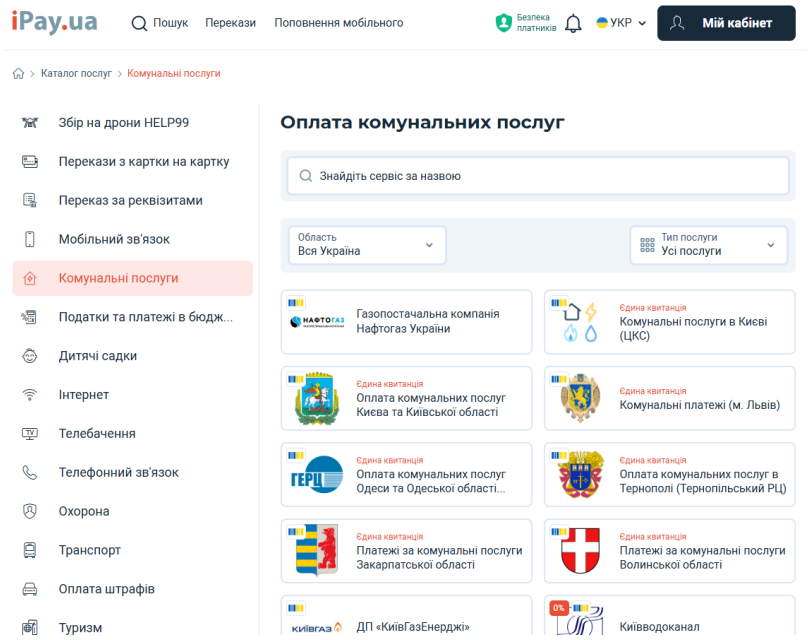


Рис. 2.3. Програма iPay для оплати споживання комунальних послуг

Джерело: [26].

Сучасні міста України: Київ, Львів, Вінниця, Дніпро впроваджують загальноміські вебпортали для моніторингу роботи комунальних служб: «Київ Цифровий» -застосунок для жителів столиці, який об’єднує функції з оплати комуналки, відстеження транспорту, повідомлень про відключення, паркування, тощо; «VinSmart» - елементи смарт-моніторингу освітлення, відеонагляду, стану доріг.

При реалізації системи збору платежів та їх моніторингу виникає маса можливостей з подальшого розширення потенціалу електронних засобів отримання даних.

Наразі комунальні платежі можна проводити і за допомогою мобільних застосунків на прикладі «Комуналка» (на платформі Google Play) вже доступні лише для проведення операцій передачі показників тільки для великих міст. Спеціалізовані сервіси «Комуналка Онлайн» та «Єдиний рахунок» працюють як агрегатори комунальних платежів з можливістю оплати за збереженими шаблонами (рис. 2.4).

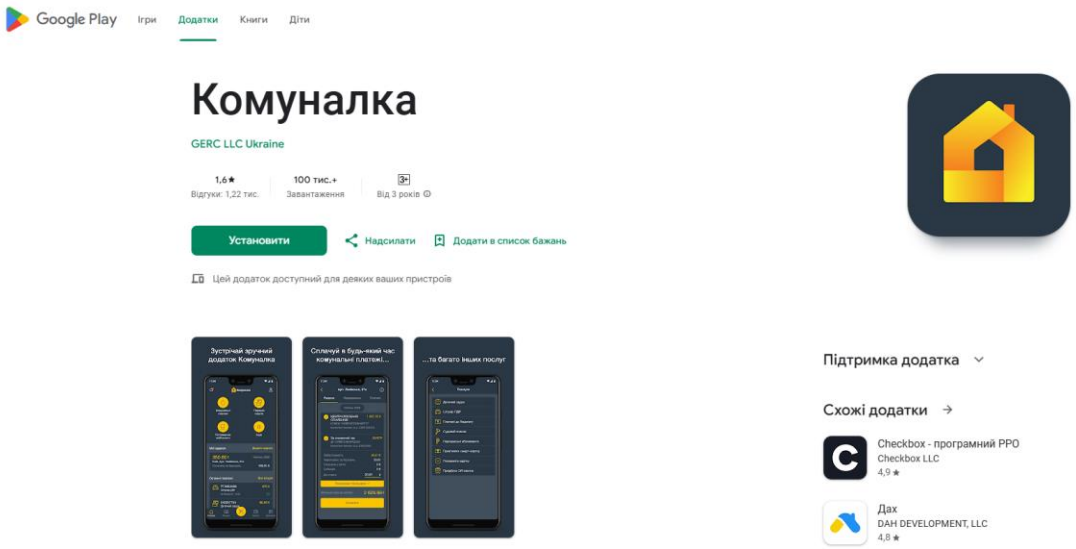


Рис. 2.4. Програма мобільного застосунку для комунальних послуг «Комуналка»

Джерело: [16].

Однією з сучасним перспектив ІКТ є інформаційні системи, які побудовані на основі «хмарних обчислень», (Cloud computing), під якими розуміється інфраструктура, призначена для забезпечення повсюдного доступу з використанням мережі Інтернет до пристроїв зберігання даних, додатків і сервісів [39, с. 104].

На нашу думку, полегшити процес моніторингу комунальних послуг та отримувати докладні звіти цілком зможе допомогти технологія RSS (Really Simple Syndication), яка передбачена для автоматизованого збору, обробки й поширення інформації з веб-ресурсів. Цінність технології полягає у стандартизованому XML-форматі, що спрощує агрегацію та дозволяє ефективно керувати інформаційними потоками [17].

Дана технологія дозволяє автоматично отримувати оновлення з вебсайтів, блогів, новинних ресурсів або інших джерел контенту у стандартизованому форматі, вона являє собою формат для надання користувачам та програмам доступу до оновлень вебсайтів у машиночитаному форматі [43].

Сучасний моніторинг та контроль комунальних витрат дозволяє не лише зберігати кошти, а й підтримувати ефективність та екологічну відповідальність у використанні енергоресурсів. Інструменти, такі як вебплатформи, вебсистеми,

мобільні додатки допомагають автоматизувати цей процес і зробити його доступним для всіх користувачів.

Для функціонування інформаційних систем повинні бути уніфіковані правила створення і ведення баз даних, що гуртуватимуться на, дані з яких повинні захищатися відповідно до Законів України про інформацію, про захист персональних даних та про державну таємницю. Серед іншого, зокрема, зазначається, що методами захисту інформації виступатимуть сертифіковані засоби, які забезпечуватимуть достовірність і цілісність інформації, унеможливлюватимуть несанкціонований доступ до неї з боку зовнішнього втручання, захищатимуть під час передачі по інформаційно-телекомунікаційних системах та забезпечуватимуть і підтримуватимуть постійний робочий режим цих систем [33].

Кросплатформені інструменти для планування фінансів і витрат дозволяють користувачам контролювати свої фінансові операції, вести облік витрат і доходів, а також планувати бюджет незалежно від пристрою чи операційної системи. Ось кілька популярних таких рішень: YNAB - (детальні бюджети, відстежування витрат в реальному часі, фокусується на методології бюджетування, яка готова уникати боргів); «PocketGuard» – (моніторить доступний баланс після вирахування всіх запланованих витрат); «Гроші» – (ведення простих бюджетів і контролю щоденних витрат), тощо. Ці інструменти надають можливість легко відстежувати фінанси, планувати витрати та досягати фінансових цілей без прив’язки до певної операційної системи чи пристрою [20].

Сучасні інструменти технології RSS дозволяють сприяти автономії, децентралізуючи розповсюдження контенту та надаючи пріоритет контролю з боку користувачів. Вони дозволяють користувачам орієнтуватися в цифровому світі, що лише посилює особистий контроль над споживанням контенту та сприяє створенню відкритого середовища [44].

Отже, кросплатформений інструмент з підтримки фінансово-економічного моніторингу може сприяти підвищенню ефективності управління фінансами та зниженню операційних ризиків [20]. Відзначимо, що деякі спеціалізовані

програми кросплатформеного вектору не потребують встановлення на комп’ютер або смартфони та використовуються як online сервіс. Зазвичай для роботи з сервісом достатньо в веб-браузері авторизуватись на сторінці сервісу.

Реалізація вебсистем для моніторингу комунальних витрат є інноваційним рішенням, яке підвищує ефективність управління ресурсами. Вони дозволяють зменшити витрати, оптимізувати споживання та зробити процес контролю прозорим і доступним. Такі системи сприяють екологічній відповідальності та зниженню навантаження на навколишнє середовище [24, с. 148].

Україна стоїть на шляху формування ефективної цифрової екосистеми, де моніторингові системи можуть відігравати ключову роль у підвищенні якості послуг, екологічної відповідальності та прозорості взаємодії між громадянами й органами влади.

2.2. Проектування основних кроків власної сучасної моніторингової системи комунальних послуг

Для якісного моніторингу комунальних послуг необхідне створення надійної цифрової інфраструктури, що базується на трьох ключових компонентах: сенсорах збору даних, мережевих технологіях передачі інформації та серверних системах для її обробки.

В сучасних умовах господарювання використання цифрових та інформаційних технологій в управлінні підприємством виступає об'єктивною необхідністю як система інструментів контролю господарської діяльності, підвищення рентабельності, а головним призначенням - побудова інформаційного простору [6, с. 180].

Інформаційні системи в сфері ЖКГ дозволяють вести облік споживання тепло-, водо- та енергоресурсів, організувати контроль за станом об'єктів, забезпечити взаємодію між учасниками ресурсів за допомогою мобільних додатків чи вебплатформ, спеціалізованих компаній чи комунальних служб. Моніторинг наразі розглядається не тільки як інформаційно-оціночна система, а як оціночна, аналітична, прогностична й управлінська опція.

Використання візуальних цифрових стереотипів у формуванні споживчих очікувань виступає як прямий діджитал маркетинг [21]. Система збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу, може використовувати різноманітні реалізації та мають змогу приймати необхідні потоки даних, в залежності від датчиків – приймачів інформації.

Впровадження системи управлінням будинком за допомогою засобів мережі Інтернет дозволяє впровадити технічну можливість віддаленого доступу власників до інформаційної системи та дасть змогу оптимізувати їх основні елементи, дозволить економити, контролювати, планувати та раціонально розподіляти кошти мешканців на утримання житла. Використання такої програми дозволить створити єдиний інформаційний ресурс житлово-комунального господарства міста на основі «хмарних» технологій [19, с. 11-12].

У сучасному світі, де технології все більше інтегруються в повсякденне життя, оптимізація та автоматизація комунальних послуг стає не просто бажаною, а необхідною. Одним із перспективних напрямків є створення власної сучасної моніторингової системи комунальних послуг, яка використовує можливості смарт-камер та Wi-Fi. Такий підхід дозволяє значно підвищити ефективність управління ресурсами, зменшити витрати, покращити якість обслуговування та забезпечити прозорість для споживачів.

Основна ідея проекту нашого дослідження полягала у розгортанні мережі смарт-камер у ключових точках квартири де знаходяться лічильники обліку послуг: лічильник води, газу та електроенергії. Ці камери, оснащені функціями комп'ютерного зору та здатністю передавати дані через Wi-Fi, можуть виконувати низку важливих завдань.

Завдання збору моніторингових показників сформувалося як особиста потреба у комфортному здійсненні автоматичного збору показників лічильників. Замість ручного обходу та зняття показників, смарт-камери надають можливість розпізнавати цифри на екранах лічильників і миттєво передавати ці дані до централізованої системи. Це значно прискорює процес, мінімізує людські помилки та усуває потребу в регулярному доступі до помешкань для перевірки.

Інтеграція Wi-Fi мережі у нашому дослідженні дозволяє не тільки передавати відеопотік/фотодані, а й створювати централізовану платформу для керування та аналізу даних. Всі отримані дані з камер зберігаються на домашньому комп'ютері - сервері, де за допомогою нами розробленого спеціалізованого програмного забезпечення проводився їх аналіз. Це дозволяє формувати звіти про споживання, прогнозувати потреби в ресурсах, виявляти несправності та оптимізувати розподіл комунальних послуг.

Для того щоб отримати інформацію про закриті дані абонента, необхідно мати досить складно обладнання, яке б дозволяло отримати доступ до обладнання абонента таким чином, щоб абонент сам про це не здогадувався. Таке обладнання є вартісним та доступно не кожному. Експертна система збору та систематизації даних з мережі пристроїв моніторингу, передбачає можливість реєструвати учасників системи, входу до облікового запису, та відновлення доступу до системи у разі втрати даних для аутентифікації [23].

Важливим аспектом у проекті нашого дослідження розробка економічно-вартісної системи, яка може бути значною на початковому етапі зняття та аналізу показників. Так, потенційні переваги у вигляді економії ресурсів та підвищення ефективності, можуть перекрити витрати з розробки самої системи у довгостроковій перспективі.

У нашому дослідженні була реалізована спроба побудувати власну систему моніторингу комунальних платежів за допомогою смарт-камер та Wi-Fi. Для побудови графічного відображенням реалізації завдань та програмної ідеї було використано матеріали з навчальної дисципліни «Економіка програмної інженерії» та «Штучні нейронні мережі в аналізі економічних даних».

Проведення моніторингу планувалося вести через веб-додаток, який відображав би отримані дані, будував графіки споживання та надавав адміністратору повний моніторинг комунальних платежів.

Для ведення обліку було взято зразок обліку спожитого газу та електроенергії з сайту https://my.gas.ua/home та https://ok.koec.com.ua/home/readings/osr з особистих кабінету власного споживання, де надавалась можливість введення поточних показників

та перегляд статистики (рис. 2.5 - 2.6).

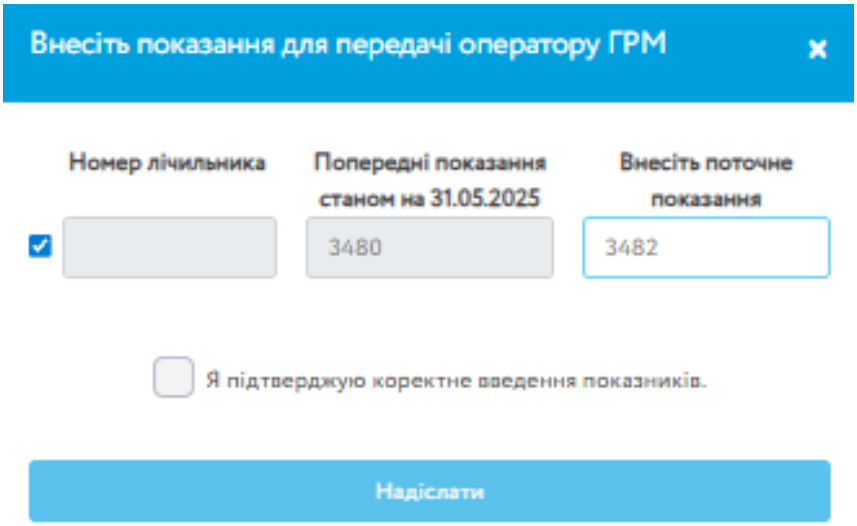


Рис. 2.5. Принцип роботи рішення обліку спожитого газу з сайту https://my.gas.ua

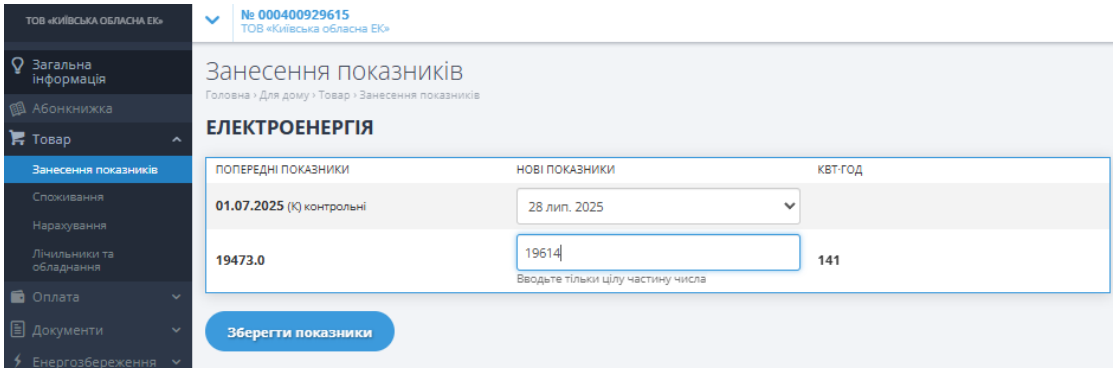


Рис. 2.6. Принцип роботи рішення обліку поточних показників електроенергії на сайті https://ok.koec.com.ua

На етапі планування реалізації проекту розроблення програмного забезпечення було розроблено проаналізовано рівні життєвого циклу на етапі проектування та реалізації. Етап аналізу концентрується на системних вимогах. Етап проектування поділився на архітектурне та деталізоване проектування. Зокрема, проводилось уточнення конструкції програми для архітектури клієнт/сервер, що інтегрує об’єкти інтерфейсу користувача та бази даних [38, с. 8].

Основними функціями вебплатформ з моніторингу комунальних витрат мешканців для справедливого розподілу рахунків є:

– автоматичний збір даних: системи інтегруються з «розумними»

лічильниками та сенсорами, які автоматично передають дані про споживання електроенергії, води, газу та опалення;

– аналіз витрат: дані систематизуються у вигляді таблиць, графіків та звітів, що дозволяє користувачам оцінити динаміку витрат у різні періоди;

– повідомлення та нагадування: системи сповіщають про перевищення встановлених лімітів або надають нагадування про оплату рахунків;\

– оптимізація витрат: за допомогою прогнозування витрат платформи пропонують рекомендації щодо зменшення споживання ресурсів [24, с. 147-148].

Впровадження інформаційних систем на основі хмарних технологій обчислення в сфері ЖКГ та для моніторингу споживання послуг є важливим етапом на шляху модернізації цієї сфери та орієнтуватися на вдосконалення законодавчої бази як у сферах надання населенню житлово-комунальних послуг з боку підприємств та організацій житлово-комунальної сфери [40, с. 159].

За основу аналітичної статистики комунальних витрат було взято приклади моніторингу вже існуючих автоматизованих систем споживання. Так, прикладом слугували графіки моніторингового відображення споживання ресурсів з вищевказаних сайтів https://my.gas.ua та https://ok.koec.com.ua та було зосереджено увагу як були побудовані графіки споживання газу та електроенергії (рис. 2.7 - 2.8).

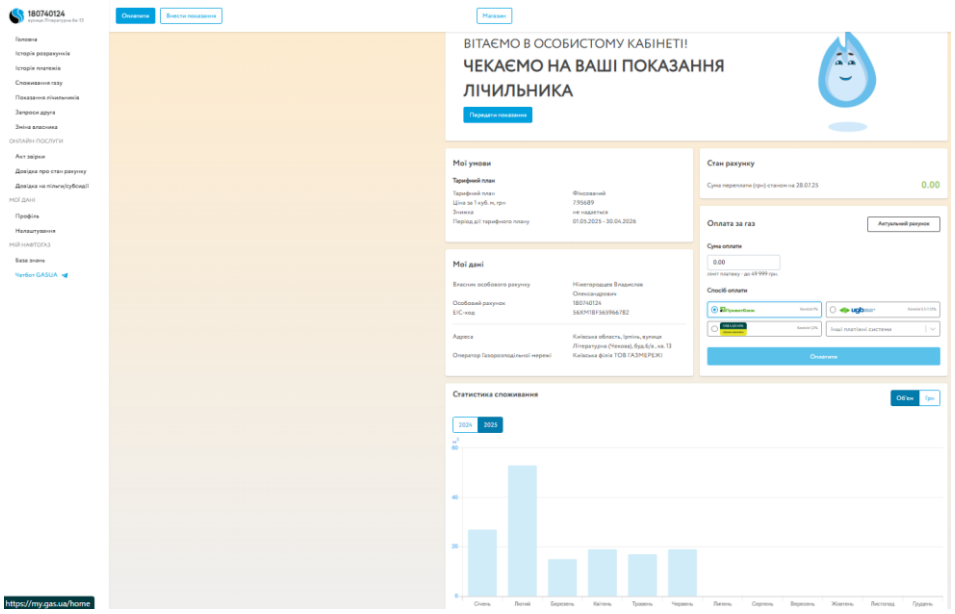


Рис. 2.7. Відображення діаграм обліку спожитого газу з сайту https://my.gas.ua/

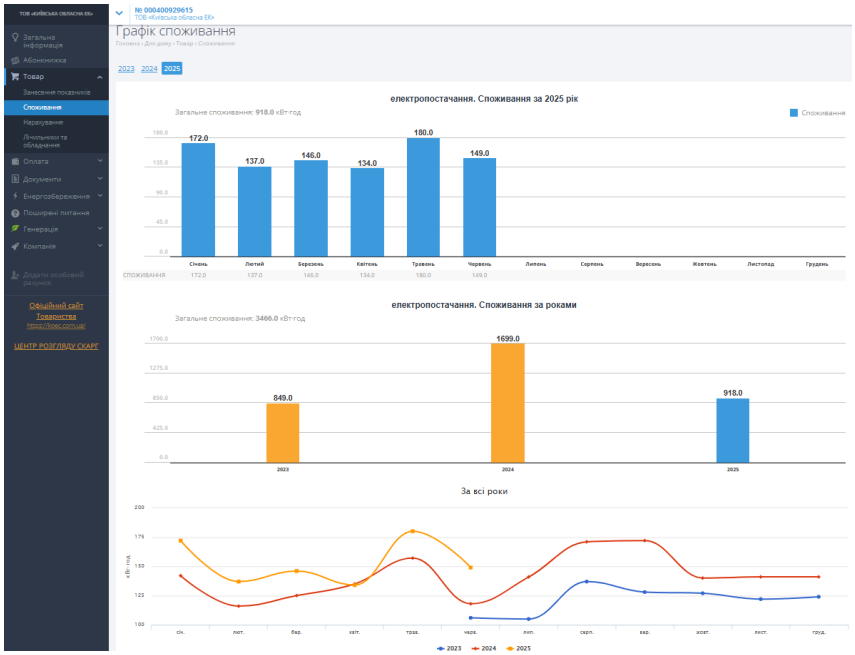


Рис. 2.8. Відображення діаграм обліку спожитої електроенергії з сайту https://ok.koec.com.ua/

На початку реалізації проекту була розроблена схема життєвого циклу моніторингової системи комунальних послуг на платформі для спільної віддаленої роботи за допомогою онлайн-дошки в Miro.

Дошка підійшла для складання проектів-схем та дозволила відобразити процес зняття та перетворення показників лічильників з лічильників (електроенергії, газу, води) за допомогою інтелектуальних камер спостереження та передавати їх на комп'ютер адміністратора (господаря будинку) для подальшого аналізу та моніторингу споживання (рис. 2.9.).

До задач Wi-Fi роутера входило підключення камер до домашньої Wi-Fi мережі через роутер, який залишався центром комунікації для всіх Wi-fi пристроїв у домі.

Для камер спостереження (інтелектуальні IP-камери) було передбачено підтримку Wi-Fi, а також достатню роздільну здатність для чіткого зчитування цифр з лічильників. Для кожної камери передбачалось встановлення таким чином, щоб забезпечити оптимальний огляд циферблата/дисплея відповідного лічильника. Важливо було мінімізувати відблиски та забезпечити стабільне освітлення.

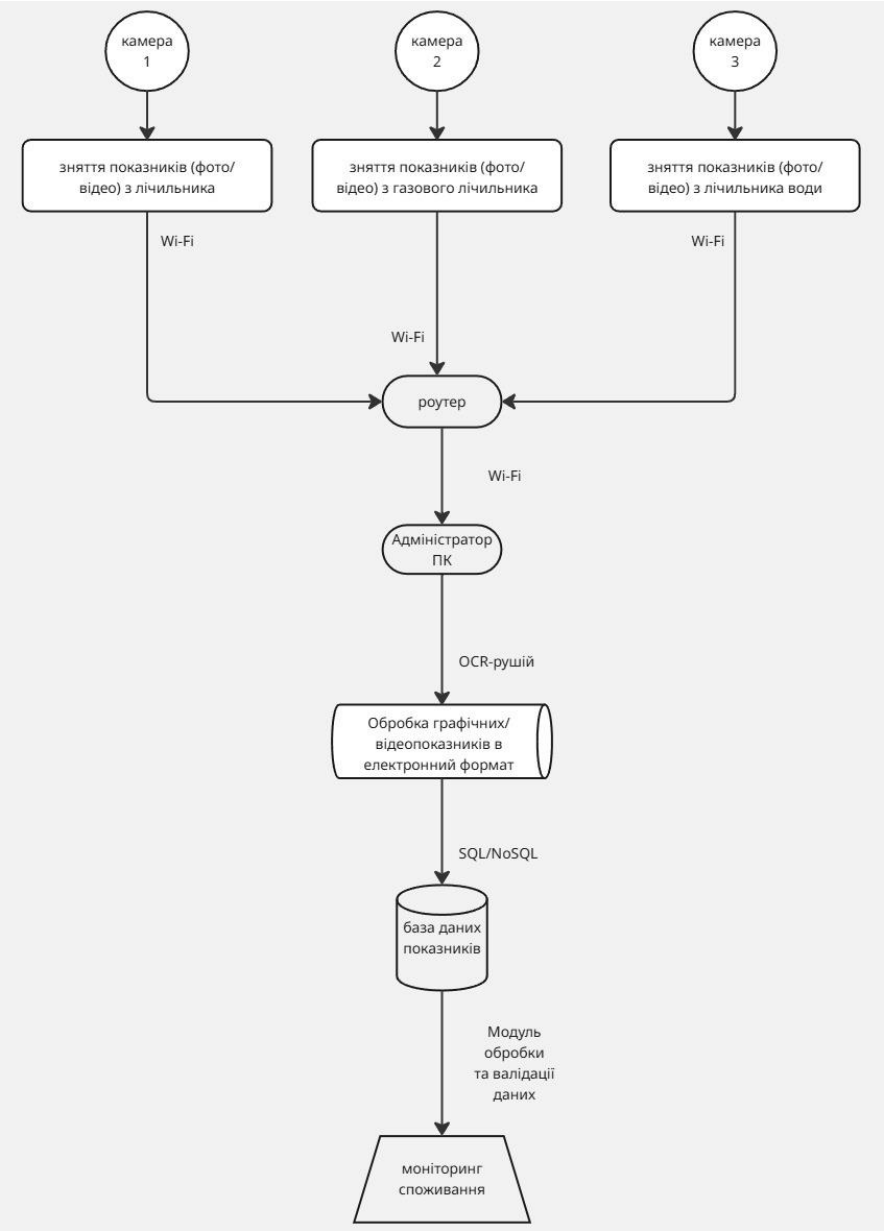


Рис. 2.9. Реалізація проекту життєвого циклу моніторингової системи комунальних послуг

На рисунку представлено схему, де зображено три IP-камери 1, 2, 3, кожна камера встановлена навпроти відповідного лічильника для зчитування показників. Це інтелектуальні камери з підтримкою Wi-Fi.

Описуючи даний проект потрібно було враховувати що лічильники (електроенергія, газ, вода): це фізичні прилади, що відображають поточне споживання. Важливо, щоб їх циферблати або дисплеї були чітко видимі для камер.

Для функціонування роутера було передбачено те, щоб саме він став

центральним елементом домашньої мережі, який розподіляє Wi-Fi сигнал і може направляти трафік до комп'ютера адміністратора.

Для комп'ютер адміністратора (господаря дому) передбачалося розробку програмного забезпечення для обробки відео/фото потоків, розпізнавання даних та взаємодії з веб-додатком: модуль OCR перетворює графічне зображення цифр на текстові (числові) дані.

Для введення даних планувалося розробити у веб-додаток (систему) «Utility Tracker» (додаток А), в якій би була можливість очищення та валідації цифрових даних, які автоматично передаються (наприклад, через API або пряме збереження в базу даних) у відповідні комірки веб-додатка. Такий трекер комунальних послуг (Utility Tracker) виступив як інструмент, який використовується для моніторингу та управління споживанням і витратами на такі послуги, як електроенергія, вода, газ та інтернет. На основі такого трекеру можна реалізовувати складання бюджету, визначати шляхи зниження витрат і розуміти тенденції використання з часом.

Сьогодні необхідність вироблення дієвих механізмів реформування сфери ЖКГ необхідна, адже вона безпосередньо впливає на життя населення та майбутнього країни. Існує потреба в впровадженні інновацій, що дасть можливість створити умови для зважених дій з урахуванням потенційних ускладнень у процесі провадження реформування [35].

Створення такої сучасної портативної моніторингової системи комунальних послуг, що базується на смарт-камерах та Wi-Fi, є ключовим кроком до оптимізації та автоматизації квартирної інфраструктури. Цей інноваційний підхід дозволяє перетворити застарілі процеси на ефективну та прозору систему, що принесе значні переваги як комунальним службам, так і споживачам.

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕБСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОМУНАЛЬНИХ ВИТРАТ

3.1. Модульне проектування компонентів системи вебсистеми на основі технічного завдання

Передача даних у системах моніторингу комунальних витрат вимагає безпечних і стабільних каналів зв’язку. Аналітичні мережеві та серверні технології радикально змінюють підхід до обліку та моніторингу комунальних витрат. Завдяки використанню IoT-пристроїв, хмарних платформ, протоколів безпечної передачі та засобів аналітики, суспільство отримує потужний інструмент для економії ресурсів, прогнозування навантажень і боротьби з несанкціонованими витратами.

Приклад комплексного рішення моніторингу споживання житлово-комунальних послуг може виступити система, в якій встановлюються можливість аналізу споживання, витрат, отримання сповіщень про можливі витоки та можливість порівняння споживання із середнім по календарним інтервалам.

Успіх будь-якого ІТ-проекту, особливо такого комплексного, як система моніторингу комунальних послуг з інтеграцією смарт-камер та Wi-Fi, повинна починатися з міцного фундаменту – чітко сформульованого технічного завдання (ТЗ). У нашому дослідженні був зосереджений акцент на розробку єдиної вебсистеми для моніторингу всіх комунальних витрат (включаючи дані показників лічильників газу, електроенергії, води, тощо) включав кілька етапів, які можна розділити на планування, розробку та впровадження.

Ось основні кроки були реалізовані на зосередженні автоматичного завантаження рахунків, внесення даних про витрати з лічильників, які знаходяться в різних місцях в архітектуру вебсистеми моніторингу комунальних витрат [24, с. 146-147].

Для подальшої реалізації вебсистеми з моніторингу комунальних витрат нами було розглянуто особливості функціональності для оптимізації клієнтської частини веб-додатку [28].

До ТЗ проекту вебсистеми з моніторингу комунальних витрат нами було детально описано його цілі, функції, вимоги та очікувані результати, забезпечуючи взаєморозуміння між замовником та розробником (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Технічне завдання
на створення вебсистеми для моніторингу комунальних витрат

№ з/п	Найменування розділу	Призначення, вихідні дані, опис
1.	**Назва проекту**	Система моніторингу комунальних витрат «Utility Tracker»
2.	**Мета та задачі вебсистеми**	Створити вебдодаток (вебсистему) для введення обліку комунальних витрат користувача (електроенергія, газ, вода, телефон, інтернет, ОСББ, тощо). Користувач повинен мати змогу: – реєструватися, входити та підтверджувати вхід кодом; – зчитувати дані з фото (відео) показників лічильників; – вносити дані вручну в систему в режимі реального часу; – переглядати статистику, графіки та показники споживання комунальних витрат користувача.
3.	**Загальні функціональні можливості вебсистеми**	**3.1. Реєстрація та вхід з підтвердженням коду на email.** Користувач створює обліковий запис через форму реєстрації, де вказує ім'я, email, телефон, пароль і початкові показники лічильників. Після реєстрації або входу надсилається **6-**значний код підтвердження на email**,** який: – має термін дії 3 хвилини**;** – зберігається у базі даних разом з часом створення; – перевіряється при введенні у формі підтвердження; – після підтвердження — помічається як використаний. **3.2. Форма введення щомісячних показників.** Користувачі мають змогу вносити дані вручну**:** –електроенергія (кВт·год), –газ (м³), –вода (м³), –витрати на мобільний зв'язок, –інтернет, –витрати на ОСББ, тощо. Форма автоматично «підтягує» попередні значення для порівняння. **3.3. Зчитування показників лічильників з фото /відео (OCR).** Користувач може завантажити фото лічильника (електроенергії, газу або води), і система: – використовує Tesseract OCR для зчитування цифр; – обробляє зображення (в сірий колір, фільтрація); – виділяє лише перші 5 цифр; – зберігає розпізнані значення; – показує повідомлення про успішно/невдало зчитані показники.

		3.4. Графік витрат за допомогою Chart.js. У вкладці «Графік» відображається лінійний графік основних споживання по місяцях для: – електроенергії, – газу, – води. Дані передаються через API /api/utility-data у форматі JSON - текстовий формат обміну даними, який легко читати та писати людині, а машині - легко генерувати та аналізувати, а на фронтенді відображаються з допомогою Chart.js - це безкоштовна JavaScript-бібліотека з відкритим вихідним кодом для візуалізації даних. Вона дозволяє розробникам створювати різні типи інтерактивних діаграм та графіків безпосередньо у веб-браузері, використовуючи HTML5 Canvas. **3.5. Статистика витрат по місяцях.** На сторінці статистики користувач може: –обрати потрібний рік; –переглянути суму витрат по кожному місяцю; –побачити деталізацію по кожному типу витрат; –переглянути загальну суму витрат за рік**.** Всі значення підтягуються з бази даних у вигляді таблиці-карточок. **3.6. Автоматичне створення запису на новий місяць.** Система щомісяця: – перевіряє, чи є запис для поточного місяця для кожного користувача; – якщо немає - створює порожній запис з посиланням на попередній місяць (prev_reading_id); – працює через APScheduler - бібліотека планувальника завдань для Python, яка дозволяє вам планувати виконання функцій у майбутньому: один раз або періодично, який запускається 1 числа кожного місяця. **3.7**. API **(**Application Programming Interface) для надання даних у JSON-форматі. Система має окремий API-ендпоінт - точку входу для доступу до певного ресурсу або виконання певної операції на сервері через API /api/utility-data, який: – повертає JSON - текстовий формат обміну даними, який легко читати та писати людині, а машині — легко генерувати та аналізувати. Він широко використовується для передачі даних між сервером та веб-додатком, а також як формат зберігання даних. із масивами значень за 12 місяців; – надає дані для побудови графіків: електроенергія, газ, вода; – використовує обчислення різниці між поточними та попередніми показниками.
4.	**Технології, я вебсистеми**	• Python – інтерпретована, високорівнева мова програмування загального призначення; • SQLite - еляційна система управління базами даних (СУБД); • HTML/CSS - HyperText Markup Language/ Cascading Style Sheets; • JavaScript - мова сценаріїв (Scripting Language) (Chart.js);

		• APScheduler - бібліотека планувальника завдань для Python, яка дозволяє планувати виконання функцій у майбутньому: один раз або періодично; • Tesseract OCR - (через pytesseract) - рушій для оптичного розпізнавання символів з відкритим вихідним кодом.
5.	**Мовні версії інтерфейсу вебсистеми**	Програмний продукт буде розроблений із можливістю розміщення у ньому інформації наступними мовами: Українська. Даний пункт передбачає лише функціонал сайту і не включає у себе написання будь яких додаткових текстів.
6.	**Технічні вимоги до хостингу**	Доступ до програмного продукту передбачений на локальній версії ПК або за умови на хостинг замовника.
7.	**Адаптація і оптимізація сайту**	Програмний продукт буде розроблений таким чином, щоб відображатися та функціонувати однаково добре у різних найпопулярніших браузерах останніх версій: Google Chrome; Mozilla Firefox; Opera; Safari; Microsoft Edge.

Для планування такої системи було обрано наступний набір інструментів:

– фронтенд: HTML, CSS, JavaScript (фреймворки React.js, Angular або Vue.js);

– бекенд: Python (Django/Flask), PHP (Laravel), Node.js;

– база даних: MySQL (залежить від структури даних);

– хостинг: AWS, Google Cloud, DigitalOcean.

Комп'ютер адміністратора планувалося використовувати стандартний комп'ютер з веб-браузером, який дозволяє адміністратору отримати доступ до вебдодатку.

Використавши трекер комунальних послуг «Utility Tracker» дозволило нам отримати прозорість у власному споживанні енергоресурсів та реалізувати шляхи щодо оптимізації заощадження значної суми грошей. Нижче представлена схема показує загальний потік даних і компоненти, з яких була зібрана системи. Для «моніторингу показників» передбачалось розробка програмного забезпечення, яка включала автоматичне розпізнавання лічильників, моніторинг рівня споживання через введення даних в систему «Utility Tracker» (рис. 3.1).

Для візуалізації процесу моніторингу показників з трьох камер спостереження (електролічильник, газовий лічильник та водяний лічильник) передбачалося отримання відеоданих/фотоданих на вебдодаток адміністратора (додаток З).

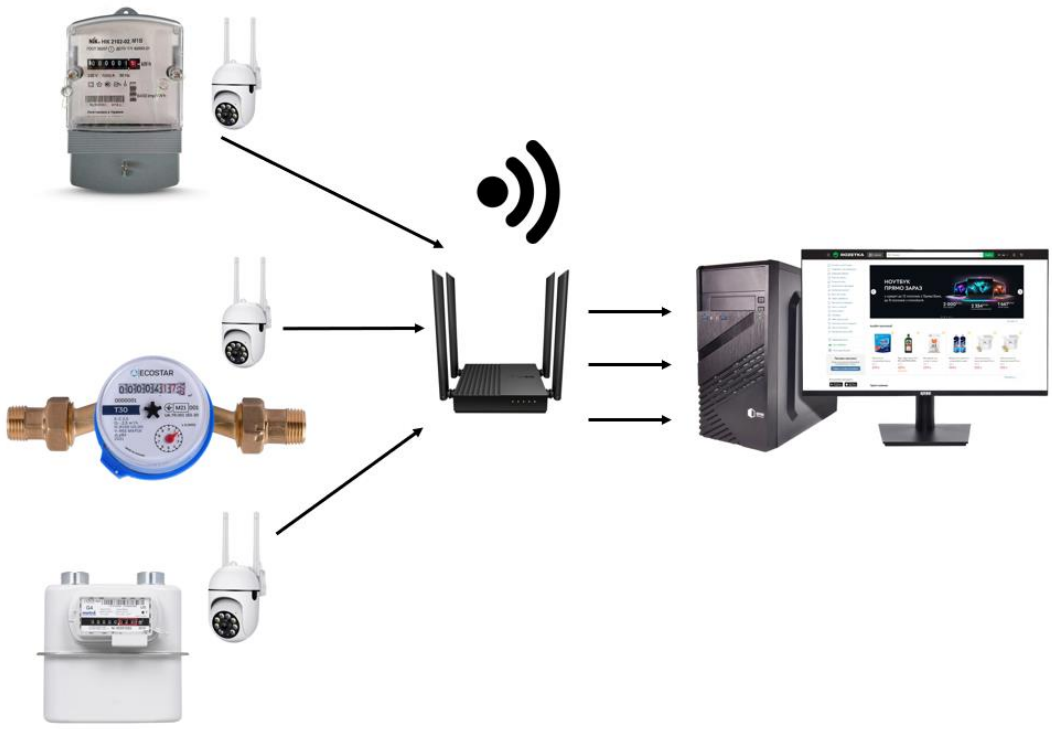


Рис. 3.1. Модульне проектування компонентів системи вебсистеми моніторингу комунальних витрат

Камери 1, 2, 3 (IP-камера/smart камера): це джерела даних (додаток И). Сучасні IP-камери/smart-камери можуть транслювати відео-потік, надсилати окремі зображення або навіть передавати метадані (наприклад, показники лічильників, розпізнані символи, температуру, вологість, якщо камера має такі вбудовані функції або підключені датчики). Для моніторингу «показників» використовувалися:

– відео-потік або фото, який адміністратор переглядає вручну, а на основі нього відбувається розпізнавання в режимі реального часу та переведення даних в електронний формат;

– аналіз зображення, з яких за допомогою OCR (наприклад, Tesseract) де вилучаються цифрові показники.

Для мережевої інфраструктури використовувалася передача даних через мережу Wi-Fi. Кожна камера підключалася до найближчої точки доступу через Wi-Fi. Це можуть бути окремі AP або один потужний Wi-Fi роутер, що виконує роль точки доступу Інтернету та канали зв'язку для передачі даних від місць спостереження до центрального сервера. Потік даних відбувався чітко Камера -

> Wi-Fi -> Точка доступу -> Роутер -> Інтернет -> Сервер -> Вебдодаток.

В нашому дослідженні використовувались наступні технічні пристрої:

– лічильник для холодної води від компанії B Meters (Італія) GSD8 1/2" (Ду15) (корпус лічільника- латунь і пластик, оберт табло лічильника на 360°, можливість встановлення як в горизонтальному, так і у вертикальному положенні (додаток З);

– лічильник електричної енергії НІК 2102-04, призначений для вимірювання електричної активної енергії в однофазних ланцюгах змінного струму у комунально-побутовій сфері або в інших галузях (додаток З);

– газовий лічильник GMBP VSZAR G-2,5 лічильник мембранного газу призначений для вимірювання обсягу природного газу або парів зрідженого вуглеводневого газу в побуті (додаток З);

– три камери безпеки з автоматичним відстеженням Thirywo Z2 (1440P HD WiFi, денним/нічним зором, сповіщеннями про рух - USB живлення, 355° горизонтальне та 90° вертикальне обертання, двосторонній аудіо, для внутрішнього домашнього спостереження, 3MP, протитуманні світильники, AI рух, вартість – 6,24$/шт. (881 грн/3 шт.) придбаного з онлайн-майданчику Temu: маркетплейсі де більшість товарів китайського виробництва, перевага в тому, що продавці можуть без посередників реалізовувати свої товари через сайт: https://www.temu.com/goods.html?_bg_fs=1&goods_id=601099730142786&_x_sessn_id=9e06e8gufu&refer_page_name=bgt_order_receipt&refer_page_id=10471_1753355071079_2bjildc9rd&refer_page_sn=104714 (додаток И);

– маршрутизатор Mercusys AC12G WiFi5 / AC1200 / 1 Гбіт/с/ 2*2*2MIMO (5 ГГц + 2.4 ГГц - дводіапазонний) – (999грн /шт.) придбаного з онлайн магазину Rozetka: https://rozetka.com.ua/ua/mercusys_ac12g/p98727502/ (додаток И).

В цілому, запропонований опис деталізує систему, яка повинна функціонувати. У випадку вебсистеми моніторингу комунальних витрат, функціональні вимоги розподілилися на кілька логічних блоків:

– збір даних: інтеграція зі смарт-камерами та забезпечення надійної передачі даних через Wi-Fi - комп'ютерний зір для розпізнавання показників

лічильників (вода, газ, електроенергія, тепло), а також механізми перевірки точності та, за необхідності, ручного введення;

– моніторинг та аналіз: відображення поточних показників, історію споживання у вигляді графіків та таблиць, а також критично важливу функцію виявлення аномалій. Системою передбачалося автоматично визначати поточне споживання та генерувати отримані дані. Важливим є також формування детальних звітів та, можливо, прогнозування споживання;

– особистий кабінет споживача: надання користувачеві зручного інтерфейсу для перегляду власних показників, історії споживання та, за потреби, передачі показань вручну чи доступу до інформації про нарахування.

У комплексній системі, таких як вебсистема моніторингу комунальних витрат, оброблявся великий обсяг чутливої інформації, отриманої, зі смарт-камер. Отже важливою задачею дослідження постало правильне проектування частини backend та бази даних, які б виступили як фундамент у нашому дослідженні та забезпечили стабільну роботу, масштабованість та безпеку всього застосунку.

3.2. Програмна реалізація функціоналу системи архітектури серверної частини (Backend) та бази даних вебсистеми

Програмна реалізація функціоналу системи на рівні Backend та бази даних є критично важливою для успіху вебсистеми моніторингу комунальних витрат. Вона вимагає ретельного планування архітектури, вибору відповідних технологій та глибокого розуміння бізнес-процесів. Добре спроєктовані компоненти дозволяють забезпечити не тільки ефективну обробку даних від смарт-камер та надають функціоналу користувачам.

До складу дистанційного моніторингу витрат входить і система обробки даних. Після збору дані передаються на центральний сервер, де для обробки та аналізу даних (серверної частини - Backend) може використовуватися спеціалізоване програмне забезпечення для управління величезними обсягами даних лічильників.

Серверна частина є «мозком» представленої вебсистеми, яка відповідає за обробку запитів, взаємодію з базою даних, інтеграцію зі сторонніми сервісами та забезпечення безпеки. Для системи моніторингу комунальних витрат оптимальною стала багатошарова архітектура, яка забезпечила модульність, гнучкість та легкість у роботі.

До серверної частина (Backend) додатку вебсистеми для моніторингу комунальних витрат планувалося здійснювати прийом даних на основі отриманних відеопотоків/зображень структурованих даних від лічильників. Обробка даних планувалася для відео або зображення, виконання серверної обробки (наприклад, застосовувати OCR для розпізнавання цифр на лічильниках, аналізувати рух, детектовати об'єкти). Зберігання оброблених даних (розпізнані показники, метадані про час зйомки, аномалії) заплановано у базі даних.

Розробка Frontend передбачалася як побудова користувацького інтерфейсу, що працює у веб-браузері адміністратора. Він взаємодіє із сервером (Backend) через API, щоб:

- відображати поточні відеопотоки/фотопотоки з камер;
- відображати розпізнані показники (графіки, таблиці, дашборди);
- показувати історію показників та їх зміни;
- дозволяти адміністратору керувати камерами/фото (наприклад, змінювати налаштування, переглядати архіви);
- сповіщати про аномалії (наприклад, різкі зміни показників, відсутність зв'язку з камерою).

Інтерфейс вебсистеми моніторингу комунальних витрат Utility Tracker було вирішено створити на основі комплексного підходу. Для його реалізації використовувалися три основні технології: HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets), JavaScript - мова сценаріїв (Scripting Language); SQLite - реляційна система управління базами даних (СУБД), яка відрізняється від більшості інших СУБД тим, що вона є вбудованою (embedded); Python – інтерпретована, високорівнева мова програмування загального призначення на базі (PyCharm Community Edition 2025.1); потужний рушій (engine) для

оптичного розпізнавання символів з відкритим вихідним кодом - Tesseract OCR (Optical Character Recognition).

З допомогою програмного забезпечення, яке надає повний набір інструментів для розробки програмного забезпечення в одному інтегрованому інтерфейсі користувача - відкритій версії інтегрованого середовища розробки (IDE) PyCharm було проведено процес розробки, зробивши його швидшим, ефективнішим та менш схильним до помилок.

Саме на версії PyCharm: Community Edition - безкоштовній версії з відкритим вихідним кодом було зорієнтована на розробку розробку скриптів, а також підтримку веб-розробки з використанням фреймворків вебсистеми моніторингу комунальних витрат.

Але в результаті проведення тестування системи було виявлено що розроблений програмний код працює добре під операційною системою Linux. Спроба провести тестування запуску системи на зчитування даних в середовищі PyCharm: Community Edition під операційною системою Windows показала помилки считування даних. Tesseract потребував спеціальних файлів даних для розпізнавання конкретних мов. При роботі з PyCharm: Community Edition потрібно було завантажувати та встановлювати Tesseract OCR (наприклад, .exe файл для Windows) бо тільки на бібліотеках Python, код працювати не зміг. Тому, в результаті дослідження було прийнято рішення про перенесення проєкту з локального середовища (PyCharm) до хмарного (Replit).

Replit чудово працює на Linux. Більше того, це одне з «найрідніших» середовищ для Linux-користувачів, оскільки самі сервери Replit працюють на Linux. Отож для демонстрації було обрано саме це потужне онлайн-середовище розробки Replit (https://replit.com/), яке дозволило писати, запускати та ділитися кодом прямо у браузері. Головна його перевага виявилася в тому, що не потрібно нічого було встановлювати на свій комп'ютер - усі інструменти працювали у хмарі (додаток Е). Оскільки Replit — це хмарний сервіс, він працює у будь-якому сучасному браузері (Firefox, Chrome, Brave тощо) на будь-якому дистрибутиві Linux (Ubuntu, Fedora, Arch, Mint та ін.).

За допомогою мови HTML була сформована основна сторінка структура вебсистеми, в якій передбачалося розміщення текстових написів початкових та кінцевих показників лічильників та відеомоніторинг онлайн камер з лічильників. CSS використовувався для за дизайнерського відображення елементів на сторінці, наприклад, розміри шрифтів, відступи між блоками, колір, тощо. Python забезпечив інтерактивну поведінку інтерфейсу, зокрема реакцію на дії користувача: підрахунки різниць показників, роботу з базою даних та побудові діаграм статистичних даних.

Виходячи з вимог до функціональних можливостей вебсистеми, були визначені його основні елементи:

– головне меню (додаток А);

– блок з інформацією про реєстрацію користувача (додаток Б);

– блок з інформацією про реєстрацію показників з облікових приладів (додаток В);

– блок з інформацією про моніторинг у вигляді діаграм (додаток Г);

– блок з інформацією про моніторинг витрат (додаток Д).

Для роботи веб-додатка потрібно створити папку templates у тому ж каталозі, що і app.py, а в ній - файл index.html. Розпізнавання фото лічильників сильно залежило від якості фотографії (чіткість, освітлення, ракурс). У нашому дослідженні було отримано реальне фото з вебкамери, яке більш-менш було чітке, сфокусоване лише на цифрах.

Окремої уваги заслуговує модуль, який був інтегрований безпосередньо в backend. Tesseract OCR виступив потужним, гнучким і безкоштовним інструментом для розпізнавання тексту, який, попри деякі обмеження, є де-факто стандартом серед відкритих OCR-рушіїв і активно розвивається спільнотою та Google. Процес розпізнавання тексту Tesseract включав кілька етапів: попередню обробку зображення (Image Pre-processing); розпізнавання тексту (Text Recognition) та пост-обробку (Post-processing). Відкритий вихідний код та безкоштовність стали однією з найбільших переваг Tesseract, який є повністю був безкоштовним для особистого використання. Tesseract розроблений як рушій

командного рядка, але його можна легко інтегрувати в інші програми за допомогою API.

Спочатку було підключено базу даних SQLite - вона потрібна була для того, щоб зберігати всю інформацію: хто користувач, які в нього показники, які дати. Тобто кожен раз, коли користувач заходить і вводить або завантажує дані, Flask передає це в базу, а потім дістає звідти, коли треба показати статистику.

Після цього була зроблена можливість завантажувати фото лічильників. Щоб програма могла з цих фото зчитати цифри були підключені бібліотеки OpenCV, PIL і Tesseract (додаток Ж). Вони відповідали за обробку зображення: спочатку фото очищається, збільшується, вирівнюються кольори, потім Tesseract читає, що там написано, і повертає інформацію у вигляді тексту - тобто ті самі цифри. Ці цифри були перевірено і переведено у звичайні числа, які далі записувалися в базу даних.

Далі було зроблено автоматичне створення записів на кожен місяць. Тобто програма дивиться: якщо настав новий місяць, але для користувача ще немає запису з новими показниками - створює порожній рядок у базі, щоб потім було куди додати значення. Це робиться або через спеціальний «планувальник» у коді, або коли користувач заходить на сайт (додаток Ж).

Коли дані вже знаходились в базі даних, було зроблено сторінку зі статистикою на якій користувач міг обрати відповідний термін споживання, і сайт через запит до сервера (fetch) обирав потрібні дані з бази - по кожному місяцю за поточний рік. Flask віддав дані у вигляді JSON (тобто зручного списку з числами), а на стороні браузера - у звичайному HTML було використано бібліотеку Chart.js., яка дозволяла намалювати графік споживання: наприклад, як змінювалося споживання електрики, газу та води по місяцях (додаток Ж).

Технологія роботи додатку виглядала наступним чином: користувач спочатку відкриває сторінку → браузер відправляє запит до Flask → Flask бере дані з бази → відправляє їх назад у браузер → Chart.js малює гарний графік за цими даними.

В результаті тестування системи по трьох фото показів з лічильників

якісну оцінку перетворення було отримано лише зі зняття показів газового лічильника (рис. 3.2), з інших фото якість зображення дуже сильно залежала від якості вхідного зображення: низька роздільна здатність, шуми, розмитість, поганий контраст, надмірний нахил або складні фони значно знизили точність розпізнавання, що призвело до похибок в отриманих даних.



Рис. 3.2. Якісні показники газового лічильника в результаті тестування системи

Пояснення даного експерименту може бути наступне міркування: OCR-рушій Tesseract під час оптичного розпізнавання символів виявив (білі цифри на чорному тлі та червоні цифри на білому/світлому тлі) як дуже високий контраст з фоном, що значно полегшив їхнє відділення (сегментацію) від тла для алгоритмів розпізнавання. Також цифри на лічильнику мали простий, чіткий, стандартизований, машинно-читабельний шрифт, що добре тренований в моделях Tesseract.

В нашому дослідженні було проведено обробку даних не всього фото лічильника, а лише виділену частину фрагменту зображення з показів лічильника (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Фрагментальна частина зображення газового лічильника, яка

показала якісний результат тестування

Наявність чітких візуальних роздільників (чорно-білі барабани для цілих, червоно-білі) допомогла Tesseract коректно сегментувати групи цифр. Надане зображення показує лише п'ять цілих цифр з газового лічильника, оскільки вони мають білі символи на темному (синьому/чорному) тлі, що зазвичай відповідає цілим кубічним метрам.

Алгоритм для Tesseract був прописаний за наступним правилом: масштабування – перетворення в градації сірого – перевірка морфології - виділення контурів (цифр) - фільтрація лише великих контурів (відсікання шуму) - знаходження межі всієї групи цифр – здійснення оптимізації параметрів для Tesseract - чистка символів.

На основі наданого фрагмента зображення, Tesseract цифри представив як: «00008». Згідно з поширеною практикою в Україні (зокрема, для Київводоканалу та більшості комунальних підприємств), для передачі показників у розрахунок беруться лише цілі кубометри (чорні цифри), тому в дослідження саме було так і заплановано.

Недостатній контраст між цифрами та фоном (наприклад, світлі цифри на світлому фоні або темні цифри на темному) при знятті показів інших лічильників (електроенергія, вода) наочно ускладнив сегментацію та розпізнавання інших лічильників, тому дані спотворювались при зчитуванні, не всі цифри відображались, тощо.

Нерівномірне освітлення, відблиски від світла, тіні, що падають на цифри, можуть спотворити їх вигляд, змушуючи Tesseract неправильно інтерпретувати символи, також це відноситься до старих або забруднених циферблатів лічильників.

3.3. Аналіз недоліків реалізації системи з розпізнавання отриманих результатів

Вебсистеми для моніторингу комунальних витрат вже сьогодні є незамінним інструментом для підвищення прозорості, ефективності та контролю споживання ресурсів. Вони забезпечують автоматизований збір даних, їх

візуалізацію та базовий аналіз, дозволяючи споживачам та управляючим компаніям краще розуміти структуру своїх витрат.

Низька точність розпізнавання показників лічильників за допомогою Tesseract OCR є поширеною проблемою. Це пов'язано з тим, що Tesseract переважно налаштований на роботу з чистим, друкованим текстом (документами), тоді як зображення лічильників мають значні візуальні складнощі.

Основні проблеми та детальні рекомендації для їх усунення нами було описано в табличному описі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Опис проблем розпізнавання зображення з лічильників

Категорія	Проблема	Опис
Якість зображення	Недостатнє освітлення	Низький контраст між цифрами та фоном.
	Відблиски та тіні	Скло лічильника дає відблиски, що перекривають цифри; тіні змінюють вигляд символів.
	Незвичайний шрифт/колір	Чорні або білі цифри на обертових барабанах лічильників Tesseract погано сприймає
	Розмитість	Дефокусування камери або рух під час фото/зйомки
Обробка бібліотеки функцій та алгоритмів обробки зображень і чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом	Неправильний ROI	Вирізана область частини зображення або фото/відеокадру охоплює частину корпусу або металевих елементів, які сприймаються як «текст».
Tesseract конфігурація	Конфігурації тонкого налаштування процесу розпізнавання	Tesseract намагається розпізнати як літери, так і цифри, що призводить до помилок (наприклад, розпізнає «0»' як «O» або «6» як «G», тощо.

У результаті нашого дослідження виявилося що базовий моніторинг надає сирі дані та графіки, але справжня цінність полягає в здатності перетворювати ці дані на корисні інсайти та проактивні рекомендації. Tesseract OCR чудово справився з багатьма завданнями, зокрема з розпізнаванням друкованого тексту

та, зокрема, цифр. Однак, мав певні недоліки та обмеження, особливо коли йшлося про високу точність розпізнавання цифр у реальних сценаріях. Розуміння цих недоліків стало ключовим для ефективного використання Tesseract та вибору правильного інструменту для конкретного завдання [22, с. 416].

Tesseract OCR став у нашому дослідженні потужним рушієм для оптичного розпізнавання символів, особливо після того, як Google взяв його «під своє крило» та значно вдосконалив, додавши підтримку нейронних мереж (LSTM). Він чудово справляється з багатьма завданнями, зокрема з розпізнаванням друкованого тексту та, зокрема, цифр. Однак, незважаючи на його можливості, Tesseract має певні недоліки та обмеження, особливо коли йдеться про високу точність розпізнавання цифр у реальних сценаріях. Розуміння цих недоліків є ключовим для ефективного використання Tesseract та вибору правильного інструменту для конкретного завдання.

В результаті нашого дослідження було сформовано рекомендації для поліпшення розпізнавання та підвищення точності потрібно працювати в трьох напрямках: поліпшення джерела, посилена попередня обробка та тонка конфігурація OCR.

Найбільший і найважливіший недолік Tesseract, який особливо гостро проявляється при розпізнаванні цифр. Цифри часто є невеликими елементами на зображенні, і будь-які візуальні дефекти можуть призвести до помилок.

Якісне розпізнавання показників лічильників (води, газу, електроенергії) вимагає поєднання надійних апаратних засобів, методів комп'ютерного зору та сучасних алгоритмів оптичного розпізнавання (OCR).

До подальших досліджень в даному напрямі можуть стати наступні рекомендації:

– поліпшення джерела зйомки (фізичні налаштування) та підвищення якості освітлення та зменшення відблисків у стабілізації освітлення об’єкта;

– герметична фіксація камери та її фокусу (якщо він регулюється) та чіткого чітко налаштування саме на площину цифр;

– виконання попередньої обробки зображення для Tesseract максимально

чистим, чорно-білим, з чіткими контурами;

– використання максимально суворих параметрів для розпізнавання (обмежування Tesseract лише цифрами та крапкою/комою) та використання спеціалізованих моделей або бібліотек, натренованих на 7-сегментних дисплеях, тощо.

Аналогові лічильники (старі електролічильники або деякі показники води/газу зі стрілками) вимагають геометричного підходу. Незалежно від обраного методу розпізнавання, фінальні етапи обробки для аналогічних вебдодатків повинні бути універсальними.

Найкращий результат для якісного розпізнавання можна досягнути не лише потужним OCR, а й якісною попередньою обробкою (OpenCV) та логічною перевіркою розпізнаних значень. Для комерційного або високоточного використання знадобиться більш складна логіка обробки зображень (наприклад, OpenCV для автоматичного виділення області з цифрами перед OCR) або використання спеціалізованих моделей на основі глибокого навчання (наприклад, YOLO або CNN).

Реалізація попередньої обробки зображень є критично важливим етапом для мінімізації помилок у Tesseract OCR. Tesseract найкраще працює з «ідеальними» зображеннями: чорний текст на білому фоні, висока роздільна здатність та відсутність шумів. Зчитування показників лічильників (газ, вода, електроенергія) - це специфічна задача, яка суттєво відрізняється від сканування документів. В цьому процесі проявляються такі проблеми як відблиски на склі, специфічні шрифти, сторонні шуми, нахил цифр, тощо.

Сучасний підхід до «видалення помилок» створює тенденції для майбутньої обробки графічної інформації в межах до Machine Learning. Використання нейромереж для відновлення деталей на зображеннях з дуже низькою роздільною здатністю перед подачею в Tesseract показало гарний результат.

Представлений проєкт «Utility Tracker» має високу соціально-економічну значущість. В умовах зростання тарифів попит на інструменти контролю витрат

зростає. Головним показником успіху буде точки беззбитковості - момент, коли кількість платних підписників або обсяг транзакційних комісій покриє щомісячні витрати на підтримку сервісу.

Використання камер Thirywo Z2 за ціною $6.24 за одиницю є надзвичайно вигідним рішенням для автоматизації (OCR — Optical Character Recognition), оскільки інтелектуальні лічильники з дистанційною передачею даних (LoRaWAN або NB-IoT) коштували б у 3-4 рази дорожче.

Припустимо, середній чек за комунальні послуги (вода, газ, світло) становить 2 500 грн/міс:

очікувана економія (15%): 2500грн.* 0.15 = 375 грн/міс.;

вартість системи: ~5 000 грн;

термін окупності: 5000грн./375 ~13.3$ місяців.

Таким чином, проєкт повністю окуповується трохи більше ніж за **один рік**, що є відмінним показником для систем «розумного будинку».

Таблиця 3.3.

Порівняння вартості розробленого рішення та професійного IoT

Параметр	**Власне рішення (Камери + AI)**	**Професійне IoT-рішення**
Лічильник води	700 грн + 294 грн (камера)	~4 500 грн
Лічильник світла	1 300 грн + 294 грн (камера)	~2 800 грн
Лічильник газу	2 200 грн + 294 грн (камера)	~9 500 грн
Разом	**~5 082 грн**	**~16 800 грн**
Додатково	Потрібен Wi-Fi	Потрібна базова станція (якщо LoRa)

Використання спеціалізованих інтелектуальних лічильників (Smart Meters) з підтримкою LoRaWAN або NB-IoT — це професійне, але значно дорожче рішення у порівнянні з вашим варіантом на базі камер.

Для масового ринку B2C (звичайних квартир) використання камер — це

значно ефективніша економічна стратегія, оскільки термін окупності скорочується з 3-4 років до 1 року.

Для оцінки доцільності розробки проєкту «Utility Tracker» було використано формули для визначення точки беззбитковості (D) та порівняно її з очікуваним обсягом реалізації (EV).

За N було взято базовий параметр масштабу (наприклад, кількість запланованих впроваджень). Візьмемо **N = 3** (відповідно до вашої кількості камер), щоб побачити математичну модель у дії:

Показник A (Базовий коефіцієнт витрат): A = N *100 = 3*100 = 300.

Показник B (Варіативна складова): B = 2*N*A - 1000 = 2*3*300 - 1000 = 1800 - 1000 = 800.

Показник C (Коригуючий ефект): C = B-(2*A/9) = 800 – 2*300/9 = 800 - 66.67 = 733.33.

Точка беззбитковості (D): D = (A+B+C)/N= (300+800+733.33)/3 = 1833.33/3 = 611.11.

Розробка вважається доцільною, якщо **EV≥D**. Виходячи з вартості обладнання, що застосовувалося в проекті (~5000 грн за повний комплект), значення D ~611 одиниць є цілком досяжним для ринку України.

Таким чином, розробка програмного продукту «Utility Tracker» є економічно доцільною, оскільки потенційна ринкова вартість реалізації (EV) суттєво перевищує розрахований поріг беззбитковості (D).

Наступним кроком для поліпшення складних зображень може стати можливість генерації Python-скриптів з використанням OpenCV, яка б могла виконувати адаптивну бінаризацію та вирівнювання тексту спеціально для підготовки під Tesseract, а також реалізація Tesseract версії 4.0+ з використанням нейромережі, які краще працюють із зашумленим текстом, ніж старі версії.

Використання спеціально навченої моделі Tesseract допоможе включати алгоритм для «склеювання» сегментних цифр, а розпізнавання об'єктів за допомогою нейромережі дасть приріст точності на 20-30% для електронних дисплеїв та дозволить відсікати зайвий фон з цифрами на фотографії механічних лічильниках. Подальший розвиток подібних платформ має бути спрямований на трансформацію у повноцінні інтелектуальні системи управління ресурсами.

ВИСНОВКИ

У ході нашого дослідження було детально створено та проведено тестування вебсистеми з моніторингу комунальних витрат на основі даних, зібраних з показників лічильників газу, електроенергії, води за допомогою смарт-камер та мережі Wi-Fi. Очікувані результати були зосереджені на спосіб внесення даних, розпізнавання фото лічильників на основі технології Tesseract та на аналіз аналітичній статистиці комунальних витрат споживання користувача.

Проведений аналіз тенденцій предметної області шляхом дослідження цифрової трансформації існуючих методів обліку та моніторингу комунальних витрат в Україні вказав на те, що облік комунальних платежів в такому форматі має ряд особливостей. Впровадження «розумних» лічильників, автоматизованих систем обліку та моніторингу дозволяє на сьогодні збирати дані в реальному часі, виявляти витоки та аномалії, оптимізувати споживання ресурсів та мінімізувати втрати, що приводить до економії для споживачів.

На основі аналізу сучасних тенденцій з контролю комунальних витрат було виявлено те, що впровадження програмних систем моніторингу дозволяє здійснювати надійний контроль енерговитрат за рахунок автоматизованих систем контролю і обліку енергоресурсів. На даний час в Україні вже існують програмні забезпечення в режимі автоматизації для забезпечення функцій: розрахування та нарахування квитанцій, а сучасні інформаційні системи на базі «розумних» лічильників обліку здатні автоматично генерувати рахунки, деталізувати звіти та навіть здійснювати рекомендації щодо економії та інше.

В ході дослідження було визначено оптимальні інструменти реалізації вебсистеми з моніторингу комунальних витрат, зокрема технологічним проривом стали Smart-лічильники з оснащеними електронними компонентами та модулями радіозв'язку. Так, комунікаційні технології та потужне програмне забезпечення дає змогу наразі своєчасно отримувати точні дані про витрати ресурсів та дозволяє забезпечити прозорість, контроль та ефективність використання цих ресурсів. Завдяки цьому сформувався широкий спектр програмних рішень та вебсервісів для моніторингу, що застосовуються як у

державному, так і приватному секторах.

На прикладах впровадження системи управлінням будинком була реалізована основна ідея проекту нашого дослідження, яка полягала у розгортанні мережі смарт-камер у ключових точках квартири де знаходяться лічильники обліку послуг: лічильник води, газу та електроенергії. Завдання збору моніторингових показників сформувалося як особиста потреба у комфортному здійсненні автоматичного збору показників лічильників з важкодоступних місць. Створена централізована платформу для керування та аналізу даних з проведення моніторингу здійснювався через розроблений трекер «Utility Tracker», який відображав отримані дані, будував графіки споживання та надавав повний моніторинг комунальних платежів.

Було розроблено back-end частину та реалізовано API вебсистеми, що включала функції авторизації користувачів і обробку вхідних даних та здійснювала розрахунки фактичних витрат згідно з діючими тарифами. За допомогою рушія Tesseract OCR (Optical Character Recognition) на платформі хмарного середовища Replit та здіснення реалізації програмного коду мовою Python було забезпечено інтерактивну поведінку інтерфейсу трекера «Utility Tracker» з підрахунків різниць показників, роботу з базою даних та побудови діаграм статистичних даних витрат.

В дослідженні був протестований функціонал системи та проведена оцінка результатів та відповідності ефективності впровадженого підходу до реалізації подальшого моніторингу комунальних витрат. В результаті тестування системи з трьох фото показів лічильників якісну оцінку перетворення було отримано зі зняття показів лише газового лічильника; з інших фото якість розпізнавання зображення дуже сильно залежала від якості вхідного зображення.

Розробка програмного продукту представленої вебсистеми є економічно доцільною, оскільки потенційна ринкова вартість реалізації суттєво перевищує розрахований поріг беззбитковості. Проєкт повністю окуповується трохи більше ніж за один рік, що є відмінним показником для систем «розумного будинку».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизована система контролю та обліку енергоресурсів. ТОВ «НІК». URL: https://nik.net.ua/solution/ami-residential (дата звернення: 21.07.2025р.).

2. Багацький В. О. Методи оцінки якості комунальних послуг/ В. О. Багацький, О. В. Багацький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2014. № 6. С. 108-115. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi_2014_6_17 (дата звернення: 21.07.2025р.).

3. Багацький В. О. Система обліку та контролю комунальних послуг з точки зору споживача/ В. О. Багацький, Н. М. Красноруцька, Л. Л. Тишковська, О. В. Багацький // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. 2005. № 6. С. 73-78.

4. Балан О.С., Мартиненко О.С. Особливості обліку комунальних платежів в орендованих нежитлових приміщеннях. Економіка: реалії часу №2(30), 2017. С. 18-24. URL: https://economics.net.ua/files/archive/2017/No2/18.pdf. (дата звернення: 20.07.2025р.).

5. Баранова Ольга. В Україні з'явиться онлайн-система з надання комунальних послуг: що це і для чого. 29 грудня 2021. URL: https://biz.ligazakon.net/news/208427_v-ukran-zyavitsya-onlayn-sistema-z-nadannya-komunalnikh-poslug-shcho-tse--dlya-chogo (дата звернення: 21.07.2025р.).

6. Бубенко П. Т., Покуца І. В., Ващенко В. А. Трансформація процесу управління комунальними підприємствами через розвиток державно-приватного партнерства. Науковий вісник Херсонського державного університету. 2021. Вип. 3. С. 20–23.

7. Бубенко П.Т. Управління системною модернізацією та розвитком житлово_комунальних підприємств: монографія / П.Т. Бубенко, О.В. Димченко, А.Д. Кашпур; НАН України, Північно_Східний науковий центр, Харк. нац. ун_т міськ. госп_ва ім. О.М. Бекетова. -Х.: ХНУМГ, 2014. - 233 с.

8. Дистанційний облік ресурсів. URL: https://jooby.eu/uk/rdc-landing-page-ua/ (дата звернення: 21.07.2025р.).

9. Дистанційний облік ресурсів: як IoT-мережі оптимізують роботу муніципалітетів. URL: https://jooby.eu/uk/blog/distancijnij-oblik-resursiv-yak-iot-

merezhi-optimizuyut-robotu-municipalitetiv/ (дата звернення: 21.07.2025р.).

10. Дубина О.Ф., Євпак В.О. Автоматизована системи зчитувачів показників лічильників. Тези доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології - 2021 (ІКТ-2021)», м. Житомир, 01 - 03 квітня 2021 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2021. С. 107-108. URL: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/tezy-dopovidej-ikt_2021.pdf (дата звернення: 20.07.2025р.).

11. Закон № 80/94-ВР від 05.07.1994 Про захист інформації в інформаційно- комунікаційних системах. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/162730_594986 (дата звернення: 21.07.2025р.).

12. Захаренков Кирило. Складності автоматизації обліку комунальних підприємств. URL: http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/skladnost-avtomatizacji-oblku-komunalnih-pdprijemstv-60542 (дата звернення: 21.07.2025р.).

13. Інтелектуальні системи обліку енергоресурсів. URL: https://raiffeisen.ua/biznesu/blog/intelektualni-sistemi-obliku-energoresursiv-193 (дата звернення: 21.07.2025р.).

14. Кисельов В. В., Никитенко О. Д. Інтернет-сервіси в управлінні об'єднанням співвласників багатоквартирного будинку. Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. 2019. С. 1191-1192. URL: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/fksa_2019_netpub.pdf.

15. Комплекс рішень Jooby RDC. URL: https://jooby.eu/uk/jooby-rdc-online-demo-uk/ (дата звернення: 21.07.2025р.).

16. Комуналка. Мобільний додаток на платформі Google Play. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wallet.komunalka&hl=uk (дата звернення: 21.07.2025р.).

17. Лаговський В.В., Лаговський О.В., Ніжегородцев В.О., Філоненко М.М., Скасків Л.В. Особливості структурних програмних рішень з технологією RSS. В.В. Лаговський. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 2 (288) 2025. С.5-13. URL: https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/view/1035/995.

18. Малтиз В.В. Автоматизація обліку та моніторингу показників ефективності використання персоналу на підприємствах. Актуальні проблеми економіки № 2 (272), 2024. С. 105-110. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/02/2.24._topic_Viktoriia-V.-Maltyz-105-110.pdf. (дата звернення: 20.07.2025р.).

19. Монастирська Т. Б. Облік та контроль в організаціях з обслуговування житлового фонду: автореф. дис.… к.е.н. наук : 08.00.09. Тернопіль, 2016. 22 с.

20. Ніжегородцев В. О. Кросплатформений інструментарій з підтримки фінансово-економічного забезпечення. Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України: матеріали VII Міжнародної конференції (14 листопада 2024 року). Київ Видавництво Ліра-К, 2025. С. 311-314. URL: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/zbirnyk-materialiv_7_mizhnarodnoyi-konferentsiyi-knuba-14.11.2024.pdf.

21. Ніжегородцев В., Саханда А. Цифрові візуальні стереотипи у формуванні споживчих очікувань. Трансформація фіскальної політики в умовах євроінтеграції: збірник матеріалів XV Міжнародної науково-практичної конференції, Ірпінь, 22 листопада 2024 року. Частина 1. Ірпінь : Державний податковий університет, 2024. С. 271-274. URL: https://omp.dpu.edu.ua/catalog/view/661/1057/8674.

22. Ніжегородцев В.О. Аналіз цифрових технічних рішень з моніторингу систем комунальних витрат ІТ-простір сьогодення: тенденції, інновації та перспективи розвитку: збірник тез доповідей ІІ Міжнародної науково-практичної студентської конференції (15 жовтня 2025 року, м. Харків, Україна) [Електронний ресурс]. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. С. 415 - 417.

23. Ніжегородцев В.О., Білокопитов Д.С., Філоненко М.М., Лаговський В.В. Апаратно-програмний фреймворк інтелектуальної системи збору даних з моніторингу GSM-технологій // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 5 (285) 2024. С.72-82. URL: https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/view/994/952.

24. Ніжегородцев В.О. Розробка вебсистеми для моніторингу

комунальних витрат. Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка: збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 20–21 лютого 2025 року). Полтава : ПНПУ імені В.Г. Короленка, 2025. С. 146-148. URL: https://www.researchgate.net/publication/389261398_Metod_krossens_u_pidgotovci_majbutnogo_vcitela.

25. Ніжегородцев Владислав, Коваленко Каріна. Сучасні аспекти UX/UI дизайну у розвитку електронної комерції/Економіка і бізнес: нові реалії, технологічні тренди, цифрові інновації. Economy and business: new realities, technological trends, digital innovations: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених (Львів-Ірпінь, 15 травня 2025 р.). Львів: СПДФО Омельченко В. Г., 2025. С. 213-216. URL: https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/06/Zbirnyk-konferentsii-15-travnia-2025.pdf.

26. Оплата комунальних послуг. URL: https://www.ipay.ua/ua/bills/utilities (дата звернення: 21.07.2025р.).

27. Палагін О. В., Багацький В. О., Багацький О. В. Новий підхід до визначення якості комунальних послуг // Control Systems and Computers. 2020. № 4. С. 14-20.

28. Панченко Микита, Ніжегородцев Владислав. Оптимізаційні методи тестування веб-додатків/Економіка і бізнес: нові реалії, технологічні тренди, цифрові інновації. Economy and business: new realities, technological trends, digital innovations: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених (Львів-Ірпінь, 15 травня 2025 р.). [Елекронне вид.]. Львів: СПДФО Омельченко В. Г., 2025. С. 217-219. URL: https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/06/Zbirnyk-konferentsii-15-travnia-2025.pdf.

29. Пилипенко Олександра. Як сплатити комунальні послуги за допомогою онлайн-сервісів. URL: https://www.6262.com.ua/news/3972145/ak-splatiti-komunalni-poslugi-za-dopomogou-onlajn-servisiv.

30. Полуянов В. П., Попович Н. С. Питання підвищення якості житлово-комунальних послуг як резерву врегулювання обсягів дебіторської заборгованості

галузі. Вісник Хмельницького національного університету 2011, № 2, Т. 1. С. 227-234. URL: https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2011_2_1/227-234.pdf (дата звернення: 20.07.2025р.).

31. Прогноз тенденцій розвитку інтернету речей у 2025 році. URL: https://jooby.eu/uk/blog/prognoz-tendencij-rozvitku-internetu-rechej-u-2025-roci/ (дата звернення: 21.07.2025р.).

32. Програма для комунальних послуг. Універсальна Система Обліку. URL: https://ususoft.com.ua/uk/programma_dlya_kommunalnyih_uslug.php (дата звернення: 21.07.2025р.).

33. Проект Закону України «Про Єдину державну систему моніторингу виробництва, постачання, транспортування, споживання та оплати за паливно-енергетичні ресурси і комунальні послуги» № 4844 від 17.06.2016 р. URL: 6http://w1.c1.rada._gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=59460.

34. Рибачук В. Л. Формування механізму підвищення якості послуг житлово-комунального господарства в умовах конкурентного середовища. Інвестиції: практика та досвід. 2020. № 3. С. 83–88.

35. Ровенчак Т. Г., Шевчук С. В. Проблеми інноваційного розвитку житлово-комунального господарства. URL: https://conferences.vntu.edu.ua/ іпdех.рЬр/ЬМШ2016/paper/viewF іі€/1592/1293.

36. Сембрат Д. С. Никитенко О. Д. Автоматизована система обліку та нарахування комунальних платежів в багатоквартирному будинку. Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. 2019. С. 1193-1194. URL: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2019/paper/download/7817/6402 (дата звернення: 20.07.2025р.).

37. Сплатити комунальні послуги у Києві. URL: https://www.portmone.com.ua/catalog/communal/kyiv?gad_source=1&gad_campaignid=11205187660&gbraid=0AAAADep8vraqutACHy3S5NiZlXzgrLMa&gclid=Cj0KCQjw-NfDBhDyARIsADILeDMwPLoqffFPghRYGupMc2jdLes9q5KPCL1twhet9MbdPvcwzHB65saAn9 qEALw_wcB (дата звернення: 21.07.2025р.).

38. Табунщик Г.В, Кудерметов Р.К., Каплієнко. Інженерія якості програмного забезпечення: навчальний посібник, 2-ге видання. Запоріжжя: Дике Поле, 2016. 176 с.

39. Тиханський В. В. Удосконалення інформаційних систем моніторингу споживання житлово-комунальних послуг за допомогою хмарних технологій / В. В. Тиханський, М. В. Козиренко // Інвестиції: практика та досвід. 2017. № 18. С. 102-107. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2017_18_23 (дата звернення: 21.07.2025р.).

40. Тітяєв В.В., Моря А.О. Хмарні технології - ключова стратегія інноваційного розвитку підприємств міського господарства // Економічні проблеми та перспективи розвитку житлово-комунального господарства на сучасному етапі: матер. конф. «Економічні проблеми і перспективи розвитку житлово-комунального господарства на сучасному етапі» 26—28 травня 2015 року, Харків. Х., 2015. С. 66 - 67.

41. Güven Y., Coşgun E., Kocaoğlu S., Gezici H., Yilmazlar E. Understanding the Concept of Microcontroller Based Systems To Choose The Best Hardware For Applications. Research Inventy: International Journal of Engineering And Science. Vol.6, Issue 9 (September 2017), PP. 38-44. URL: https://www.researchgate.net/publication/322436662_Understanding_the_Concept_of_Microcontroller_Based_Systems_To_Choose_The_Best_Hardware_For_Applications (дата звернення: 21.07.2025р.).

42. Hilpisch, Y. Artificial Intelligence in Finance. O'Reilly Media. URL: http://surl.li/phgxe 2. Creamer, Germán, Gary Kazantsev, and Tomaso Aste, eds. Machine learning and AI in finance. Routledge, 2021. URL: http://surl.li/phgxq.

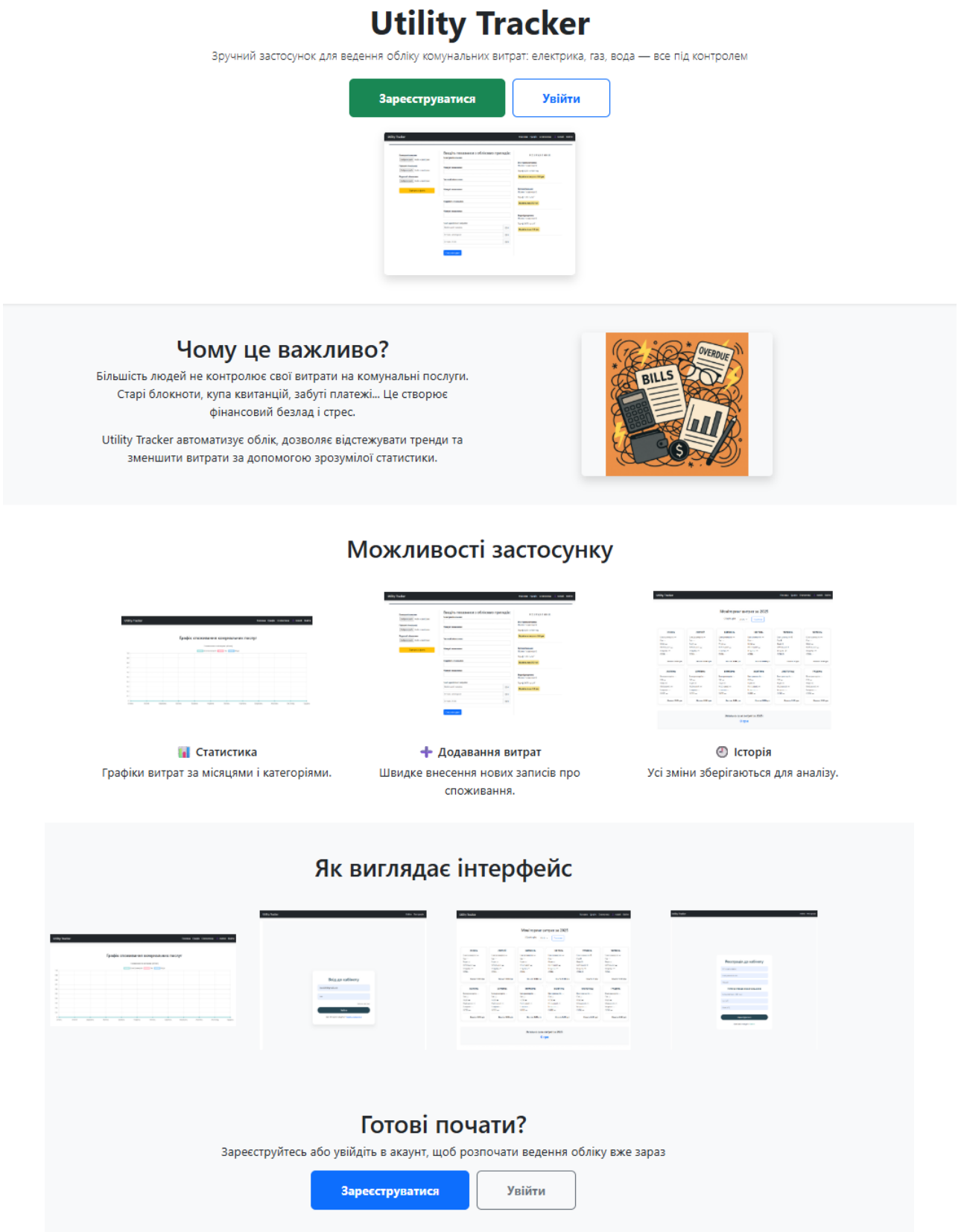
43. Robert Stelzle & Elias Koch «Using RSS to keep track of the latest Journal Articles» Elephant in the room 19 july 2023.

44. The Enduring Value of RSS Feeds: Connecting Content and Community - 99 Park Row, доступ отримано січня 21, 2025. URL: https://www.99parkrow.com/2024/09/the-enduring-value-of-rss-feeds-connecting-content-and-community/ (дата звернення: 21.07.2025р.).

ДОДАТКИ

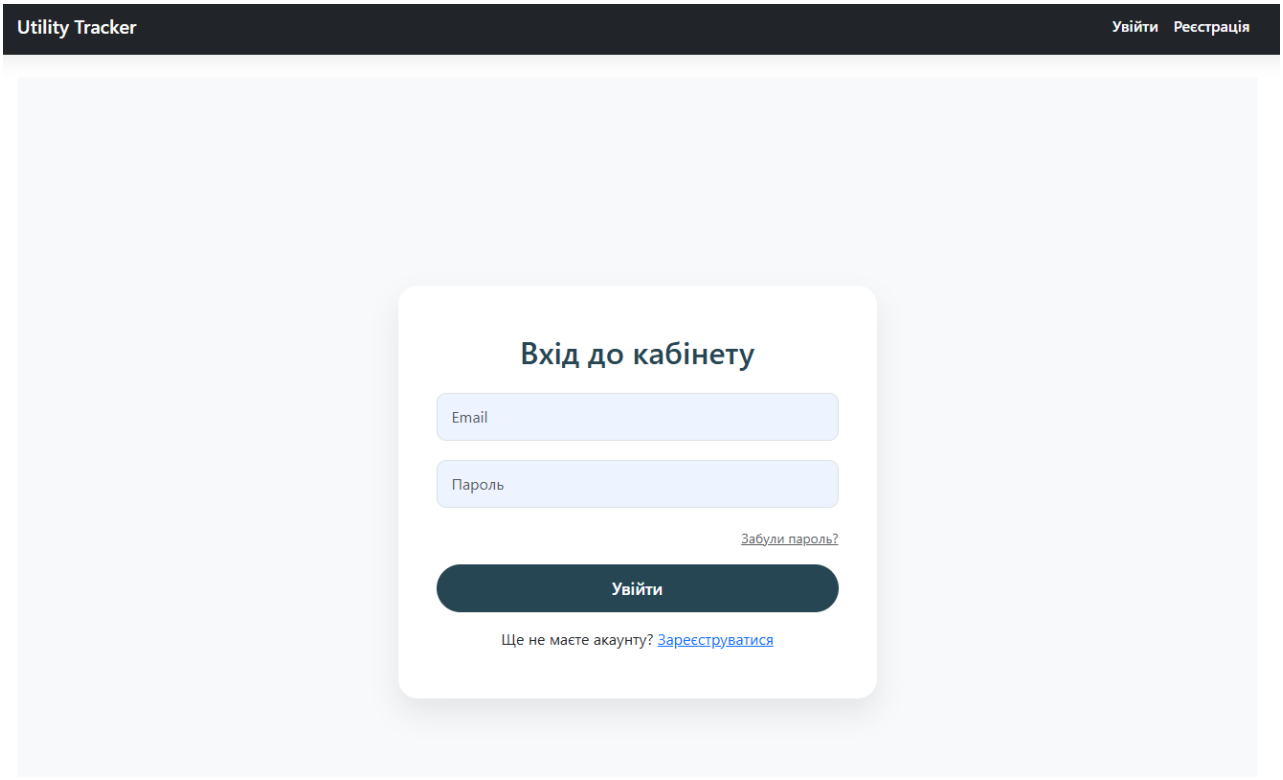
ДОДАТОК А

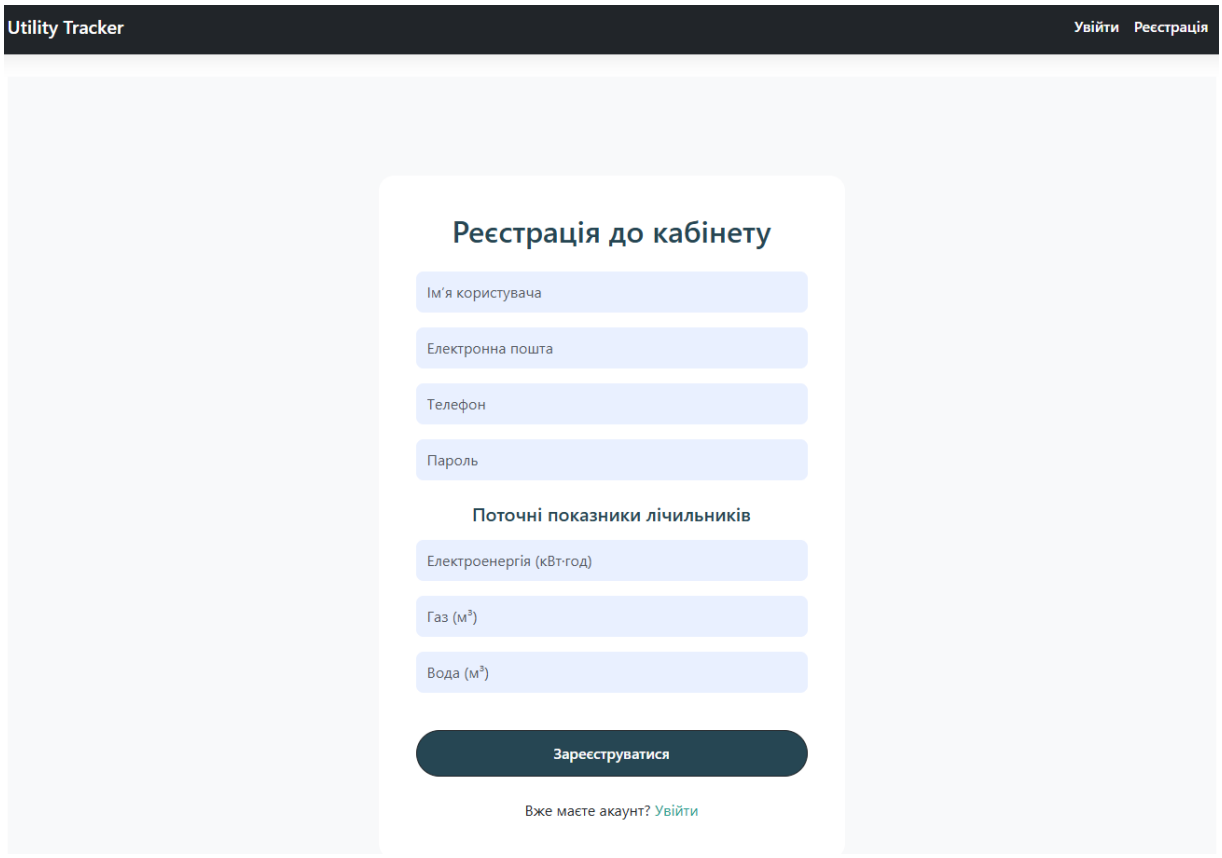
Стартова інформативна сторінка вебсистеми



ДОДАТОК Б

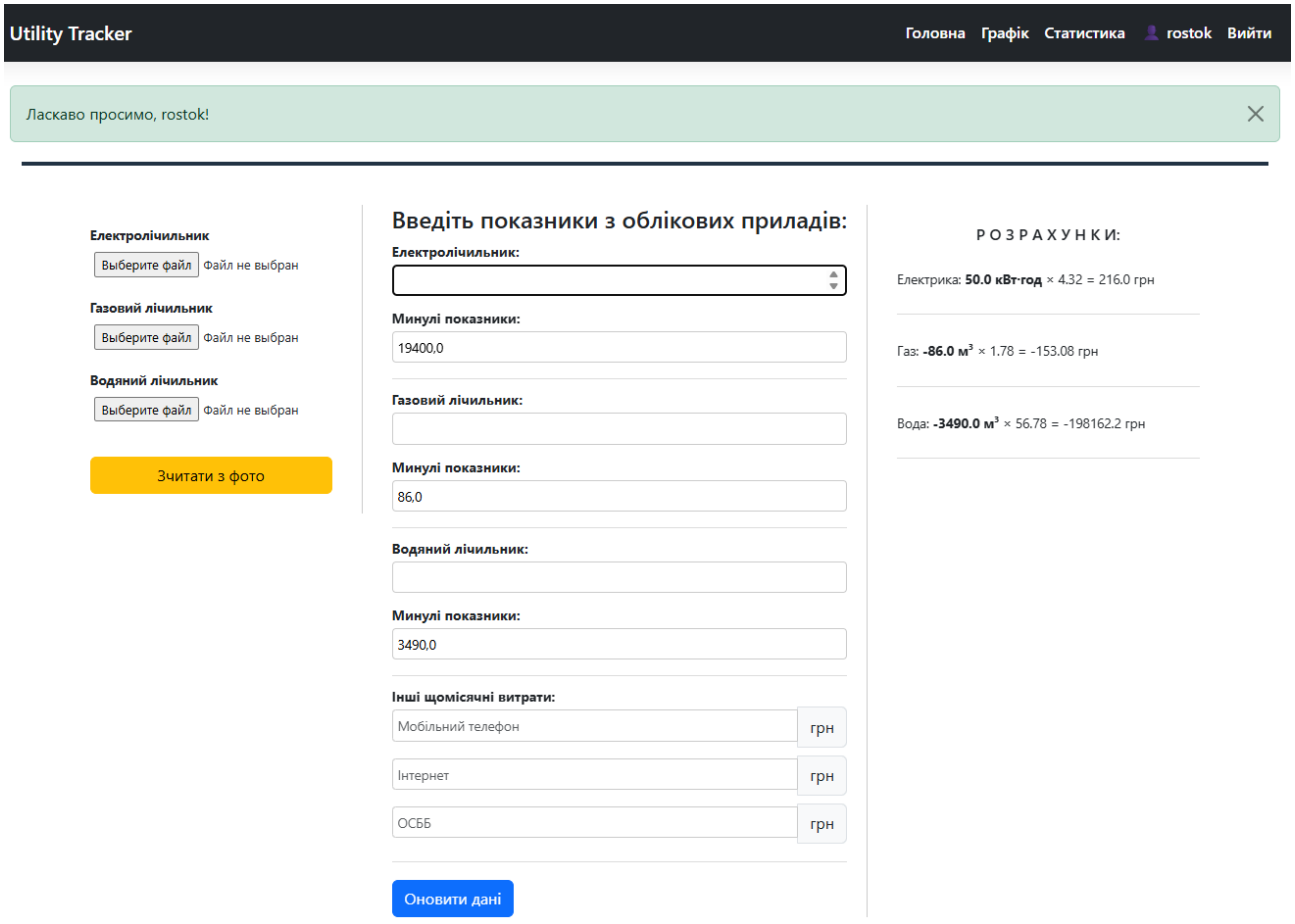
Сторінка персоналізації та реєстрації користувача вебсистеми





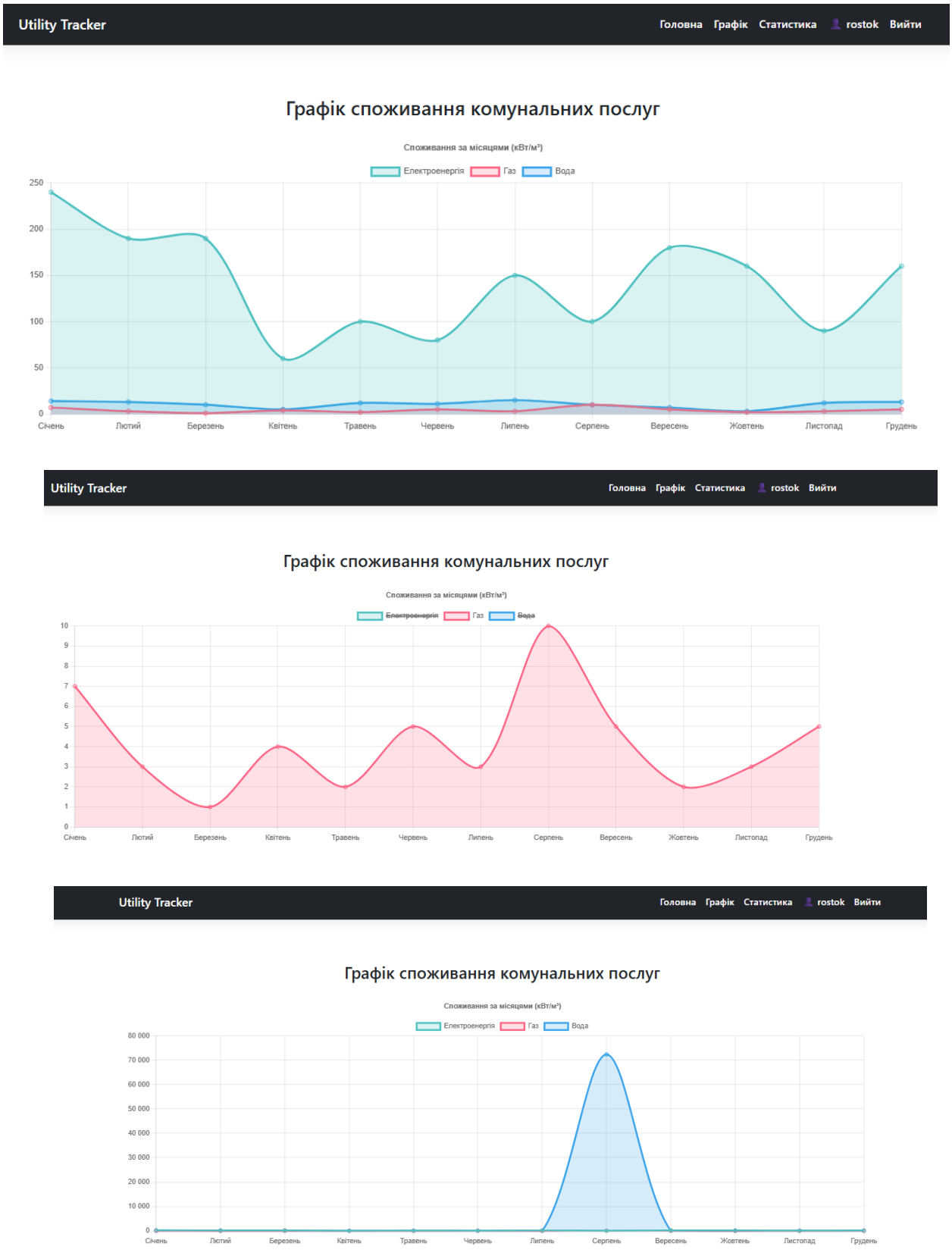
ДОДАТОК В

«Головна» сторінка вебсистеми для введення поточних показників



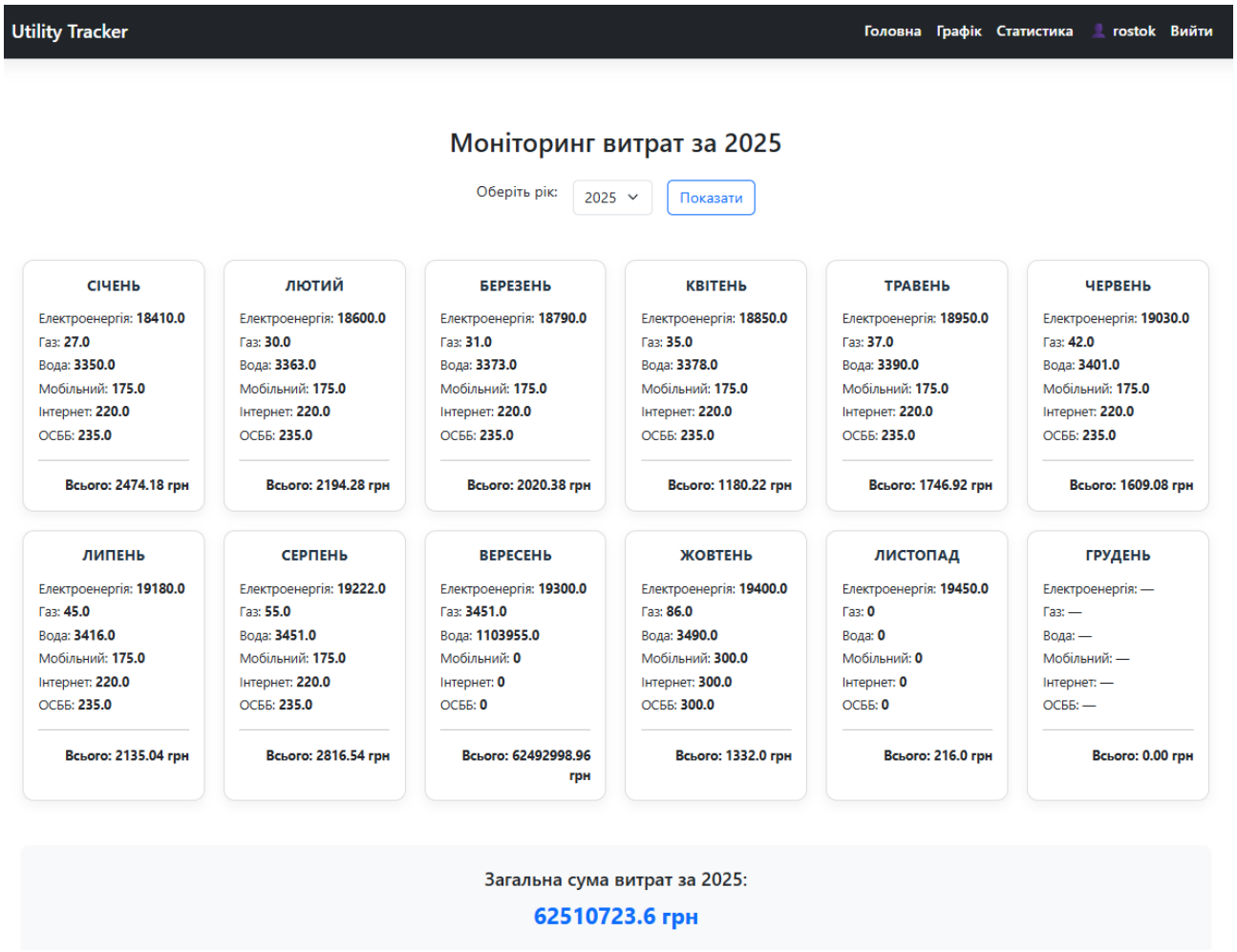
ДОДАТОК Г

Сторінка вебсистеми «Графік» для візуального представлення споживання комунальних послуг



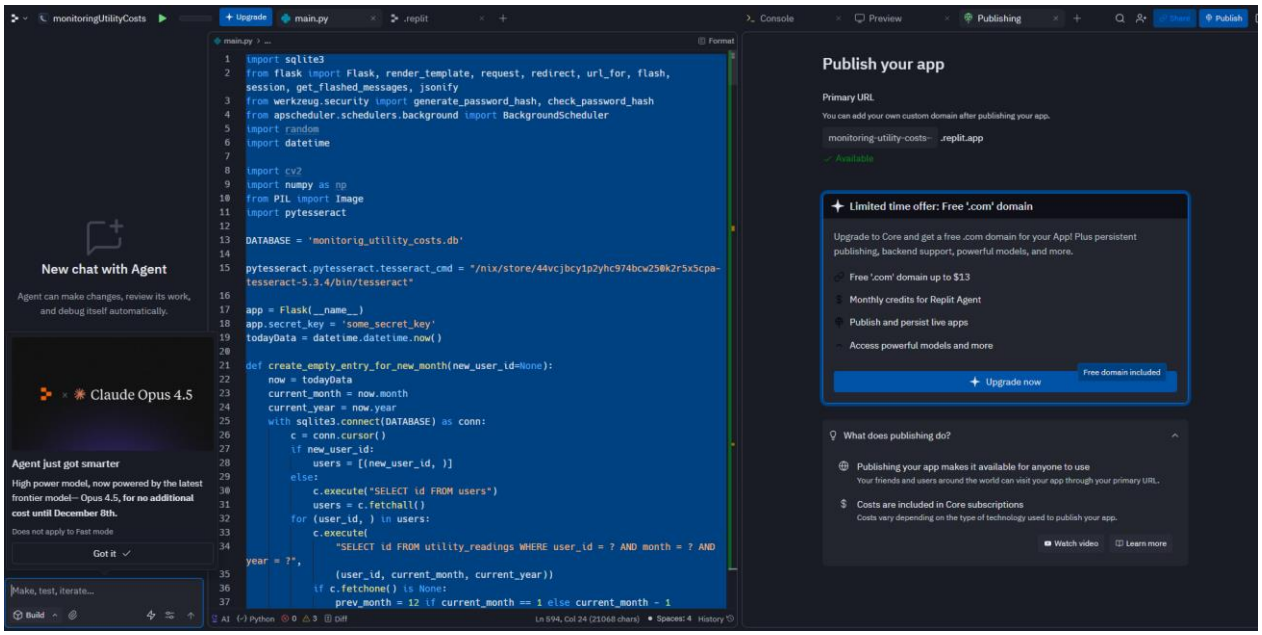
ДОДАТОК Д

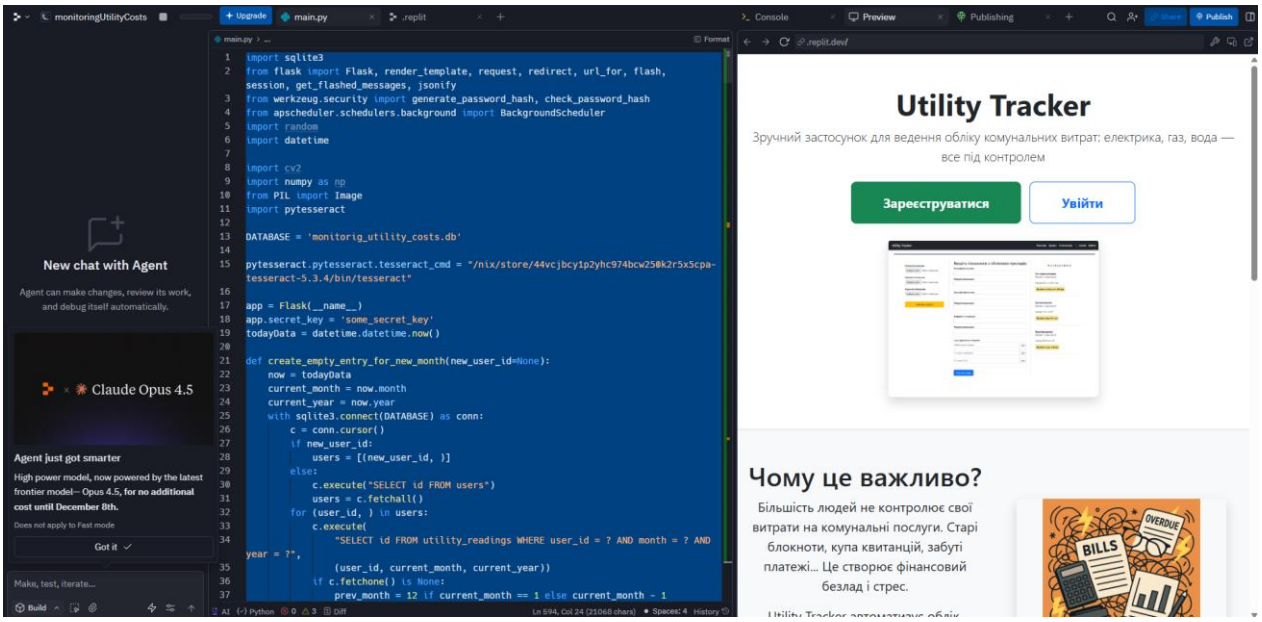
Сторінка вебсистеми «Статистика» для аналізу фінансового моніторингу оплати за споживання комунальних послуг



ДОДАТОК Е

Представлення проекту вебсистеми в онлайн-середовищі розробки Replit





ДОДАТОК Ж

Лістинг повного коду проекту вебсистеми

```
import sqlite3

from flask import Flask, render_template, request, redirect, url_for, flash, session,
get_flashed_messages, jsonify
from werkzeug.security import generate_password_hash, check_password_hash
from apscheduler.schedulers.background import BackgroundScheduler
import random
import datetime

import cv2
import numpy as np
from PIL import Image
import pytesseract

DATABASE = 'monitorig_utility_costs.db'

pytesseract.pytesseract.tesseract_cmd                                    =
"/nix/store/44vcjbcy1p2yhc974bcw250k2r5x5cpa-tesseract-5.3.4/bin/tesseract"

app = Flask(__name__)
app.secret_key = 'some_secret_key'
todayData = datetime.datetime.now()

def create_empty_entry_for_new_month(new_user_id=None):
    now = todayData
    current_month = now.month
    current_year = now.year
    with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
        c = conn.cursor()
        if new_user_id:
            users = [(new_user_id, )]
        else:
            c.execute("SELECT id FROM users")
            users = c.fetchall()
        for (user_id, ) in users:
            c.execute(
                "SELECT id FROM utility_readings WHERE user_id = ? AND month = ?
AND year = ?",
                (user_id, current_month, current_year))
            if c.fetchone() is None:
                prev_month = 12 if current_month == 1 else current_month - 1
                prev_year = current_year - 1 if current_month == 1 else current_year
```

```
            c.execute(
                "SELECT id FROM utility_readings WHERE user_id = ? AND month =
? AND year = ?",
                (user_id, prev_month, prev_year))
            prev_result = c.fetchone()
            prev_id = prev_result[0] if prev_result else 0
            c.execute(
                "INSERT INTO utility_readings (user_id, month, year, prev_reading_id)
VALUES (?, ?, ?, ?)",
                (user_id, current_month, current_year, prev_id))
        conn.commit()

scheduler = BackgroundScheduler()
scheduler.add_job(func=create_empty_entry_for_new_month,
                  trigger='cron',
                  day=1,
                  hour=0,
                  minute=0)
scheduler.start()

@app.before_request
def check_month_entry():
    if 'user_id' in session:
        create_empty_entry_for_new_month(session['user_id'])

@app.after_request
def add_flash_on_post(response):
    if request.method == 'POST' and response.status_code == 200:
        if 'error' in [
                msg.lower()
                for cat, msg in get_flashed_messages(with_categories=True)
                if cat == 'error'
        ]:
            flash('Щось пішло не так при виконанні дії.', 'error')
        else:
            flash('Дію успішно виконано!', 'success')
    return response

@app.route('/')
def start():
    if 'user_id' in session:
        return redirect(url_for('show_info_utility_costs'))
    else:
        return render_template('mainPage.html')
```

```
# ... інші маршрути та функції (реєстрація, логін, upload_readings і т.д.) мають бути дописані нижче так само без smtplib
@app.route('/register', methods=['GET', 'POST'])
def register():
    if request.method == 'POST':
        username = request.form.get('username')
        email = request.form.get('email')
        password = request.form.get('password')

        # Початкові показники (float)
        electric = float(request.form.get('electric_prev', 0) or 0)
        gas = float(request.form.get('gas_prev', 0) or 0)
        water = float(request.form.get('water_prev', 0) or 0)

        if not username or not email or not password:
            flash('Будь ласка, заповніть всі поля.', 'error')
            return redirect(url_for('register'))

        try:
            with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
                c = conn.cursor()

                # Перевірка наявності користувача
                c.execute("SELECT id FROM users WHERE email = ?", (email, ))
                if c.fetchone():
                    flash('Користувач із таким email вже існує.', 'error')
                    return redirect(url_for('register'))

                # Створення нового користувача
                hashed_password = generate_password_hash(password)
                c.execute(
                    "INSERT INTO users (username, email, password) VALUES (?, ?, ?)",
                    (username, email, hashed_password))
                user_id = c.lastrowid

                # Визначення попереднього місяця
                now = datetime.datetime.now()
                prev_month = 12 if now.month == 1 else now.month - 1
                prev_year = now.year - 1 if now.month == 1 else now.year

                # Вставка стартових показників у utility_readings
                c.execute(
                    """
```

```
                INSERT INTO utility_readings (
                    user_id, month, year,
                    electric_current, gas_current, water_current
                ) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?)
            """, (user_id, prev_month, prev_year, electric, gas, water))

            conn.commit()

        flash('Реєстрація пройшла успішно!', 'success')
        return redirect(url_for('login'))

    except sqlite3.Error as e:
        flash(f'Помилка бази даних: {e}', 'error')

  return render_template('register.html')

@app.route('/login', methods=['GET', 'POST'])
def login():
  if request.method == 'POST':
    email = request.form.get('email')
    password = request.form.get('password')

    if not email or not password:
        flash('Введіть email та пароль.', 'error')
        return redirect(url_for('login'))

    with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
        c = conn.cursor()
        c.execute(
            "SELECT id, username, password FROM users WHERE email = ?",
            (email, ))
        user = c.fetchone()

        if user and check_password_hash(user[2], password):
            session['user_id'] = user[0]
            session['username'] = user[1]
            flash(f'Ласкаво просимо, {user[1]}!', 'success')
            return redirect(url_for('show_info_utility_costs'))
        else:
            flash('Неправильний email або пароль.', 'error')

  return render_template('login.html')

@app.route('/logout')
```

```
def logout():
    session.clear()
    flash('Ви вийшли з кабінету.', 'success')
    return redirect(url_for('login'))

@app.route('/infoUtility', methods=['GET', 'POST'])
def show_info_utility_costs():
    if 'user_id' not in session:
        flash('Будь ласка, увійдіть у систему!', 'error')
        return redirect(url_for('login'))

    user_id = session['user_id']
    now = todayData  # або datetime.datetime.now()
    month = now.month
    year = now.year

    existing_data = {}
    prev_data = {}

    with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
        c = conn.cursor()

        # Отримуємо поточні дані
        c.execute(
            f"""
            SELECT id, electric_current, gas_current, water_current,
                   phone_expense, internet_expense, condo_expense, prev_reading_id
            FROM utility_readings
            WHERE user_id = ? AND month = ? AND year = ?
        """, (user_id, month, year))
        row = c.fetchone()

        if row:
            keys = [
                'electric_current', 'gas_current', 'water_current',
                'phone_expense', 'internet_expense', 'condo_expense'
            ]
            existing_data = dict(zip(keys, row[1:7]))
            prev_id = row[7]
        else:
            prev_id = None

        # Отримуємо попередні дані за prev_reading_id
        if prev_id:
```

```
        c.execute(
            """
            SELECT electric_current, gas_current, water_current
            FROM utility_readings
            WHERE id = ?
        """, (prev_id, ))
        prev_row = c.fetchone()
        if prev_row:
            prev_data = dict(
                zip(['electric_current', 'gas_current', 'water_current'],
                    prev_row))

# Якщо прийшов POST-запит
if request.method == 'POST':
    # Збираємо всі поля з форми
    data = {
        'electric_current': request.form.get('electric_current') or 0,
        'gas_current': request.form.get('gas_current') or 0,
        'water_current': request.form.get('water_current') or 0,
        'phone_expense': request.form.get('phone_expense') or 0,
        'internet_expense': request.form.get('internet_expense') or 0,
        'condo_expense': request.form.get('condo_expense') or 0
    }

    # Отримуємо prev_reading_id
    with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
        c = conn.cursor()

        prev_month = month - 1 if month > 1 else 12
        prev_year = year if month > 1 else year - 1

        c.execute(
            """
            SELECT id FROM utility_readings
            WHERE user_id = ? AND month = ? AND year = ?
        """, (user_id, prev_month, prev_year))
        prev = c.fetchone()
        prev_reading_id = prev[0] if prev else None

        # Додаємо/оновлюємо запис
        c.execute(
            """
            INSERT INTO utility_readings (
                user_id, month, year, prev_reading_id,
```

```
                electric_current, gas_current, water_current,
                phone_expense, internet_expense, condo_expense
            ) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)
            ON CONFLICT(user_id, month, year) DO UPDATE SET
                electric_current = excluded.electric_current,
                gas_current = excluded.gas_current,
                water_current = excluded.water_current,
                phone_expense = excluded.phone_expense,
                internet_expense = excluded.internet_expense,
                condo_expense = excluded.condo_expense
        """, (user_id, month, year, prev_reading_id,
              float(data['electric_current']), float(
                  data['gas_current']), float(data['water_current']),
              float(data['phone_expense']), float(
                  data['internet_expense']), float(data['condo_expense'])))

        conn.commit()
    flash('Дані успішно оновлено!', 'success')
    return redirect(url_for('show_info_utility_costs'))

return render_template('infoUtilityCosts.html',
                       existing_data=existing_data,
                       prev_data=prev_data)

@app.route('/statisticsUtility')
def show_statistics_utility_costs():
    if 'user_id' not in session:
        flash('Будь ласка, увійдіть у систему!', 'error')
        return redirect(url_for('login'))

    user_id = session['user_id']
    year = request.args.get('year', datetime.datetime.now().year, type=int)
    months_list = [
        'Січень', 'Лютий', 'Березень', 'Квітень', 'Травень', 'Червень',
        'Липень', 'Серпень', 'Вересень', 'Жовтень', 'Листопад', 'Грудень'
    ]

    e_tariff = 4.32
    g_tariff = 1.78
    w_tariff = 56.78

    with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
        c = conn.cursor()
        c.execute(
```

```
    "SELECT DISTINCT year FROM utility_readings WHERE user_id = ?",
    (user_id, ))
years = sorted({row[0] for row in c.fetchall()}, reverse=True)
c.execute(
    """
    SELECT id, month, year, electric_current, gas_current, water_current,
           phone_expense, internet_expense, condo_expense, prev_reading_id
    FROM utility_readings
    WHERE user_id = ? AND year = ?
""", (user_id, year))
rows = c.fetchall()

monthly_data = {}
total_year_expense = 0

for row in rows:
    (entry_id, month, entry_year, e_curr, g_curr, w_curr, phone,
     internet, condo, prev_id) = row

    # Попередні показники
    e_prev = g_prev = w_prev = 0
    if prev_id:
        c.execute(
            """
            SELECT electric_current, gas_current, water_current
            FROM utility_readings
            WHERE id = ?
        """, (prev_id, ))
        prev_row = c.fetchone()
        if prev_row:
            e_prev, g_prev, w_prev = prev_row

    e_diff = (e_curr or 0) - (e_prev or 0)
    g_diff = (g_curr or 0) - (g_prev or 0)
    w_diff = (w_curr or 0) - (w_prev or 0)

    if prev_id:
        e_cost = round(max(e_diff, 0) * e_tariff, 2)
        g_cost = round(max(g_diff, 0) * g_tariff, 2)
        w_cost = round(max(w_diff, 0) * w_tariff, 2)
        is_initial = False
    else:
        e_cost = g_cost = w_cost = 0.0
        is_initial = True
```

```
            month_total = sum([
                e_cost, g_cost, w_cost, phone or 0, internet or 0, condo or 0
            ])

            monthly_data[(month, entry_year)] = {
                'electric_current': e_curr or 0,
                'gas_current': g_curr or 0,
                'water_current': w_curr or 0,
                'phone_expense': phone or 0,
                'internet_expense': internet or 0,
                'condo_expense': condo or 0,
                'total': round(month_total, 2),
                'is_initial': is_initial
            }

            if not is_initial:
                total_year_expense += month_total

    return render_template('statisticsUtilityCosts.html',
                           year=year,
                           years=years,
                           months_list=months_list,
                           monthly_data=monthly_data,
                           total_year_expense=round(total_year_expense, 2))

@app.route('/api/utility-data')
def utility_data():
    if 'user_id' not in session:
        return jsonify({'error': 'Not authorized'}), 403
    user_id = session['user_id']
    electric = [0] * 12
    gas = [0] * 12
    water = [0] * 12
    months = [
        'Січень', 'Лютий', 'Березень', 'Квітень', 'Травень', 'Червень',
        'Липень', 'Серпень', 'Вересень', 'Жовтень', 'Листопад', 'Грудень'
    ]

    with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
        c = conn.cursor()
        c.execute(
            """
            SELECT month, electric_current, gas_current, water_current,
```

```
prev_reading_id
            FROM utility_readings
            WHERE user_id = ?
        """, (user_id, ))
        rows = c.fetchall()

        for row in rows:
            month_idx = row[0] - 1
            e_curr, g_curr, w_curr = row[1], row[2], row[3]
            prev_id = row[4]

            if prev_id:
                c.execute(
                    """
                    SELECT electric_current, gas_current, water_current
                    FROM utility_readings WHERE id = ?
                """, (prev_id, ))
                prev_row = c.fetchone()
                if prev_row:
                    electric[month_idx] = round(
                        e_curr -
                        prev_row[0], 2) if e_curr and prev_row[0] else 0
                    gas[month_idx] = round(g_curr - prev_row[1],
                                           2) if g_curr and prev_row[1] else 0
                    water[month_idx] = round(
                        w_curr -
                        prev_row[2], 2) if w_curr and prev_row[2] else 0

    return jsonify({
        'months': months,
        'electric': electric,
        'gas': gas,
        'water': water
    })

@app.route('/chartsUtility')
def charts_utility():
    if 'user_id' not in session:
        flash('Будь ласка, увійдіть у систему!', 'error')
        return redirect(url_for('login'))

    year = request.args.get('year', datetime.datetime.now().year, type=int)
    return render_template('chartsUtility.html', year=year)
```

```
def recognize_digits_adapted(image_pil):
    import numpy as np
    import cv2
    import pytesseract
    image = np.array(image_pil.convert('RGB'))
    image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_RGB2BGR)

    # Масштабування
    image = cv2.resize(image, None, fx=4, fy=4, interpolation=cv2.INTER_CUBIC)

    # В градації сірого
    gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    gray = cv2.GaussianBlur(gray, (3, 3), 0)
    _, thresh = cv2.threshold(gray, 0, 255,
                              cv2.THRESH_BINARY_INV + cv2.THRESH_OTSU)

    # Морфологія
    kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_RECT, (2, 2))
    thresh = cv2.morphologyEx(thresh, cv2.MORPH_CLOSE, kernel)

    # Виділяємо контури (цифри)
    contours, _ = cv2.findContours(thresh, cv2.RETR_EXTERNAL,
                                   cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

    # Фільтруємо лише великі контури (відсікаємо шум)
    digit_regions = []
    for cnt in contours:
        x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
        if h > 20 and w > 10:  # ці пороги можна налаштувати
            digit_regions.append((x, y, w, h))

    if not digit_regions:
        return ""

    # Знаходимо межі всієї групи цифр
    x_min = min(x for x, y, w, h in digit_regions)
    y_min = min(y for x, y, w, h in digit_regions)
    x_max = max(x + w for x, y, w, h in digit_regions)
    y_max = max(y + h for x, y, w, h in digit_regions)

    roi = thresh[y_min:y_max, x_min:x_max]

    # Оптимізація параметрів для Tesseract
    custom_config = r'--oem 3 --psm 7 -c tessedit_char_whitelist=0123456789.,'
```

```
    result = pytesseract.image_to_string(roi, config=custom_config)

    # Чистка символів
    clean = ''.join(c for c in result if c.isdigit() or c in [',', '.'])
    clean = clean.replace(',', '.').strip()

    return clean

@app.route('/upload_readings', methods=['POST'])
def upload_readings():
    if 'user_id' not in session:
        return redirect(url_for('login'))

    user_id = session['user_id']
    now = datetime.datetime(2025, 9, 1)
    month = now.month
    year = now.year

    readings = {}
    not_recognized = []

    for meter_type in ['electric', 'gas', 'water']:
        file = request.files.get(f"{meter_type}_image")
        if file and file.filename:
            try:
                image = Image.open(file.stream)
                digits = recognize_digits_adapted(image)
                if digits:
                    try:
                        value = float(digits)
                        readings[meter_type] = value
                        print(f"✔ {meter_type.upper()} → {value}")
                    except ValueError:
                        not_recognized.append(meter_type)
                        print(f"⚠ Неможливо перетворити в число: {digits}")
                else:
                    not_recognized.append(meter_type)
                    print(f"⚠ {meter_type.upper()} не розпізнано")
            except Exception as e:
                print(f"[✗] Помилка обробки {meter_type.upper()}: {e}")
                not_recognized.append(meter_type)
```

```
    if not readings:
        print("❌ Жодного показника не зчитано.")
        return redirect(url_for('show_info_utility_costs'))

    try:
        with sqlite3.connect(DATABASE) as conn:
            c = conn.cursor()

            c.execute(
                "SELECT id FROM utility_readings WHERE user_id=? AND month=? AND year=?",
                (user_id, month, year))
            existing = c.fetchone()

            if existing:
                updates = []
                params = []
                for meter_type in readings:
                    updates.append(f"{meter_type}_current = ?")
                    params.append(readings[meter_type])
                update_query = f"""
                    UPDATE utility_readings
                    SET {', '.join(updates)}
                    WHERE user_id = ? AND month = ? AND year = ?
                """
                params.extend([user_id, month, year])
                c.execute(update_query, params)
                print("✅ Оновлено запис у БД:", readings)
            else:
                fields = ['user_id', 'month', 'year']
                values = [user_id, month, year]
                for meter_type in readings:
                    fields.append(f"{meter_type}_current")
                    values.append(readings[meter_type])
                field_list = ', '.join(fields)
                placeholders = ', '.join(['?'] * len(values))
                insert_query = f"INSERT INTO utility_readings ({field_list}) VALUES ({placeholders})"
                c.execute(insert_query, values)
                print("🆕 Додано новий запис у БД:", readings, " lastrowid=",
                      c.lastrowid)

            conn.commit()
```

```
            # перевіримо, що рядок дійсно збережено
            c.execute(
                "SELECT * FROM utility_readings WHERE user_id=? AND month=? AND
year=?",
                (user_id, month, year))
            print("[DEBUG] row after commit:", c.fetchone())
        except Exception as e:
            print("[DB ERROR]", e)
        return redirect(url_for('show_info_utility_costs'))
if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)
```

ДОДАТОК З

Технічні пристрої, які були задіяні для зняття даних комунальних витрат користувача



Лічильник для холодної води від компанії B Meters (Італія) GSD8 1/2" (Ду15)



газовий лічильник GMBP VSZAR G-2,5 лічильник мембранного газу



лічильник електричної енергії НІК 2102-04

ДОДАТОК И

Технічні пристрої мережевої інфраструктури для введення даних комунальних витрат користувача



Камера безпеки з автоматичним відстеженням Thirywo Z2



Маршрутизатор Mercusys AC12G WiFi5 / AC1200 / 1 Гбіт/с/ 2*2*2MIMO (5 ГГц + 2.4 ГГц - дводіапазонний)

ДОДАТОК К

Сертифікат про успішне закінченням освітнього серіалу «Оплата комуналки онлайн» # C0074405035 через платформу онлайн-курсів «Дія» від Міністерства цифрової трансформації України



ДОДАТОК Л

Сертифікат про проходженням курсу «Машинне навчання» через платформу масових відкритих онлайн-курсів Prometheus



PROMETHEUS

СЕРТИФІКАТ
Виданий 30.03.2025

Цей сертифікат засвідчує, що

Владислав Ніжегородцев

успішно закінчив(ла) курс

Машинне навчання,

наданий **Олесем Петрівим**, **Антоном Чернятевичем**, **Олександрою Шкоріновою** через платформу масових відкритих онлайн-курсів **Prometheus**.

Курс виготовлено в межах "Ініціативи з розвитку аналітичних центрів в Україні", яку виконує МФ "Відродження" у партнерстві з Фондом розвитку аналітичних центрів (TTF) за фінансової підтримки посольства Швеції в Україні (SIDA).

Олесь Петрів
співавтор курсу

Антон Чернятевич
співавтор курсу

Олександра Шкорінова
співавторка курсу

Автентичність цього сертифіката може бути перевірена за https://certs.prometheus.org.ua/cert/836ce425260542688cf84283bcb17604

ДОДАТОК М

Сертифікат учасника V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка»

