

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Західноукраїнський національний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії

Красниця Віталій Ігорович

**Програмний модуль виділення та передачі  
показників лічильника використаного газу через  
SMS-повідомлення/Software module for selecting and  
transmitting gas meter readings via SMS**

спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія  
освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

Кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КІ-41  
Красниця Віталій Ігорович

Науковий керівник  
к.т.н. Батько Ю.М.

Кваліфікаційну роботу допущено  
до захисту:

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ О.Л. Дубчак

ТЕРНОПІЛЬ - 2024

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Програмний додаток розпізнавання цифрових даних на приладах обліку електроенергії» зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» містить 67 сторінки пояснюючої записки, 14 рисунків, 3 таблиць, 3 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмного додатку виділення та розпізнавання цифрових даних на табло приладів обліку природного газу на основі порівняння з еталонними зображеннями.

Методи досліджень базуються на теорії алгоритмів (для аналізу розроблених методів та алгоритмів), алгоритмах порівняння (знаходження цифр на зображенні), технологій об'єктно-орієнтованого програмування (для програмної реалізації спроектованої структури програмного додатку).

В кваліфікаційній роботі на основі аналізу існуючих алгоритмів обробки цифрових зображень та технічних особливостей лічильників природного газу реалізовано мобільний додаток виділення та розпізнавання цифрової інформації на зображеннях табло лічильників природного газу.

Проведено тестові дослідження та моделювання архітектури програмного додатку, а також програмно реалізовано прикладний програмний додаток на мові програмування Python з використанням цифрової бібліотеки OpenCV, що підтвердило доцільність використання алгоритмів порівняння на основі еталонних при виділенні цифрової інформації на зображеннях.

Розроблений програмний продукт є ефективним засобом з простим інтерфейсом, що дозволяє вирішувати проблему автоматизації обліку витрат природного газу для приватних будинків та підприємств.

Ключові слова: АЛГОРИТМИ ПОРІВНЯННЯ, ЕТАЛОННІ МОДЕЛІ, ЛІЧІЛЬНИКИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ, АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ІНФОРМАЦІЇ.

## ANNOTATION

Qualification thesis “Software application for recognizing digital data on electricity meter” in the specialty 123 "Computer Engineering" "bachelor" education degree contains 67 pages of explanatory notes, 14 figures, 4 tables, 3 appendixes. The volume of graphic material is 2 sheets of A3 format.

The purpose of the qualification work is to develop a software application for selection and recognition of digital data on the panel of natural gas metering devices based on comparison with reference images.

Research methods are based on the theory of algorithms (for the analysis of developed methods and algorithms), comparison algorithms (finding numbers on the image), object-oriented programming technologies (for the software implementation of the designed structure of the software application).

In the qualification work, based on the analysis of existing digital image processing algorithms and technical features of natural gas meters, a mobile application for selection and recognition of digital information on the images of natural gas meter panels was implemented.

Test studies and modeling of the architecture of the software application were carried out, as well as an applied software application was implemented in the Python programming language using the OpenCV digital library, which confirmed the feasibility of using comparison algorithms based on reference ones when extracting digital information from images.

The developed software product is an effective tool with a simple interface that allows you to solve the problem of automating the accounting of natural gas consumption for private houses and enterprises.

**Keywords: COMPARISON ALGORITHMS, REFERENCE MODELS, NATURAL GAS METERS, AUTOMATED INFORMATION ACCOUNTING SYSTEMS.**

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень .....	9
Вступ.....	10
1 Технології отримання та обробки інформації про комунальні послуги .....	12
1.1 Технології визначення та передачі даних про об'єми використаного природнього газу .....	12
1.2 Класифікація приладів обліку природнього газу .....	15
1.3 Програмні системи автоматизованого обліку природнього газу .....	19
1.4 Висновки до розділу та постановка завдань кваліфікаційної роботи..	21
2 Методи та алгоритми обробки та аналізу цифрових зображень .....	22
2.1 Алгоритми попередньої обробки цифрових зображеннях.....	22
2.2 Алгоритми розпізнавання даних на цифрових зображеннях.....	29
2.3 Алгоритм розпізнавання цифр на циферблатах газових лічильників .	31
3 Програмний додаток виділення та передачі показників використаного природнього газу .....	34
3.1 Структура, моделювання та графічний інтерфейс додатку .....	34
3.2 Особливості реалізацій функцій порівняння цифрових зображень.....	42
3.3 Тестування програмного додатку .....	45
Висновки .....	47
Список використаних джерел .....	48
Додаток А Техніко-економічне обґрунтування розробки .....	51
Додаток Б Вихідний текст модуля попередньої обробки зображень .....	64
Додаток В Світлокопія виданої публікації .....	65

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Красниця В.І.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Батько Ю.М.			8	67	
Консульт.		Савка Н.Я.			ЗУНУ,ФКІТ, КІ-41		
Н. Контр.		Дубчак Л.О.					
Затвердила		Дубчак Л.О.					

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ВИДІЛЕННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ ПОКАЗНИКІВ ЛІЧИЛЬНИКА ВИКОРИСТАНОГО ГАЗУ ЧЕРЕЗ SMS-ПОВІДОМЛЕННЯ/SOFTWARE MODULE FOR SELECTING AND TRANSMITTING GAS METER READINGS VIA SMS

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПК	–	Персональний комп'ютер
ЦБД		Централізована база даних
UGI	–	User Graphics Interface
ПОПГ	–	Пристрій обліку природнього газу
ЦК	–	Цифровий код

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Актуальність роботи. Автоматизація процесу обліку спожитих ресурсів на основі використання як інтелектуалізованих лічильників так і на основі використання додаткових програмних розробок значно зпрощує процес моніторингу та обліку витрат у приватних господарствах. Використання інтелектуалізованих лічильників призводить до необхідності оновлення апаратних засобів та підтримки наналів передачі даних до центрів обліку даних, це призводить до фінансових затрат, які не завжди вигідні для невеликих приватних домогосподарств. В даному випадку хорошою альтернативою може бути використання програмних додатків на мобільних пристроях або комп'ютерах. Вони можуть на основі зображень отриманих за допомогою фото/відео камер фіксувати стан показників лічильника, розпізнавати їх, перекодувати у потрібний формат та передавати засобами стільникової мережі або глобальної мережі Інтернет.

Окрім зменшення фінансових затрат відпадає необхідність кожного разу приходити до лічильників, що не завжди розташовані у зручних місцях, достатньо просто віддалено отримати зображення. Окрім того, надсилаючи дані про використання безпосередньо вашому постачальнику та у визначені терміни, вам слід платити лише за те, що ви використовуєте. При використанні стандартного лічильника часто стягується щомісячна плата в залежності від прогнозованого використання, якщо було просрочено терміни подачі показників.

Використання програмних додатків дозволяє налаштувати інтерфейси та параметри роботи, що значно спрощує роботу та зменшує час необхідний для їх опанування користувачами з різним рівнем навиків. Окрім того, програмний додаток можна використовувати не тільки для одного лічильника, але для великої їх кількості. Це дозволяє проводити передачу даних з різних об'єктів

Отже актуальним є розроблення програмного засобу для автоматизованого отримання та передачі показників лічильників природнього газу з подальшою передачею даних в сервісні центри обліку інформації.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Об'єкт дослідження – системи автоматизованого обліку та аналізу використаних ресурсів. Предмет дослідження – алгоритми автоматичного фіксування показників лічильників природнього газу. Метою кваліфікаційної роботи є розроблення програмного додатку автоматизованого фіксування та передачі даних приладів обліку витрат природнього газу. Для досягнення мети такі завдання:

- дослідити технології збору інформації про використаний газ та передачу даних до операторів;
- проаналізувати та провести класифікацію лічильників обліку газу;
- провести дослідження програмних засобів аналізу та розпізнавання цифрових зображень;
- проаналізувати алгоритми попередньої обробки цифрових зображень
- розробити алгоритм виділення та розпізнавання цифрових даних на табло приладів обліку природнього газу.
- провести тестування спроектованої структури програмного додатку виділення та розпізнавання даних на табло приладів обліку природнього газу.

За результатами роботи опубліковано тези доповіді на ІХ науково-практичній конференції «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» [1]. Копії публікації наведено у додатку Г.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

# 1 ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ПРО КОМУНАЛЬНІ ПОСЛУГИ

## 1.1 Технології визначення та передачі даних про об'єми використаного природного газу

Витрати на опалення та гарячу воду є найбільш значущими витратами на оплату комунальних послуг поряд з вартістю електроенергії. Немає різниці, орендар чи власник. Енергоефективність будівлі є найважливішим аспектом, але багато інших факторів також впливають на споживання.

Як і всі джерела енергії, ціна природного газу коливається. Але прогрес у методах видобутку природного газу значно збільшив пропозицію, що призвело до того, що експерти з енергетики прогнозують як тривалу тенденцію низьких цін на газ. Рахунок за газ для користувача може бути настільки низьким щомісяця, що він не думає двічі про споживання енергії, але якщо розбити рахунок за приладами, то можна знайти можливості заощадити ще більше.

При підрахунку загальної вартості використаного газу слід враховувати багато чинників, оскільки на підсумкову сумму можуть впливати як стан побутових пристроїв так і природні фактори. Нижче наведено деякі змінні, які можуть вплинути на точність обчислень під час підрахунку об'ємів та вартості використаного природного газу (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Фактори які впливають на підсумкову вартість використаного природного газу

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



– Ціна газу - це фактор який постійно змінюється, тому розрахунки не будуть виконуватися з місяця в місяць. Що ускладнює ситуацію, газові підприємства можуть виставити рахунок на основі прогнозованої ціни на газ і внести коригування наступного місяця у вигляді кредиту або додаткової плати. На сьогоднішній день в Україні у зв'язку з тим що більшість користувачів переведені в систему Нафтогазу, ціна залишається стабільною.

– Фактичне використання приладу. Щоб розрахувати рахунок за газ за приладом, потрібно оцінити, скільки годин використовується кожен прилад протягом певного місяця. Це легше сказати, ніж зробити точно, особливо коли мова йде про такі прилади, як ваш водонагрівач.

– Додаткові збори, що вводяться державою, підприємствами газопостачання тощо. Вони різняться за типом, назвою та кількістю від однієї газової служби до іншої. Деякі тарифи можуть бути фіксованими, а інші – змінними.

– Рівневе ціноутворення. У деяких областях і з деякими тарифними планами на природний газ газ стає дорожчим, чим більше користувач використовує тим дорожче він стає.

Зняття показників лічильника електроенергії – монотонне і дороге завдання. Тепер рідко можна зустріти людей, які зчитують лічильники, підходячи до кожного лічильника та знімаючи його показання вручну. А в подальшому, сформувавши запис, який пізніше буде введено в програмне забезпечення для виставлення рахунків для автоматизації виставлення рахунків і платежів. Якщо ручне зчитування лічильників і процес введення даних рахунків можна автоматизувати, це зменшить трудомістке завдання та фінансові втрати.

Однією з найцінніших переваг технології автоматизованого обліку показань лічильників є її здатність виконувати завдання, які в минулому могли виконувати лише люди. Маленькі речі, якщо їх скласти, можуть мати велике значення в офісі, забираючи розумові сили та робочі години, які інакше можна було б витратити на роботу, яка додає цінність. Одне із завдань, яке технологія може автоматизувати та звільнити від вас – це зчитування показань лічильників.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Переваги автоматизованої передачі інформації про використані ресурси наведено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Переваги технології автоматизованої передачі даних про використаний природний газ

Для більш детального розуміння поширення використання технологій автоматизованого обліку використаних об'ємів природного газу проведемо аналіз основних її переваг. Ефективність – користувачу більше не потрібно відвідувати кожний лічильник та запам'ятовувати його показники. Автоматичне зчитування є неінвазивним і швидшим, ніж перевірка показань лічильника вручну та надсилання їх факсом, телефоном або через веб-форму. Автоматичне зчитування лічильників особливо ефективне для приміщень, які мають кілька пристроїв у своїй мережі. Завдяки заміні ручного введення даних на автоматичне звітування підвищиться рівень точності та зменшиться кількість помилок. Завдяки більш надійній інформації про використання користувач та постачальник газу можете ефективніше планувати витрати та бюджет. Генерування автоматичних повідомлень можуть запобігти непередбаченим простоям і уникнути необхідності передачі даних в останню хвилину, надаючи сповіщення про потреби в постачанні та обслуговуванні. Під час автоматичного

зчитування лічильників з'являється можливість, щоб отримати додаткову необхідну інформацію. Наприклад, можна відстежувати використання газу окремим пристроєм, частиною будівлі, провести візуальну оцінку приладу обліку газу, зафіксувати у вигляді зображення показники лічильника тощо. Автоматичне зчитування дозволяє завжди отримувати та надсилати показники вчасно, що усуває потребу в оцінках, переплаті чи незапланованих стрибках витрат. Ще однією перевагою автоматичного зчитування лічильника є саморегулювання, тобто програма може працювати в автоматичному режимі. Ручне втручання не потрібне. Пристрої запрограмовані на зчитування та звітування без втручання персоналу. Користувач можете призначити найкращий інтервал для відстеження та звітності, будь то щоденний, щотижневий або щомісячний. Окрім того, слід зазначити про високий рівень безпеки. Вміст ваших документів не збирається та не надсилається з автоматичним зчитуванням лічильників. Проводиться передача лише метадані – детальна інформація про використання високого рівня. Ці автоматично зчитані та надіслані дані про використання також зашифровані для передачі вашому постачальнику послуг.

Проведений аналіз запропонованих переваг використання автоматизованих технологій для фіксації та обліку об'ємів використаного газу показав їх перспективність та ефективність при невеликих фінансових затратах для їх впровадження.

## 1.2 Класифікація приладів обліку природного газу

Кожен лічильник природного газу має свої переваги та обмеження та відмінно підходить для різних типів застосування. Хоча зовнішній вигляд більшості газових лічильників може бути досить схожим, вони працюють на різних типах механізмів:

- на основі диференціального тиску: діафрагмові вимірювачі;
- на основі механіки руху: вимірювачі Коріоліса;

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- на основі позитивного зміщення: мембранний газовий лічильник і ротаційний газовий лічильник;
- на основі теплової дисперсії: теплові масові витратоміри;
- на основі змінни площі: лічильники газу Rotameter;
- на основі швидкості: турбінний газовий лічильник, ультразвукові витратоміри та вихрові газові лічильники.

Мембранні газові лічильники з об'ємним об'ємом які вимірюють об'єм газу шляхом переміщення компонентів усередині лічильника, чудово підходять для розрахунків за газ у житлових приміщеннях . Крім того, що вони надійні, недорогі та довговічні, вони пропонують найкращі коефіцієнти зниження в галузі, що робить мембранні газові лічильники ідеальними для вимірювання пілотного газу, а також для зберігання природного газу.

Інший тип газових лічильників – ротаційні газові лічильники. Вони є точними приладами з одним із найвищих показників точності в галузі. Вони вимірюють потік газу через кількість обертів роторів (ротори пропускають газ лише тоді, коли обертаються). Їхня здатність працювати з більшими об'ємами та тиском, ніж мембранні газові лічильники, робить їх придатними для ряду промислових і комерційних застосувань від низької до високої потужності.

Використовуючи невелику спіраль або турбіну для визначення швидкості, з якою газ рухається через турбіну, турбінні витратоміри визначають потік газу на об'ємній основі. В основному вони знаходять застосування в хімічній і нафтовій промисловості. Вони найбільше підходять для застосувань, які потребують високоточних вимірювань, а також схвалені для зберігання природного газу. Як правило, більшість турбінних лічильників можуть працювати з системами високого тиску з високою швидкістю.

Різновид вимірювача тиску, діафрагмові вимірювачі визначають швидкість потоку газу шляхом вимірювання перепаду тиску над перешкодою, вставленою в потік. Окрім використання під час зберігання природного газу, діафрагмові газові лічильники є найпопулярнішим методом вимірювання витрати для промислового застосування, оскільки вони не мають рухомих частин і їх легко обслуговувати.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ротаметри, які використовуються в переробній промисловості для моніторингу газу на заводах або в лабораторіях або для фільтраційних завантажень, не потребують зовнішнього живлення, що робить їх чудовими для небезпечних місць із легкозаймистими газами. Ротамери пропонують розширений діапазон вимірювання з прийнятною точністю в низьких і середніх показниках. Крім того, вони недорогі і мають високу стійкість до хімічної дії, а також до термічного удару.

Вимірюючи масу газу, що протікає через лічильник, за допомогою фізичного принципу, який називається ефектом Коріоліса, газові лічильники Коріоліса можуть працювати з широким діапазоном витрат і мати найвищу точність вимірювання масової витрати.

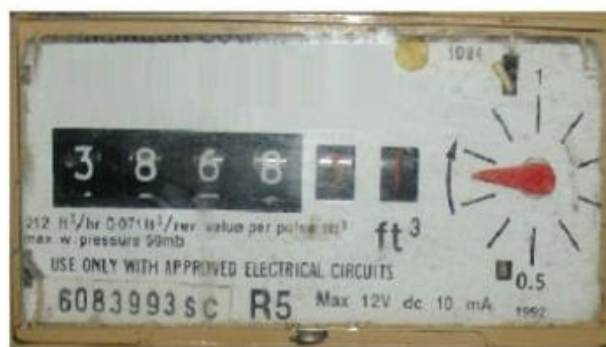
Теплові масові витратоміри, також відомі як занурювальні масові витратоміри або теплові дисперсійні вимірювачі, складаються з набору приладів, які вимірюють загальну масову витрату газів через конвекцію тепла від нагрітих поверхонь до потоку газу. Вони чудово підходять для багатьох застосувань, включаючи управління енергією, природний газ, біогаз, газ, що спалюється, повітряний потік і контроль горіння.

Ультразвукові газові лічильники типу швидкісного газового лічильника використовують ультразвук для вимірювання швидкості газу всередині труб. Одним із найбільших застосувань є передача природного газу на відповідальне зберігання, де вони використовуються по всій мережі для збору, транспортування та розподілу. Вони чудово підходять для вимірювання витрати пари та газів.

Вихрові лічильники працюють за принципом вихрового відтворення та вимірюють об'ємну витрату газу. Вони ідеально підходять для точного вимірювання стисненого повітря або пари. Оскільки вони не мають рухомих частин, вони забезпечують високу надійність і стабільність і не потребують дорогого обслуговування чи ремонту. Вихрові лічильники є популярними інструментами для вимірювання, вимірювання та контролю газових або парових процесів в енергетичних і енергетичних об'єктах, а також у важкій промисловості.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Відмітимо, що більшість типів газових лічильників можуть мати опцію аналогових дисплеїв або цифрових індикаторів. Незважаючи на те, що всі нові газові лічильники реєструють об'єм в кубічних метрах (рисунок 1.3а), у деяких випадках можуть зустрічатись і інші міри для обліку газу. Наприклад, імперські лічильники газу (що реєструють об'єми в кубічних футах) все ще використовуються для виставлення рахунків споживачам (рисунок 1.3б). Процес затвердження лічильників газу вимагає чіткого позначення одиниці вимірювання в реєстрі лічильника.



а) Класичний газовий лічильник

б) Імперський газовий лічильник

Рисунок 1.3 – Приклади лічильників для обліку природнього газу

У метричному лічильнику одиниці газу виділені чорним кольором, і ці цифри часто розділені (тобто праворуч) десятковою комою. Цифри на лічильнику газу зчитуються зліва направо, і будь-яка цифра, показана червоним, ігнорується. Однак важливо, щоб будь-які «нулі» були включені в показання, надані постачальнику. Приклади циферблату метричного лічильника природнього газу наведено на рисунку 1.4

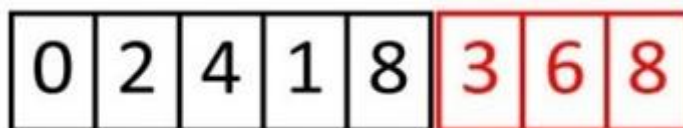


Рисунок 1.4 – Формат показників лічильника для обліку природнього газу

Окрім класичних лічильників об'ємів природнього газу на сьогоднішній день широко впроваджуються так звані інтелектуальні лічильники.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Інтелектуальні лічильники надають дані про споживання в режимі реального часу як комунальним службам, так і кінцевим користувачам, допомагаючи людям контролювати споживання енергії, допомагаючи службам водопостачання виявляти витoki та усуваючи візити для зчитування показань лічильників. Більшість інтелектуальних лічильників підключаються без проводів. Хоча дротовий зв'язок цілком можливий, він не завжди можливий через навколишнє середовище, відстань або вартість проводки. Бездротовий зв'язок дозволяє розміщувати лічильники там, де вони потрібні, без будь-яких додаткових збоїв у домі клієнта.

### 1.3 Програмні системи автоматизованого обліку природного газу

На сьогоднішній день поширеність мобільних телефонів, а також низька вартість та великі функціональні можливості сприяють тому, що саме їх використовуються прості користувчі для автоматизації рутинних завдань пов'язаних як з професійною так і з приватною діяльністю. Написання простих програмних додатків дозволяє при невеликих фінансових та часових витратах створювати пристрої, що дозволяють значно спростити виконання простих рутинних функцій. На сьогоднішній день в сфері автоматизацію обліку витрат природного газу мола видітити ряд програмних розробок, серед яких існують як складні програмні системи які використовуються на великих підприємствах так і прості програмні застосунки для мобільних пристроїв. Проведемо аналіз та виділимо основні функціональні модливості програмних систем різного класу.

Utility Manager – це надзвичайно потужний, але простий у використанні пакет програмного забезпечення для обліку комунальних послуг для Windows XP, Vista, Win 7, Win 8/8.1 або Win 10. Energy Center також потужний і зручний для користувача, але на 100% є веб- доступний із будь-якого браузера чи мобільного пристрою. Ці програмні продукти допомагають зберігати інформацію про кожен із ваших лічильників, постачальників комунальних

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

послуг та рахунки за комунальні послуги. Введення даних стало спрощеним, оскільки шаблони можна налаштувати так, щоб вони точно відповідали макету, який ви бачите на своїх рахунках. Завдяки сотням вбудованих звітів, інструментам аналізу та функціям імпорту/експорту The Utility Manager і The Energy Center можуть допомогти вам:

- мати точну та детальну корисну інформацію під рукою;
- знайти помилки в розрахунках;
- прогноз і бюджет витрат на комунальні послуги;
- контролювати результати енерго- та водозберігаючих проектів.

SmartGas дозволяє кінцевим споживачам контролювати споживання газу та залишок передоплаченого рахунку. За допомогою смартфона користувач може стежити за рівнем витрати палива, контролювати бюджет і дистанційно поповнювати свій рахунок – незалежно від часу та місця.

SmartGas – це зручна програма, яка дозволяє швидко та легко отримати доступ до даних лічильника газу. За допомогою смартфона користувач може легко контролювати споживання газу, контролювати бюджет і дистанційно поповнювати рахунок, щоб забезпечити безперебійне постачання. Серед основних функцій програмної системи можна виділити збереження історії вимірів споживання, список платежів і поповнень разом з їх поточним статусом, залишок поточного рахунку, можливість онлайн поповнення рахунку, повідомлення про припинення або відновлення газопостачання, періодичні повідомлення про суму кредиту, інформація про перевищення наступних кредитних рівнів відображається в мобільному додатку та у вигляді традиційних SMS або електронних повідомлень

Система автоматичного зчитування лічильників (AMR) – це набір додатків та апаратних пристроїв, що використовують радіочастоти, телефонію, лінії електропередач або супутниковий зв'язок для обліку та формування рахунків за використані ресурси (газ, вода, електроенергія тощо). Лічильники витрат природнього газу встановлені в будинках, офісах і на підприємствах тощо. Зчитувачі лічильників йдуть до місць, які зазвичай розташовані всередині будинку з метою отримання даних. У результаті через людський фактор можуть

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



виникнути і корупційні ситуації. Наприклад, внесення занижених даних, що призведе до того, що постачальник послуг не отримує фактичні платежі. Тож провайдеру загрожує величезна сума збитків кожного року. Автоматичне зчитування лічильників, або AMR, є технологією автоматичного збору даних з лічильника енергії або приладів обліку ресурсів (води , газу, електроенергії) і перенесення цих даних до центральної бази даних для виставлення рахунків та/або аналізу. Це означає, що виставлення рахунків може бути на основі фактичного споживання ніж на основі прогнозованих об'ємів використаних ресурсів, окрім того це дозволить клієнту більш точніше контролювати витрати.

#### 1.4 Висновки до розділу та постановка завдань кваліфікаційної роботи

В даному розділі було здійснено огляд та класифікацію існуючих технологій отримання та подальшого опрацювання інформації про кількість використаного природнього газу у приватних будинках, досліджено різні типи приладів обліку використаного природнього газу та програмні засоби фіксації облікової інформації про об'єми використаного природнього газу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) дослідити існуючі технології фіксації інформації про використаний природній газ та передачу даних до операторів;
- 2) проаналізувати та здійснити класифікацію лічильників обліку газу;
- 3) провести аналітичний огляд функціональних можливостей програмних засобів аналізу та розпізнавання цифрових зображень;
- 4) проаналізувати алгоритми попередньої обробки цифрових зображень
- 5) розробити алгоритм виділення, аналізу та розпізнавання цифрових даних на табло приладів обліку природнього газу.
- 6) провести тестування запропонованої внутрішньої структури програмного додатку виділення та розпізнавання даних на табло приладів обліку природнього газу.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 2 МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

### 2.1 Алгоритми попередньої обробки цифрових зображеннях

Попередня обробка зображень є важливим першим кроком у навчанні комп'ютерів розуміти зображення. У системах з елементами штучного інтелекту це схоже на очищення та впорядкування зображень до того, як комп'ютер на них навчиться. Цей процес має вирішальне значення, оскільки він допомагає комп'ютеру ефективніше розпізнавати шаблони, як-от переконатися, що всі зображення мають однаковий формат перед навчанням. Чим чіткіші дані, тим краще працює комп'ютер. Для прикладу можна розглядати ситуації про медичне сканування чи самокеровані автомобілі – без належної попередньої обробки зображень можуть статися помилки. Отже, це ніби створює умови для того, щоб комп'ютер точно бачив і розумів зображення, роблячи штучний інтелект та машинне навчання більш надійними в різних реальних програмах. Попередня обробка зображень у системі комп'ютерного зору допомагає зробити зображення зручними для комп'ютера.

Робота з необробленими даними зображень створює кілька проблем для додатків які містять елементи автоматичного аналізу цифрових зображень. Серед основних факторів можна виділити наступні:

- відмінності роздільної здатності. Вхідні зображення можуть мати різну роздільну здатність, що впливає на рівень деталізації;
- шум і спотворення. Необроблені зображення часто містять шум або спотворення, що впливає на здатність моделі розпізнавати значущі шаблони;
- колірні простори. Цифрові зображення можуть використовувати різні представлення кольорів (RGB, відтінки сірого тощо), що потребує стандартизації для послідовного аналізу;
- формати файлів. Аналізовані файли можуть мати різні формати (JPEG, PNG тощо) можуть ускладнити обробку даних. Стандартизація має вирішальне значення для безперебійної обробки;

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- великі набори даних. Зображення з високою роздільною здатністю або великі набори даних можуть навантажувати обчислювальні ресурси під час навчання;
- обмеження щодо зберігання. Керування та зберігання великих обсягів необроблених даних зображення створює логістичні проблеми;
- дисбаланс класів. Деякі категорії в наборах даних зображень можуть мати значно менше вибірок, що призводить до упереджених результатів моделі;
- витрати на обробку. Складні завдання обробки зображень, наприклад зміна розміру або збільшення, можуть потребувати великих обчислень;
- вимоги до роботи в режимі реального часу. Деякі програмні додатки, як-от автономні транспортні засоби, потребують швидкої обробки зображень, що створює проблеми для реалізації в режимі реального часу;
- фактори навколишнього середовища. На зовнішні зображення можуть впливати умови освітлення, погода та інші фактори навколишнього середовища, що ускладнює аналіз.

Приклади алгоритмів попередньої роботи наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Задачі, що виконуються на етапі попередньої обробки цифрових зобаржень

Нижче наведено найпоширеніші методи попередньої обробки зображень у програмних додатках з елементами обробки цифрових зображень:

Перемасштабування та нормалізація. Значення пікселів представляють інтенсивність зображення. Масштабування гарантує, що ці значення потрапляють у певний діапазон (зазвичай від 0 до 1 або від -1 до 1), що робить обчислення більш керованими та запобігає домінуванню великих значень. Нормалізація регулює значення пікселів, щоб мати середнє значення 0 і стандартне відхилення 1. Це покращує стабільність моделі під час навчання, зберігаючи значення в стандартизованому діапазоні, сприяючи конвергенції.

Зміна розміру та кадрування зображення. Зміна розміру гарантує, що всі зображення в наборі даних мають узгоджені розміри, що полегшує навчання моделі. Це запобігає обчислювальним проблемам і дозволяє моделі однаково вивчати шаблони в різних зразках. Кадрування фокусується на певних областях зображення, виключаючи нерелевантні деталі. Це важливо для завдань, де місцезнаходження об'єкта має важливе значення, оптимізуючи здатність моделі розпізнавати певні особливості.

Збільшення зображення. Збільшення даних передбачає створення варіацій існуючих зображень шляхом застосування таких трансформацій, як обертання, гортання та масштабування. Це урізноманітнює набір даних, покращуючи здатність моделі узагальнювати та добре працювати з невидимими даними.

Перетворення колірного простору. Кольорові простори представляють спосіб кодування кольорів. RGB є звичайним для зображень, тоді як HSV розділяє інформацію про колір для кращої обробки. Розуміння та вибір правильного колірного простору має вирішальне значення для конкретних завдань.

Зменшення шуму. Шум, випадкові варіації значень пікселів можуть ввести в оману моделі під час навчання та вплинути на точність. Скорочення має важливе значення для того, щоб модель зосередилася на значущих шаблонах. Одним із методів попередньої обробки зображення для зменшення шуму є згладжування за Гауссом. Він застосовує розмиття для зменшення високочастотного шуму. Це схоже на застосування м'якого фільтра до

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

зображення, щоб усунути непотрібні дрібні деталі без втрати важливих функцій, сприяючи роботі моделі в шумному середовищі.

Вирівнювання гістограми. Вирівнювання гістограми – це техніка, яка покращує контрастність зображення шляхом перерозподілу інтенсивності пікселів. Він розширює діапазон інтенсивності, роблячи темні області темнішими, а світлі – яскравішими, покращуючи загальну видимість і деталізацію.

Витяг функцій. Виділення ознак передбачає захоплення основних шаблонів або ознак із необроблених даних. У попередній обробці зображення йдеться про визначення відмінних характеристик зображення, як-от країв, кутів або текстур. Вилучення функцій спрощує складні дані зображення, надаючи моделі значущу інформацію. Зосереджуючись на відповідних функціях, це зменшує обчислювальне навантаження та допомагає краще узагальнювати модель, покращуючи загальне розуміння та продуктивність.

Обробка дисбалансу даних. Незбалансовані набори даних, де деякі класи мають значно менше вибірок, можуть призвести до упереджених моделей. Методи вирішують це, гарантуючи, що модель піддається збалансованому представленню всіх класів під час навчання. Надмірна вибірка - копіює зразки класу меншості, щоб збалансувати розподіл класів. Недостатня вибірка зменшує кількість вибірок більшості класів для досягнення збалансованого набору даних. Зважування класів призначає вищу вагу класам меншин, спрямовуючи модель приділяти більше уваги малопредставленим категоріям.

Сигмовидне розтягування. Сигмоїдне розтягування передбачає застосування сигмоїдної функції до піксельних значень. Ця функція стискає або розтягує інтенсивність пікселів, часто підвищуючи контраст середніх тонів зображення. Дана підхід використовується для покращення видимості деталей на зображеннях із низькою або нерівномірною контрастністю.

Перетворення яскравості пікселів. Трансформації яскравості пікселів передбачають налаштування яскравості пікселів у зображенні. Цього можна досягти шляхом застосування математичних операцій до кожного значення

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

пікселя, таких як додавання або множення, щоб зробити зображення яскравішим або темнішим.

Гама-корекція – це нелінійне коригування значень пікселів зображення. Це передбачає підвищення значення кожного пікселя до певної потужності (гами), що допомагає контролювати загальну яскравість і контрастність, особливо в умовах слабого або сильного освітлення.

Геометричні перетворення змінюють просторові співвідношення між пікселями. Загальні перетворення включають обертання, масштабування, перенесення та зсув. Ці зміни можна застосувати для виправлення спотворень або розширення набору даних для надійності моделі.

Перетворення Фур'є перетворює зображення з його просторової області в частотну область. Він представляє зображення як суму синусоїдальних компонентів, виявляючи закономірності та частоти всередині зображення.

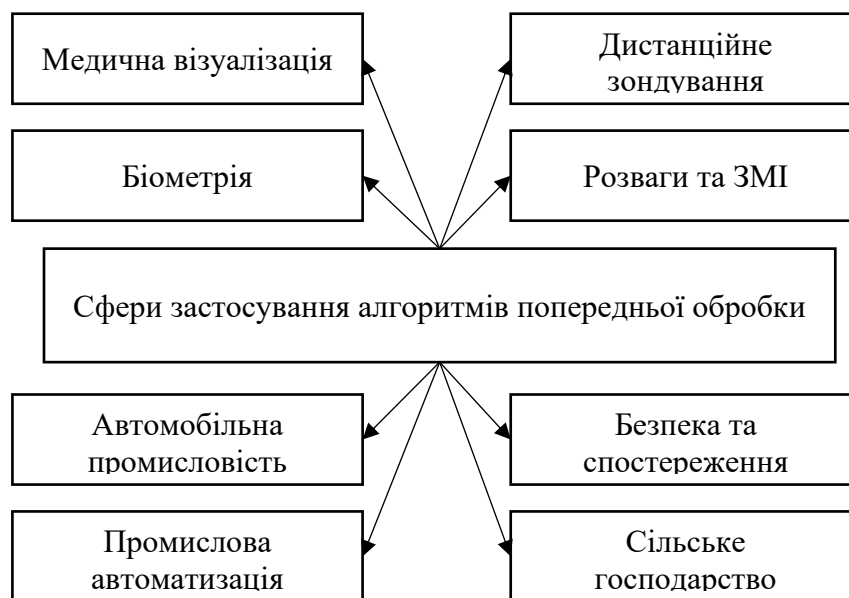


Рисунок 2.2 – Сфери застосування алгоритмів попередньої обробки

Обробка зображень має широке застосування та застосування в різних областях, покращуючи інтерпретацію, аналіз та маніпуляції візуальними даними. В медицині все частіше використовують системи візуалізації. Рентгенівські промені, комп'ютерна томографія та магнітно-резонансна томографія допомагають у діагностиці захворювань і плануванні лікування завдяки обробці зображень. Підвищення чіткості медичних зображень для кращої візуалізації

анатомічних структур. Аналіз супутникових знімків для моніторингу довкілля, сільського господарства, міського планування та ліквідації наслідків стихійних лих. Отримання інформації про землекористування, рослинність і рельєф місцевості з повітряних і супутникових знімків. Ідентифікація та перевірка осіб на основі рис обличчя для безпеки та автентифікації. Покращення та аналіз зображень відбитків пальців для ідентифікації. Застосування фільтрів, ретуші та спецефектів у кіно та фотографії. Створення ефекту занурення шляхом обробки та рендерингу реальних і віртуальних зображень. Аналіз та інтерпретація зображень із камер для виявлення об'єктів, відстеження смуги руху та уникнення перешкод. Підвищення безпеки завдяки таким функціям, як адаптивний круїз-контроль і запобігання зіткненням. Ідентифікація та відстеження об'єктів або людей на записах камер спостереження. Повідомлення систем безпеки про незвичайні дії або події. Перевірка та аналіз зображень виготовленої продукції на наявність дефектів або відхилень широко використовується в промисловості для підвищення рівнів акоматизації вииробництва. Керування роботами у виробничих процесах шляхом обробки візуальної інформації. Аналіз зображень із супутника або дрона для оцінки здоров'я врожаю та виявлення потенційних проблем. Оптимізація використання ресурсів шляхом аналізу зображень для зрошення, внесення добрив і боротьби зі шкідниками. Навчальні моделі розпізнавати та класифікувати об'єкти на зображеннях. Розташування та ідентифікація об'єктів на зображенні. Аналіз супутникових знімків для спостереження за змінами земного покриву, льодових шапок і вирубки лісів. Відстеження популяцій тварин і моделей міграції за допомогою даних зображень. Дозволяє користувачам шукати та робити покупки на основі зображень, зроблених камерою. Аналіз зображень для відстеження та керування рівнями запасів. Допомога в медичній освіті шляхом аналізу оцифрованих слайдів патології. Включення доповненої реальності для захоплюючого освітнього досвіду.

Інструменти та бібліотеки попередньої обробки зображень на сьогоднішній день пропонуються бігатьма розробниками, проте їх функціонал та права використання суттєво відрізняються в залежності від розробника. Кілька

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

інструментів і бібліотек пропонують попередню обробку зображень у програмах з елементами штучного інтелекту, спрощуючи завдання та підвищуючи ефективність. Приклади вже готових бібліотек, що користуються популярністю та є легкими в освоєнні наведено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Програмні бібліотеки, що містять реалізовані алгоритми попередньої обробки

Проаналізовані програмні бібліотеки можуть вільно використовуватись для навчальних цілей, містять велику кількість документації та дозволяють зменшити час написання програмного додатку за рахунок використання вже написаного програмного коду.

До групи алгоритмів попередньої обробки входять значна кількість алгоритмів, що забезпечують підкреслення вагомих деталей на цифрових зображеннях, при цьому видаляються малоінформативні артефакти. Використання етапу попередньої обробки значно спрощує наступні етапи аналізу зображень. А часові затримки компенсовані за рахунок наступних етапів.



## 2.2 Алгоритми розпізнавання даних на цифрових зображеннях

Протягом багатьох років з'явилося кілька популярних методів розпізнавання зображень, кожен з яких призначений для вирішення конкретних завдань у цій галузі:

1) Згорточні нейронні мережі (CNN) – це спеціалізовані архітектури глибокого навчання, розроблені для обробки сіткових даних, наприклад зображень. Вони використовують згорткові шари для автоматичного й адаптивного вивчення ієрархічних функцій із вхідних зображень.

2) Повторювані нейронні мережі (RNN) розроблені для обробки послідовних даних і застосовано для завдань, що включають послідовності зображень, наприклад аналіз відео. Вони використовують комірки пам'яті для збереження інформації протягом тривалого часу.

3) Підтримка векторних машин (SVM). SVM – це тип керованого алгоритму машинного навчання, який використовується для класифікації. Вони працюють, знаходячи гіперплощину, яка найкраще розділяє різні класи в просторі ознак.

4) Алгоритм за принципом ти дивишся лише раз (YOLO). YOLO – це алгоритм виявлення об'єктів, який ділить зображення на сітку та передбачає обмежувальні прямокутники та ймовірності класу для кожної комірки сітки за один прохід.

5) Генеративні змагальні мережі (GAN). GAN складаються з генератора та дискримінатора. Вони можуть створювати реалістичні зображення, вивчаючи розподіл навчальних даних і розрізняючи реальні та згенеровані зображення. Основним завданням даних алгоритмів є синтез зображень або повторення деякого стилю.

6) Алгоритми найближчого сусіда. Алгоритми найближчих сусідів класифікують нові точки даних на основі більшості класів їхніх найближчих сусідів у просторі ознак. В основному використовуються для класифікації зображень або пошуку зображень на основі вмісту.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Сфера розпізнавання зображень є динамічною, і кілька тенденцій формують її майбутнє. Оскільки технологія продовжує розвиватися, проаналізуємо ключові тенденції, які, як очікується, вплинуть на майбутнє розпізнавання зображень. Оскільки системи розпізнавання зображень стають все більш складними, зростає потреба в прозорості прийняття рішень. Штучний інтелект, який можна пояснити, зосереджується на розробці моделей, які надають зрозумілі пояснення для своїх прогнозів. Постійні дослідження та розробки архітектур нейронних мереж, таких як трансформатори та механізми уваги, ймовірно, створять більш складні моделі для завдань розпізнавання зображень. Інтеграція розпізнавання зображень із технологіями AR покращить взаємодію в реальному світі. Наприклад, розпізнавання об'єктів у фізичному середовищі та надання контекстної інформації через інтерфейси AR. Майбутні системи поєднуюватимуть інформацію з різних джерел, як-от текст, аудіо та зображення, для покращення загального розуміння. Мультимодальне навчання спрямоване на створення більш комплексних моделей, які можуть інтерпретувати інформацію з багатьох модальностей. Замість того, щоб щоразу навчати моделі з нуля, постійне навчання дозволяє моделям адаптуватися та поступово навчатися з часом. Це має вирішальне значення для обробки наборів даних, що розвиваються, і динамічних середовищ. Генеративні моделі, такі як GAN, ймовірно, відіграватимуть роль у створенні реалістичних синтетичних зображень. Це має застосування для розширення даних, навчання генерації даних і створення різноманітних наборів даних для надійності моделі. З розвитком технологій здатність розпізнавати та розуміти тривимірні об'єкти на зображеннях або відео ставатиме складнішою, що впливатиме на такі програми, як доповнена реальність і робототехніка. Майбутні системи розпізнавання зображень можуть надавати пріоритет розумінню людських намірів, емоцій і контексту, що призведе до більш персоналізованої та інтуїтивно зрозумілої взаємодії між людьми та машинами. Все більше уваги приділяється розробці енергоефективних моделей і алгоритмів для подолання впливу ШІ на навколишнє середовище. Це включає в себе оптимізацію моделей розпізнавання зображень для зменшення енергоспоживання.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

### 2.3 Алгоритм розпізнавання цифр на циферблатах газових лічильників

Проведений аналіз зображень циферблатів приладів обліку витрат газу можна зробити висновки:

— всі лічильники, які використовують в собі циклометр для відображення показників містять чітко виділену область з двома полями чорного та червоного кольорів;

— показники відображаються на основі двох частин: чорної, що містить основні показники використаних кубометрів газу та червоної – для відображення частин неповного кубічного метру.

Враховавши дану осолівість роботи лічильника було спроектовано алгоритм виділення та розпізнавання області показників лічильника, розпізнавання його значень та відправлення показників використаних об'ємів постачальнику газу з подальшим формуванням квитанції про оплату. Запропонований алгоритм базується на пошуку прямокутної області, що містить чорна та червону частини. Після цього проводиться корекція даної області, шляхом здійснення повороту та вирівнювання її відносно осі абсцис, при чому поворот здійснюється на основі тої інформації, що чорна частина прямокутника повинна бути справа сторони. На наступному етапі проводиться розбиття даної області на прямокутники рівної форми, які відмовідатимуть кожні з цифр на показнику. Після отримання масиву прямокутних областей проводиться процедура розпізнавання цифр які розташовані в чорній частині виділеної області з показниками. Розпізнавання базується на порівнянні інформації на прямокутнику з еталонними зображеннями цифр. Такий підхід дозволяє швидко провести розпізнавання інформації, оскільки варіативність запису цифр є достатньо невеликою, а час опрацювання невеликий. Після отримання показників лічильника проводиться процедура формування короткого повідомлення та відправка його оператору для подальшого формування рахунку за спожитий природній газ. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес подання показників лічильників газу в автоматизованому режимі, оскільки

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

зображення циклометра лічильника можна отримувати віддалено, процедура розпізнавання та передачі даних може проходити віддалено, на сонові стаціонарних засобів отримання зображень та використання доступних мереж для отримання та аналізу вхідного цифрового зображення.

Для проведення аналізу розглянемо запропонований алгоритм на основі опису послідовності кроків, які необхідно виконати для успішного завершення роботи та отримання необхідних даних:

- 1) Отримання цифрового зображення з показниками лічильника.
- 2) Попередня обробка, що може включати в себе перекодування зображення у формат який розуміє програма, видалення шумів та проведення фільтрації з метою підвищення рівня різкості зображення.
- 3) Виділення області з цифровими показниками. Проводиться пошук прямокутної області, що складається з двох частин чорної та червоної. Відношення довжини чорної області до червоної може бути як 5:3, 7:3 або 9:3, це залежить від лічильника та може бути встановлено як параметр роботи програмного додатку для підвищення точності виділення області. Якщо така область не виділена, то переходим на крок 9 інакше крок 4.
- 4) Поворот виділеної області в паралельно до осі *OX*.
- 5) Розбиття чорної частини виділеної області інтересу на окремі прямокутні складові, що відповідають окремим цифрам. На даному кроці формується масив простих зображень для прискорення та спрощення процедури розпізнавання.
- 6) Розпізнавання масиву зображень шляхом порівнянн з еталонними зображеннями. Порівняння відбувається шляхом послідовного зіставлення вхідних зображень з зображення бази даних та визначення коефіцієнту подібності. Чим вищий коефіцієнт подібності тим вірогідніше значення цифри.
- 7) Якщо пошук дав позитивний результат то переходимо на крок 8, інакше переходимо на крок 9.
- 8) Формування короткого повідомлення на основі формату запропонованого оператором обліку даних та перехід на крок 10.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

9) Формування повідомлення про помилку та відправлення даного повідомлення користувачу через неможливість отримати результат в автоматичному режимі.

10) Передача повідомлення та завершення роботи алгоритму.

З блок-схемою розробленого алгоритму можна більш детально ознайомитись на рисунку 2.4.

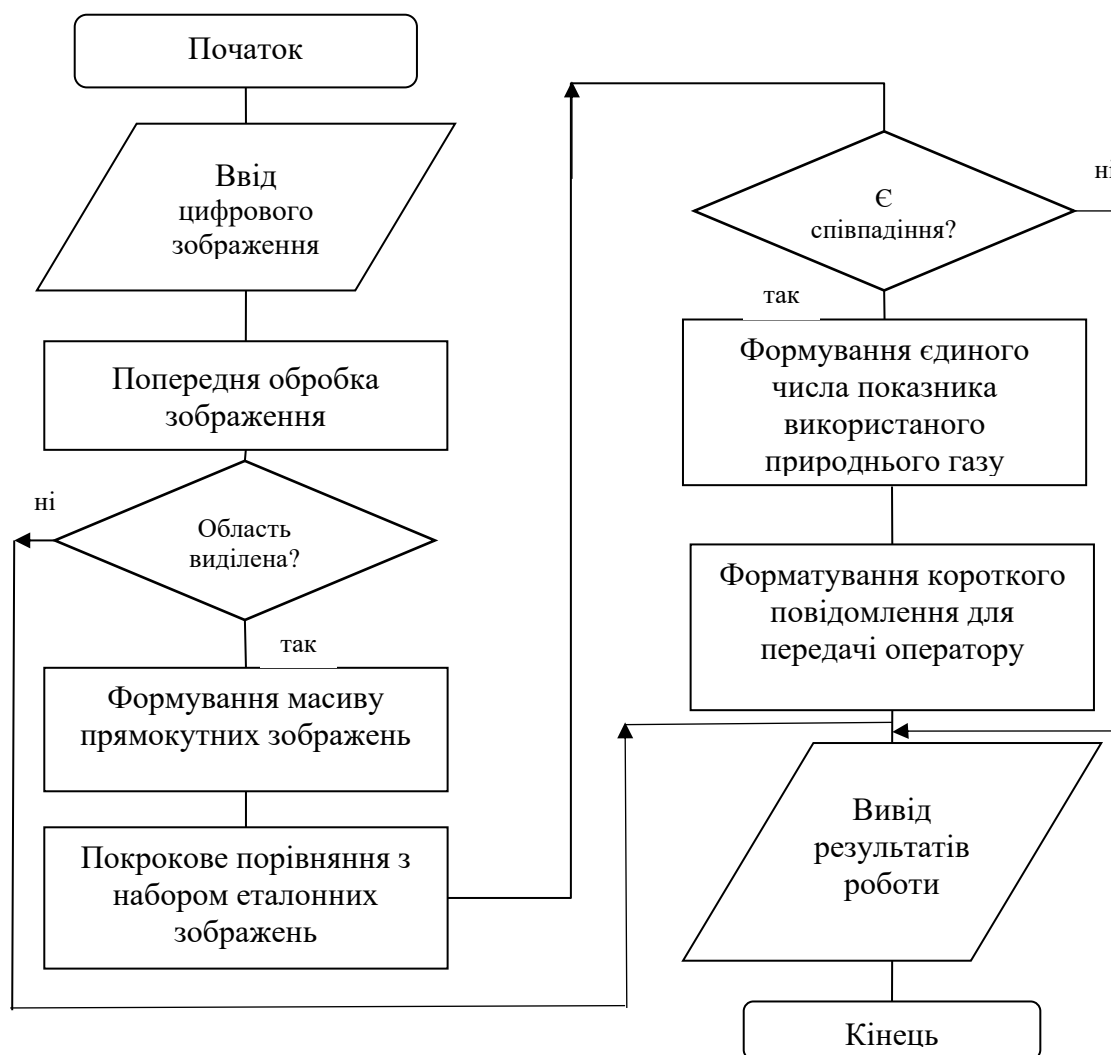


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму виділення та розпізнавання показників використаного газу на основі аналізу зображення циферблату

Переваги розробки:

- алгоритм можна адаптувати до різних пристроїв обліку даних;
- процес розпізнавання проходить в режимі реального часу;
- фінансові та часові затрати на реалізацію даного алгоритму є мінімальні.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3 ПРОГРАМНИЙ ДОДАТОК ВИДІЛЕННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАНОГО ПРОРОДНЬОГО ГАЗУ

#### 3.1 Структура, моделювання та графічний інтерфейс додатку

Управління великими операційними процесами постійно потребує зниження витрат і підвищення прибутковості. З цієї причини, коли надійна технологія дозволяє підприємствам та простим користувачам вибрати автоматизацію процесів, вони зазвичай користуються попитом. Подібний прорив у зчитуванні лічильників здійснила система автоматичного зчитування лічильників. Ручне введення та реєстрація споживання природного газу та ручні системи виставлення рахунків забирають багато часу, схильні до помилок і дорогі. Однак використання AMR – автоматичної системи вимірювання та збору даних дозволило великим інфраструктурам у всьому світі з легкістю збирати дані про споживання природного газу та допомагає проводити глибокий аналіз для пошуку центрів витрат і можливостей для підвищення ефективності.

За основу було обрано бібліотеку OpenCV, так як даний засіб широко використовується при розробці та проектування програмних додатків з елементами комп'ютерного зору та аналізу цифрових даних. OpenCV (Open-Source Computer Vision Library) – на даний момент одна з найпоширеніших бібліотек, що містить реалізовані алгоритми комп'ютерного зору, які поширюються як відкритий код з можливістю безкоштовного використання. Спочатку він був розроблений корпорацією Intel у 1999 році, а пізніше став спільним зусиллям кількох компаній та університетів. Він написаний на C++ і підтримує багато мов програмування. OpenCV – це реалізована бібліотека програмного забезпечення для комп'ютерного бачення, а також може бути використана для реалізації елементів машинного навчання з вільним доступом, головною метою якої є програми комп'ютерного бачення в режимі реального часу. Її було створено, щоб забезпечити хорошу інфраструктуру для програм комп'ютерного аналізу зображень та покращити використання машинного зору в комерційних продуктах. Бібліотека OpenCV містить понад дві з половиною

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

тисячі оптимізованих алгоритмів і які розділені на окремі структурні модулі, логічно погруповані на окремі пакети, що значно спрощує процес їх підєднання та використання, розробники можуть вибирати, які частини вони бажають використовувати. Наприклад, OpenCV включає численні функції, такі як розпізнавання образів, виявлення руху та ідентифікація об'єктів. OpenCV можна використовувати в широкому спектрі програм і платформ, включаючи вбудовані системи, робототехніку, мобільні телефони, відеоспостереження та комп'ютерне бачення. Його код є портативним і підходить для програм реального часу. OpenCV також доступний як бібліотека оптимізованих функцій на різних мовах програмування. OpenCV стала популярною бібліотекою для елементів комп'ютерного зору та програмних додатків які використовують машинне навчання. Вона використовується в багатьох галузях промисловості, таких як медицина, автомобільна промисловість, роздрібна торгівля та робототехніка, для розробки програм, які можуть розпізнавати об'єкти, аналізувати зображення та отримувати з них корисні дані. Це можна використовувати в 3D-хмарах точок зі стереокамер, об'єднувати зображення для створення зображення цілої сцени які були зафіксовані на цифрових зображеннях з високою роздільною здатністю, знаходити подібні зображення в базі даних зображень тощо.

OpenCV є відкритим вихідним кодом і вільним для використання, тому розробники можуть отримувати доступ до вихідного коду та змінювати його відповідно до своїх потреб. Бібліотека постійно оновлюється новими алгоритмами та функціями, що робить її потужною бібліотекою, яка постійно розвивається.

Для програмної реалізації додатку з отриманням та передачею показників лічильника було спроектовано та проведено моделювання внутрішньої архітектури. При проектуванні структури було використано досвід аналізу програмних додатків даного типу та впроваджено основні функції які на даний момент повинні підтримувати застосунки даної групи. На рисунку 3.1 проілюстровано узагальнену структуру запропонованого програмного доадтку та показані формативні потоки, на основі яких відбувається обмін даними між різними частинами програмної розробки.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

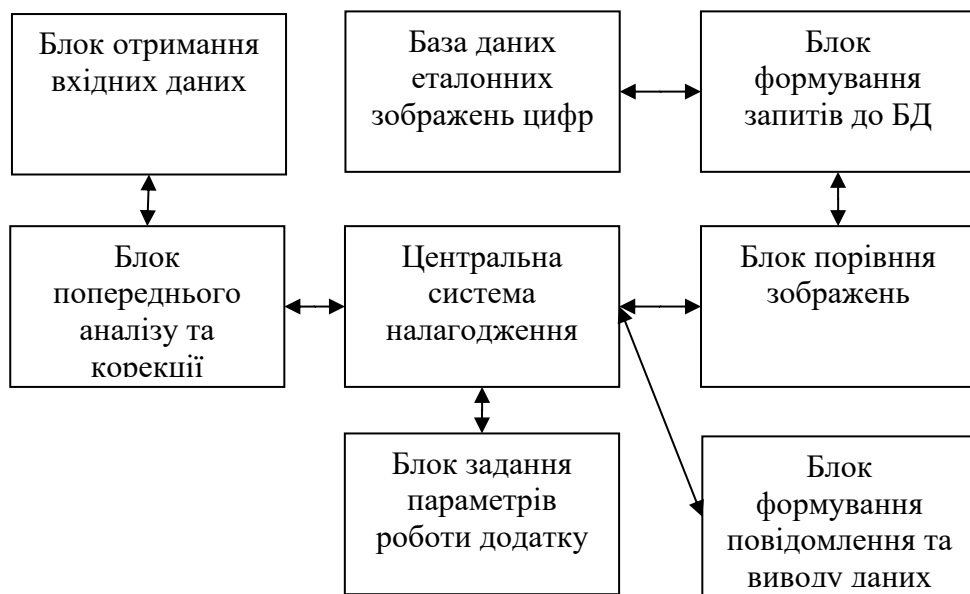


Рисунок 3.1 – Внутрішня архітектура програмного застосунку отримання та аналізу зображень показників лічильника газу

На наведеному рисунку 3.1 наведено основні елементи, які об’єднують в собі логічно поділені алгоритми виконання того чи іншого завдання. Для більшого розуміння функціональних можливостей окремих блоків проведемо огляд основних структурних елементів.

– “Блок задання параметрів роботи додатку” – Для коректної роботи програмного додатку йому необхідний набір стартових значень для активації та проведення перевірки можливостей функціонування. Серед основних параметрів які можна задати для роботи програми є група параметрів інтерфейсу та група параметрів налаштування алгоритмів. В першу групу входять параметри які дозволяють більш індивідуально налаштувати роботу програмного додатку: колір фону головного вікна, розміри, типи шрифтів, гучність звукових повідомлень. В другу входять параметри які дозволяють встановити параметри для функціонування алгоритмів попередньої роботи, алгоритмів виділення та розпізнавання а також параметрів формування вихідного повідомлення в автоматичному режимі. Для більшої адаптації дані параметри можна змінити під час використання програмного додатку. В результаті роботи функцій даного блоку програмний додаток отримує можливість протестувати та встановити параметри роботи в індивідуальному порядку для кожного з користувачів.



– “Блок отримання вхідних даних” – процес аналізу зображення не може відбутись без отримання цифрового зображення з актуальними даним. В даному блоці використані функції для отримання доступу до камери мобільного пристрою та взаємодії з нею. Яко програмний додаток буде встановлено на пристрій який немає прямого доступу до фото фіксуючої апаратури, а також для проведення тесування коректності роботи програмного додатку в даному блоці було додатково реалізована можливість отримання цифрового зображення яке було отримано раніше та збережене в сховищі даних. Основні налаштування робтои фотокамери беруться з операційної системи пристрою на якому вона встановлена, тому основні маніпуляції для покращення результатів обробки цифрового зображення будуть реалізовані в блоці попередньої обробки. Результат роботи – вихідне цифрове зображення з областю показників лічильника.

– “Блок попереднього аналізу та корекції” – для зменшення кількості некоректного розпізнавання даних лічильника, вхідне цифрове зображення піддається додатковому аналізу з метою видалення дрібних шумів та підвищення різкості вхідного зображення. Оскільки циферблат лічильників газу мають чітку наперед визначену форму та окрашені в відповідні стандартні кольори, тона попередньому етапі проводиться пошук саме такої області на зображенні. Після чого відбувається її корекція відносно осі абсцис з метою максимально зменшити похибку від некоректної фотофіксації (зображення було отримане з деяким кутовим відхиленням). В результаті роботи даного блоку буде отримано прямокутну область на якій відображається показник лічильника.

– “Блок порівняння зображень” – Для проведення процедури порівняння прямокутник, що був отриманий на етапі попередньої обробки, буде розбиватись на окремі складові частини шляхом поділу його на 5 рівних за шириною підпрямокутників. Коефіцієнт 5 обраний оскільки більшість побутових приладів для обліку витрат природного газу мають відношення кількості цифр як 5 для обчислення цілих кубів газу і 3 цифри для визначення витрат з точністю до тисячних кубометра. Після чого буде проведено формування запитів для отримання набору еталонних зображень цифр. Цифри зберігаються у вигляді набору з 6 можливими стилями. Дані еталонні значення були отримані шляхом

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

аналізу приладів обліку газу які на даний момент доступні для обудових користувачів. В результаті застосування функцій даного блоку в програмі буде сформовано підсумковий показник лічильника або у випадку неможливості коректного розпізнавання вхідного зображення помилка про це.

– “Центральна система налагодження ” – для можливості коректної взаємодії між окремими функціональним блоками була запропонована система функції для внутрішньої конвертації даних для більш зручного їх опрацювання на кожному з етапів, а також контролю завершення одного етапу та початку іншого. Окрім того використання прокладки між основними модулями дозволяє зручно та швидко проводити нарощування функціональних модифікацій програмного додатку шляхом додавання нових модулів та інтеграції нових алгоритмів.

– “Блок формування повідомлення та виводу даних” – Один з головних функціональни блоків запропонованого додатку який дозволяє сформувати коротке повідомлення з показниками та відправити його для опрацювання операторам обліку даних. У випадку не коректності розпізнавання отриманих даних формується інше повідомлення про помилку та відправляється користувачеві, після чого користувач може усунути несправності шляхом корекції параметрів роботи програми або фотофіксуючої апаратури та повторно запустити процес обробки цифрових зображень.

Провівши аналіз запропонованої структури даних можна зробити наступні висновки, що вона є цілісною та дозволяє вповній мірі реалізувати програмний додаток отримання, обробки, аналізу цифрового зображення з подальшою відправкою результатів в центри обліку даних. Структурні блоки не персікаються під час своєї роботи, мають чіткі вхідні та вихідні структури даних, які можуть бути скоректовані в залежності від запитів користувачів. Система має набір внутрішніх засобів для сомотестування можливостей роботи та набір початкових параметрів які дозволяють впроваджувати її при мінімальних часових та фінансових затратах.

Для підтвердження припущень які були зроблені під час проектування внутрішньої структури програмного додатку було проведено ряд моделювань з

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

застосування можливостей технології UML. Під час першого дослідження було проаналізовано можливості користувача безпосередньо впливати на результати роботи програмного додатку та рівні доступу до окремих функціональних елементів для цього було використано діаграму прецедентів (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Діаграма прецедентів для аналізу доступу користувачав до окремих функцій додатку

Наведена на рисунку 3.2 діаграма прецедентів ілюструє можливості користувача виконувати деякі операції в ручному режимі, зокрема проводити фотофіксацію лічильників, проводити попередню обробку, оцінювати результати розпізнавання цифрового зображення, встановлювати параметри роботи програмного додатку. Реалізація даного підходу дозволяє зробити програмний додаток більш універсальним та людино орієнтованим. Оскільки досвідчені користувачі можуть проводити налаштування параметрів для підвищення надійності роботи програмного додатку. А, в той самий час, користувачі з невеликим досвідом роботи з програмами даного типу можуть просто використовувати її в стандартних налаштування та автоматизувати процес подачі показників. Окрім того користувачі можуть звернутись в сервісний центр або гарячу лінію постачальника газу з метою уточнення параметрів передачі показників. В загальному запропонована модель дозволяє користувачеві повноцінно використовувати весь функціонал розробленого рпограмного додатку та виконувати усі поставлені завдання.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Іншим важливим аспектом функціонування програмного додатку є коректна взаємодія окремих модулів під час виконання завдань. Для цього на основі створеної структури проаналізуємо модель поведінки внутрішні елементів системи за допомогою діаграми послідовностей. Результати моделювання проілюстровані на рисунку 3.3.

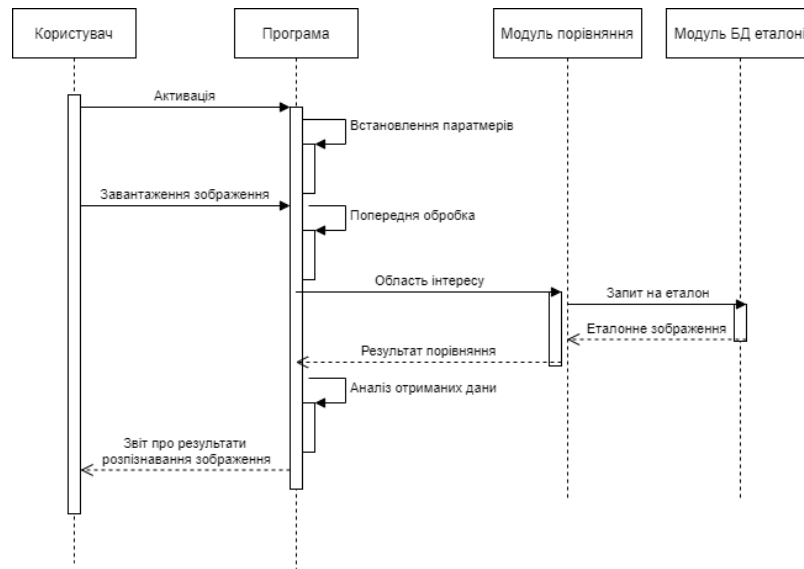


Рисунок 3.3 – Діаграма послідовності кроків взаємодії користувача та модулів програмної системи

На діаграмі чітко прослідковуються послідовність кроків, які повинен здійснити користувач, послідовність внутрішніх механізмів та часові затрати на виконання того чи іншого завдання. Процеси обробки вхідного зображення проводяться послідовно з проміжною перевіркою результатів проведеного опрацювання. При роботі в автоматизовано режимі функції запускають послідовно одна за одною чим створюється коректний конвеєр отримання, обробки, аналізу цифрового зображення. Внутрішніх колізів між окремими функціями не спостерігається, що надає можливість стверджувати, що обрана структура є коректною та може бути використаня для подальшої програмної реалізації. В результаті користувачі отримують простий та ефективний програмний засіб для автоматизації процесів обліку даних.

Оскільки програмний додаток планувався до використання на мобільних пристроях та позиціонував себе як простий та зрозумілий засіб автоматизації

процесів отримання та передачі даних, то під час створення дизайну були використані прості графічні елементи для зменшення навантаження на графічний інтерфейс користувача. Отримавши враховуючи те, що мобільні телефони мають невеликий розмір було вирішено на головному вікні розмістити тільки максимально важливі елементи управління, що значно підвищує рівень комфорту роботи з даним застосунком. Приклад головного вікна програмного додатку розпізнавання та передачі даних газового лічильника на основі аналізу його цифрових зображень наведено на рисунку 3.4.

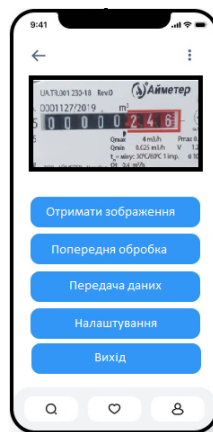


Рисунок 3.4 – Дизайн головного вікна аналізу цифрового зображення

В загальному, дизайн вікон складається з декількох візуальних блоків, що просторово розділені один від одного, це дозволить користувачам зручно отримувати інформацію та активувувати пункти меню не боячись випадково натиснути неправильний пункт меню. У випадку некоректної активації завжди є можливість повернення на попереднє вікно та продовження роботи з попереднього місця роботи. Кольори були обрані не яскраві, шрифт великий, розмір між елементами меню великий, дане дизайнерський вибір був продиктований бажанням створити комфортні умови для користувачів з слабким зором, проте дані налаштування можна змінити під час роботи програми в меню «Налаштування». Блок управління представлений набором кнопок які можуть автоматизувати відповідний функціонал програмного додатку. Кількість елементів меню є мінімальною та інтуїтивно зрозумілим, щоб не створювати

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

дискомфорт у користувачів з мінімальними навичками викристання мобільних пристроїв.

Загальна оцінка запропонованого графічного інтерфейсу мобільного додатку дозволяє комфортно його використовувати користувачам з різним рівнем володіння комп'ютерної техніки, а також швидкому вивченню його функціональних можливостей нових користувачів. Тому запропонований дизайн можна використовувати при програмній розробці мобільного додатку автоматизованого отримання та передачі показників приладів обліку виокристаного пророднього газу для приватних користувачів.

### 3.2 Особливості реалізацій функцій порівняння цифрових зображень

Сучасні технології стрімко проникають у всі сфери нашого життя, і одна з таких інновацій – автоматизація передачі комунальних послуг через SMS. Цей підхід надає значні переваги як споживачам, так і постачальникам послуг, покращуючи процеси обліку та управління ресурсами. Використання SMS для передачі даних споживання комунальних послуг, таких як вода, газ та електроенергія, забезпечує високу доступність технології. Мобільні телефони є практично у кожного, а відправлення та отримання SMS не вимагає доступу до інтернету, що особливо важливо у віддалених та сільських районах.

Для реалізації системи автоматизованої передачі через SMS використовуються інтелектуальні лічильники, оснащені модулями GSM. Ці пристрої автоматично збирають інформацію про споживання та надсилають її до центральної системи через SMS. Такий підхід потребує мінімальних змін у існуючій інфраструктурі та може бути інтегрований із поточними системами обліку.

Проте для реалізації програмний додатків даного типу необхідно знати та вміти формувати короткі повідомлення заданого формату. Інформацію про формат такого повідомлення можна отримати у свого оператора, або подивитись

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на його веб сторінці. Для приладу в Україні для передачі показників використовуються короткі повідомлення на номер 7104, формат повідомлення яке повинно бути передане серверу має наступний формат (рисунок 3.5).



Рисунок 3.4 – Формат короткого повідомлення для передачі показників

Для створення та надсилання SMS-повідомлень з використанням мови Python та мобільного додатка можна використовувати різні сервіси, такі як Twilio. Twilio надає API, який дозволяє надсилати SMS-повідомлення з вашої програми. Нижче наведено приклад коду, який демонструє процес надсилання SMS з використанням Twilio API. Twilio API (Application Programming Interface) – це платформа хмарних комунікацій, що надається компанією Twilio, яка дозволяє розробникам інтегрувати функції телефонних дзвінків, текстових повідомлень (SMS), відео та IP-телефонії у свої програми. Twilio надає широкий спектр API, які можуть бути використані для створення складних систем зв'язку, таких як кол-центри, системи оповіщення та автентифікації, автоматизовані служби підтримки та багато іншого. Для аналізу можливостей використання даного сервісу розглянемо деякі особливості роботи з ним. Для початку роботи на стороні клієнта необхідно імпортувати відповідну бібліотеку та створити «клієнтський» об'єкт для подальшої коректної взаємодії з серверною частиною. Для створення клієнта необхідно зареєструватись на сайті системи, де отримати ваші унікальні параметри для створення даного клієнта. Приклад API для створення клієнта наведено нижче:

```
from twilio.rest import Client
account_sid = 'your_account_sid'
auth_token = 'your_auth_token'
client = Client(account_sid, auth_token)
```

Для зручної роботи з клієнтською частиною та для відправлення відповідного короткого повідомлення була реалізована функція, яка отримує навхід параметри майбутнього повідомлення та саме повідомлення, формує саме повідомлення за допомогою методу create() та здійснює спробу відправки повідомлення на сервер. Якщо повідомлення було успішно передана отримувачу, то функція завершує свою роботу. Якщо з деяких причин повідомлення не було доставлене (відсутність зв'язку, відсутність отримувача онлайн тощо), то буде сформоване повідомлення що помилку. Програмний код, який описує дані кроки наведено нижче:

```
def send_sms(to_phone_number, from_phone_number,
message_body):
    try:
        message = client.messages.create( body=message_body,
from_=from_phone_number, to=to_phone_number )
    except Exception as e:
        print(Error: {e}')
```

Іншим важливим етапом взаємодії мобільного додатку з сервером створення та відправлення коротких повідомлень є саме встановлення інформації про відправника, отримувача, а також формування тексту повідомлення за визначеним форматом. Для цього був використаний наступний програмний код:

```
if __name__ == '__main__':
    to_phone_number = '+1234567890'
    from_phone_number = '+0987654321'
    userID = '1234567890'
    gasValue = '12345'
    message_body = userID + '+' + gasValue
    send_sms(to_phone_number, from_phone_number, message_body)
```

Використання зовнішнього сервісу створення та передачі повідомлень дозволило значно спростити програмний код та зосередити більшу увагу на етапах попередньої обробки та розпізнаванні цифрових зображень. Функції для реалізації даних завдань були отримані з цифрової бібліотеки OpenCV та інтегровані в структуру програмного додатку, що дозволило використати останні розробки в сфері обробки, аналізу та синтезу цифрових зображень які використовуються сучасними розробниками при створенні як великих програмний истем так і при реалізації вузькоспеціалізовани додатків.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



### 3.3 Тестування програмного додатку

Для проведення ефективного тестування необхідно обрати коректну тестову вибірку та врахувати особливості функціонування лічильників та мобільних телефонів. Особливостями мобільних телефонів може бути менша об'єм пам'яті, слабкі процесори, а також камери з низькою якістю. Тому при формуванні тестової вибірки були обрані зображення лічильників які можна згрупувати у декілька класів. До першого класу зображень будуть відноситись зображення на яких чітко видно область інтересу, відсутні значні шуми чи афінні перетворення. До другої групи зображень будуть відноситись зображення які мають явні афінні спотворення, тобто зображення були зроблені з циферблатом який був повернутий за якою з осей на деякий кут. Тобто зображенням даної групи необхідно додаткова попередня обробка для отримання коректного результату. До третьої групи розражень були віднесені ті в яких були значно помітні зовнішні фактори, наприклад зображення отримано при низькому рівні освітлення або частину показань не видно. Дана група зображень є самою складною для аналізу, оскільки наперед відомо, що частина даних буде або сильно спотворена або взагалі не доступна для аналізу. Приклади зображень різних груп наведено на рисунку 3.5.



а) Перша група



б) Друга група



в) Третя група

Рисунок 3.5 – Приклади тестових зображень різних груп

При аналізі результатів роботи модільного додатку було зроблено наступні висновки. Зображення першої групи були розпізнані без помилок, час опрацювання мінімальний, запити до користувача про необхідність внесення

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

корекцій в роботу програми не надходили. При аналізі результатів розпізнавання зображень другої групи спостерігались виникнення помилкових ситуацій, час опрацювання значно виріс. Причому, було відмічено, що якщо зображення було повернуто за або проти годинниковою стрілкою, то помилки зустрічались рідше, а у випадку якщо повороти мали бічний стиль, то частина зображення з даним значно спотворювалась, що призводило до значних помилок. Третя група зображень показала наступні результати: кількість помилок – велика, час опрацювання – довгий. Якщо аналізувати по рівню впливу зовнішніх факторів, то можна зробити висновок, що рівень якості освітлення має менший вплив на кінцевий результат, ніж відсутність (закритість) частини області інтересу з числовими даним.

В результаті проведених досліджень отримані результати були проранжовані та представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розпізнавання цифрових зображень різних груп

Назва групи/критерій порівняння	Швидкість аналізу	Необхідність попередньої обробки	Ймовірність помилкового розпізнавання	Необхідність ручної корекції
Перша група	максимальна	мінімальна	0%	ні
Друга група	середня	потребує	10-15%	так
Третя група	висока	потребує	до 40%	так

Передача даних комунальних послуг через SMS є ефективним та доступним рішенням, яке вже сьогодні може покращити процеси обліку та управління ресурсами. Автоматизація та простота використання роблять цю технологію привабливою як для споживачів, так і для постачальників послуг. У майбутньому подальший розвиток та вдосконалення таких систем може призвести до значних покращень в управлінні комунальними ресурсами, підвищуючи їх ефективність та стійкість.

## ВИСНОВКИ

На основі здійсненого аналітичного дослідження обліку та аналізу витрат природного газу для побутових споживачів, огляду існуючих алгоритмів попередньої обробки та розпізнавання цифрових зображень, а також дослідженні функціональних можливостей та особливостей внутрішньої архітектури мобільних додатків для обліку витрат природного газу можна зробити наступні висновки:

1) Досліджено існуючі технології фіксації інформації про використаний природній газ та передачу даних до операторів на основі технологій ручного та автоматизованого збору інформації, що дозволило виділити основні переваги та недоліки автоматизованого підходу;

2) Проведено аналіз та здійснено класифікацію лічильників обліку газу на основі дослідження принципів їх функціонування, що дозволило виділити характерні особливості відображення інформації про використані об'єми природного газу;

3) Проведено аналітичний огляд функціональних можливостей програмних засобів аналізу та розпізнавання цифрових зображень на основі дослідження їх внутрішніх механізмів, що надало можливість виділити основні структурні складові їх архітектури;

4) Проаналізовано алгоритми попередньої обробки цифрових зображень на основі їх можливості покращити вхідні дані, що дозволило виділити групу алгоритмів для розроблення власного алгоритму розпізнавання зображень;

5) Розробити алгоритм виділення, аналізу та розпізнавання цифрових даних на табло приладів обліку природного газу, на основі порівняння з еталонними зображеннями, що дозволило спроектувати структуру мобільного додатку обліку витрат природного газу.

6) Проведено тестування запропонованої структури мобільного додатку виділення та розпізнавання даних на табло приладів обліку природного газу, що показало його ефективність та конкурентність з програмами аналогами.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Квасниця В.І., Батько Ю.М. Технології автоматизованої реєстрації та передачі показників лічильників побутових споживачів. Збірник тез ІХ Науково-практична конференція молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі», Тернопіль, 21 травня 2024 р. с. 28.

2. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 Інформаційні технології / О.М. Березький, Л.О.Дубчак, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ЗУНУ, 2020. 60с.

3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування розробки комп'ютерних систем»/ Н.Я. Савка, І.Р. Паздрій / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 40 с.

4. Методичні вказівки до оформлення курсових проєктів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія» / І.В. Гураль, Л.О. Дубчак / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 33 с.

5. Berezsky O., Berezska K., Batko Yu., Melnyk G. Vision-based medical expert system. 6th International Scientific and Technical Conference “Computer Sciences and Information Technologies”(CSIT'2011, Lviv, Ukraine, 16-19 November), 2011. P. 49-50.

6. Adhikari S. An Image Based Activity Recognition. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2020. Vol. 8, no. 5. P. 1873–1878.

7. Ansari N. N. License Number Plate Recognition using Template Matching. International Journal of Computer Trends and Technology. 2016. Vol. 35, no. 4. P. 175–178.

8. Bayesian image segmentation fusion / H. Wang et al. Knowledge-Based Systems. 2014. Vol. 71. P. 162–168.

9. Bhanu B., Jones Iii G. Recognizing Objects in SAR Images. Image Recognition and Classification. 2002.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

10. Development of Image Recognition System Using Machine Learning Image Recognition System / M. SAITO et al. The Proceedings of JSME annual Conference on Robotics and Mechatronics (Robomec). 2019. Vol. 2019. P. 1A1–M09.

11. Gao S., Zhang C., Chen W.-B. Color Image Segmentation. International Journal of Multimedia Data Engineering and Management. 2012. Vol. 3, no. 3. P. 66–82.

12. Gbadamosi L. Voice Recognition System using Template Matching. International Journal of Research in Computer Science. 2013. Vol. 3, no. 5. P. 13–17.

13. Hanchuan Peng, Fuhui Long, Zheru Chi. Document image recognition based on template matching of component block projections. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2003. Vol. 25, no. 9. P. 1188–1192.

14. MATSUMOTO Y. Ship Image Recognition using HOG. The Journal of Japan Institute of Navigation. 2013. Vol. 129. P. 105–112.

15. Morle D. G. Image Classification by Image Subsets for Fine-Grained Image Recognition. Undergraduate Research in Natural and Clinical Science and Technology (URNCST) Journal. 2019. Vol. 3, no. 8. P. 1–5.

16. Multi-Template Processing of Fingerprint Recognition Algorithm / L. Y. Zou et al. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 610. P. 332–338.

17. Patil A. Image Recognition using Machine Learning. SSRN Electronic Journal. 2021.

18. Poonia P., Ajmera P. K., Shende V. Palmprint Recognition using Robust Template Matching. Procedia Computer Science. 2020. Vol. 167. P. 727–736.

19. Santosh K. C. Graphics Recognition. Document Image Analysis. Singapore, 2018. P. 17–34.

20. Seo S., Park Y., Ostromoukhov V. Image recoloring using linear template mapping. Multimedia Tools and Applications. 2012. Vol. 64, no. 2. P. 293–308.

21. Sequential interactive image segmentation / Z. Lin et al. Computational Visual Media. 2023.

22. Shen L. Implementation of CT Image Segmentation Based on an Image Segmentation Algorithm. Applied Bionics and Biomechanics. 2022. Vol. 2022. P. 1–11.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Smart Lock using Image Recognition / A. Hassan et al. Global Journal of Computer Science and Technology. 2021. P. 29–33.

24. Wang L., Liu Q. Discriminant distance template matching for image recognition. Machine Vision and Applications. 2022. Vol. 33, no. 6.

25. Deep Image Representations for Coral Image Classification / A. Mahmood et al. IEEE Journal of Oceanic Engineering. 2019. Vol. 44, no. 1. P. 121–131.

26. Image Classification Benchmark (ICB) / M. Caldeira et al. Expert Systems with Applications. 2020. Vol. 142. P. 112998.

27. Image Classification Model / Sachin Dhawas et al. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 2024. P. 740–742.

28. Mesin L. Biomedical Image Processing and Classification. Electronics. 2021. Vol. 10, no. 1. P. 66.

29. Rasheed N., R S. Image Classification Methods. International Journal of Engineering Trends and Technology. 2014. Vol. 8, no. 8. P. 461–464.

30. Sharma A., Phonsa G. Image Classification Using CNN. SSRN Electronic Journal. 2021.

					КР.КІ.0034120.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50