

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

МЕЛЬНИК ОЛЕКСАНДР ДАНИЛОВИЧ

УДК 004.925.5

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ
ПОКАЗНИКІВ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат

магістерської роботи

на здобуття кваліфікації магістра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2021

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

Науковий керівник: д-р техн. наук, проф.
Ірина Миколаївна Журавська,
ЧНУ ім. Петра Могили,
в. о. проф. кафедри комп'ютерної інженерії

Рецензент: д-р техн. наук, проф., Засл. винахідник України
Кондратенко Юрій Пантелійович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем

Консультант: д-р біол. наук, проф.
Григор'єва Людмила Іванівна,
ЧНУ ім. Петра Могили,
завідувач кафедри екології
Медичного інституту

Захист відбудеться «24» лютого 2021 р. о 10⁰⁰ на засіданні
Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406

З магістерською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений «23» лютого 2021 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. в сучасному світі побутові лічильники енергії активно замінюються на сучасні, з можливістю моніторингу показників. В той же час, у багатьох оселях все ще встановлені старі лічильники, в яких такої можливості немає. Тому, щоб облегшити відслідковування спожитої енергії, потрібно розробити пристрій, який допоможе не тільки слідкувати за показниками, а ще й автоматично відправляти дані на сайти «Обленерго» та на мобільний пристрій або ПК власника.

Зазначений пристрій та інформаційно-аналітична система (ІАС) моніторингу для обробки його показників мають забезпечити:

- 1) спрощення відслідковування показників лічильників;
- 2) відсутність потреби в людському втручанні;
- 3) можливість за допомогою графіків помічати великі витрати у ресурсах і завдяки цієї інформації вирішити подальші кроки для кращої економії..

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є проєктування та прототипування ІАС моніторингу показників лічильників з використанням технології розпізнавання образів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

- сформулювати вимоги до пристрою, що розробляється, задля усунення недоліків існуючих систем енергообліку;
- обрати компоненти для пристрою, що розробляється, аргументувати їх вибір та розробити апаратну частину;
- розробити програмне забезпечення (ПЗ) ІАС моніторингу;
- дослідити працездатність та функціонал розробленої ІАС моніторингу.

Об'єктом даної роботи є технології розпізнавання образів, за допомогою яких з фото будуть отримуватись дані показників лічильників.

Предметом даної роботи є інформаційно-аналітична система моніторингу показників лічильників.

Методи дослідження. У ході виконання роботи для вирішення наукових питань використані наступні методи дослідження: емпіричний, проміжний та теоретичний.

Емпіричний метод дослідження включає в себе:

а) порівняння – при виборі способів розпізнавання тексту на фотографіях розглядаючи факти.

Проміжний метод дослідження:

а) пояснення – при формуванні і огляді концепції дипломної роботи;

б) аналіз проблеми – при вирішенні проблем під час програмування.

Теоретичний метод дослідження:

а) методи системного та порівняльного аналізу – під час аналізу наукових джерел та статей для кращого розуміння методів розпізнавання образів.

Практичне значення: пристрій є повністю автономним, тому його можна використовувати без втручання користувача. Крім того, він є досить гнучким та допускає розширення деякого функціоналу.

Апробація результатів магістерської роботи відбувалася під час Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інтелектуальний потенціал – 2020» (Хмельницький, 9–10 листопада 2020 р.) та XXIII Всеукраїнської науково-методичної конференції «Могилянські читання – 2020» (Миколаїв, 16–20 листопада 2020 р.).

Публікації. За результатами магістерської роботи опубліковані дві тези доповідей [1; 2].

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 23 найменувань, 3 додатків, спеціальної частини з охорони праці та безпеки життєдіяльності. Основна частина роботи становить ___ с., серед яких ___ рис. та ___ табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано обґрунтування актуальності теми магістерської роботи, зазначено її зв'язок із науковою програмою, планами і темами, сформульовано мету та завдання дослідження, вказано практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації автора. Відслідковування спожитої енергії допоможе не тільки слідкувати за показниками, а ще й автоматично відправляти дані на сайти «Обленерго» та на мобільний пристрій або ПК власника.

У **першому розділі** проведено огляд існуючих систем відслідковування показників лічильників, принципи розпізнавання символів з фото а також описано використання нейронних мереж а саме: глибинні, згорткові та рекурентні нейронні мережі.

Досліджено найбільш популярні аналоги а саме: послуга «Енеко +», яка дозволяє збирати і зберігати інформацію про потужність, споживання та навантаження системи; система АСКОЕ NOVATOR, яка забезпечує облік, контроль навантаження та споживання ресурсів; лічильник води Елехант, який передає інформацію засобами Bluetooth в мобільний додаток «Елехант» або на окремий дисплей (рис. 1).

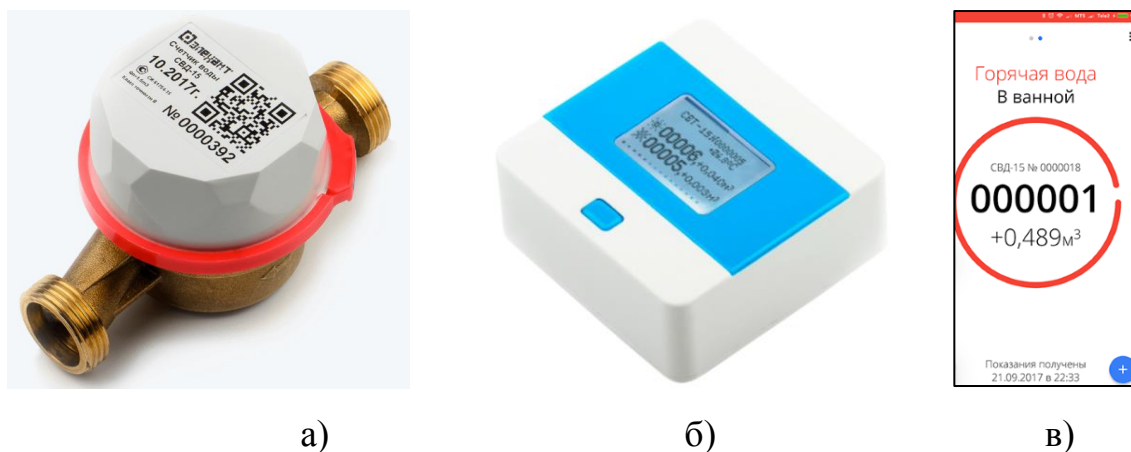


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд лічильнику Елехант (а), винесений дисплей (б) та вигляд додатку в телефоні (в)

Визначено, що всі продукти являються комерційними розробками і недоступні ані у вигляді програмного коду, ані у вигляді формального опису алгоритмів. Сформульовані невирішені задачі для подальших досліджень у дипломній роботі.

У **другому розділі** проведено аналіз компонентів, які можуть використовуватися в роботі. Обрані найбільш оптимальні та доступні моделі мінікомп'ютера та камери, які підходять для поставленої задачі, описано їх переваги та недоліки, розглянуто нюанси використання та побудови пристрою. Описана принципова схема розробленого пристрою на базі Raspberry Pi 3 для ІАС моніторингу (рис. 2).

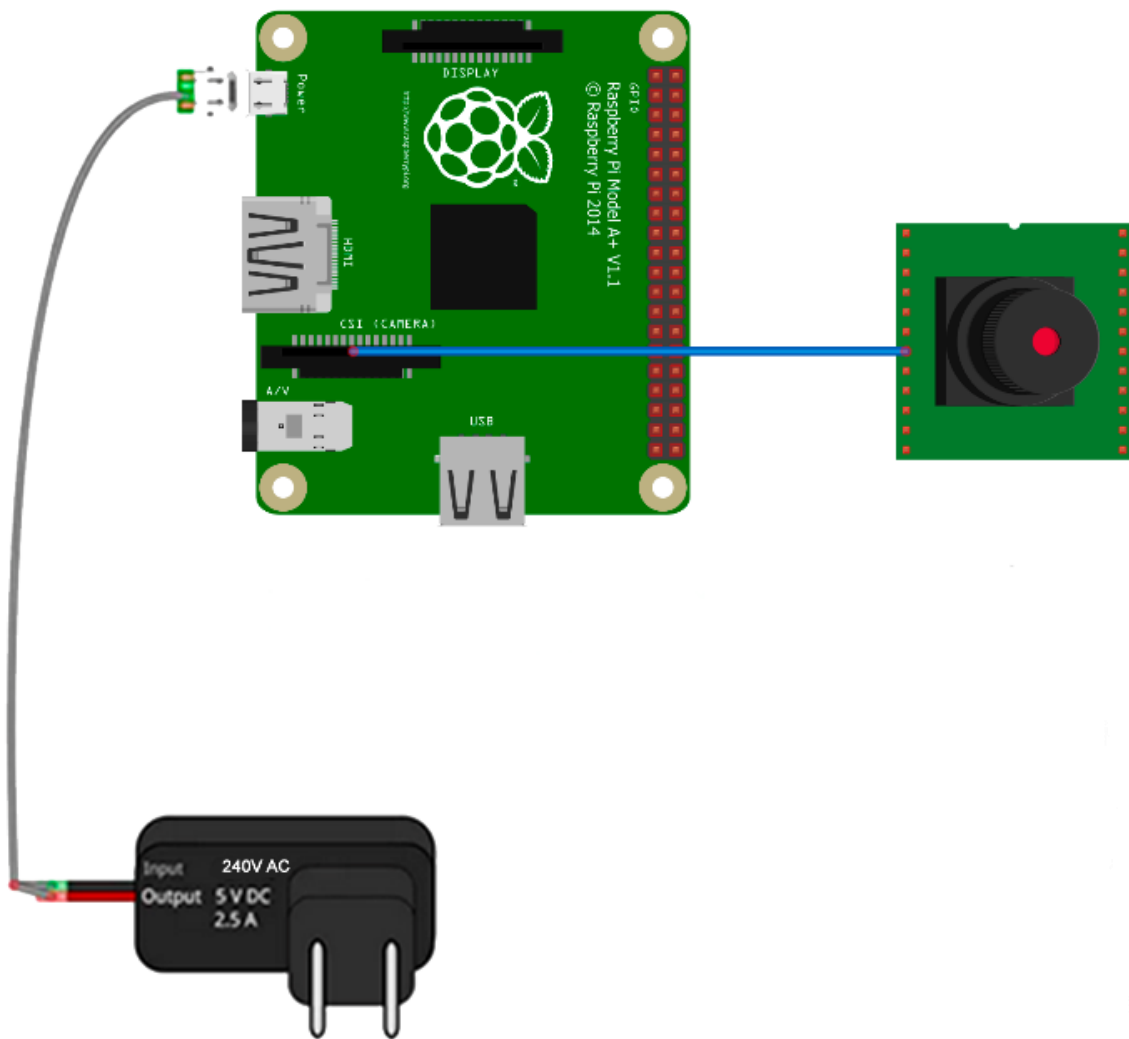
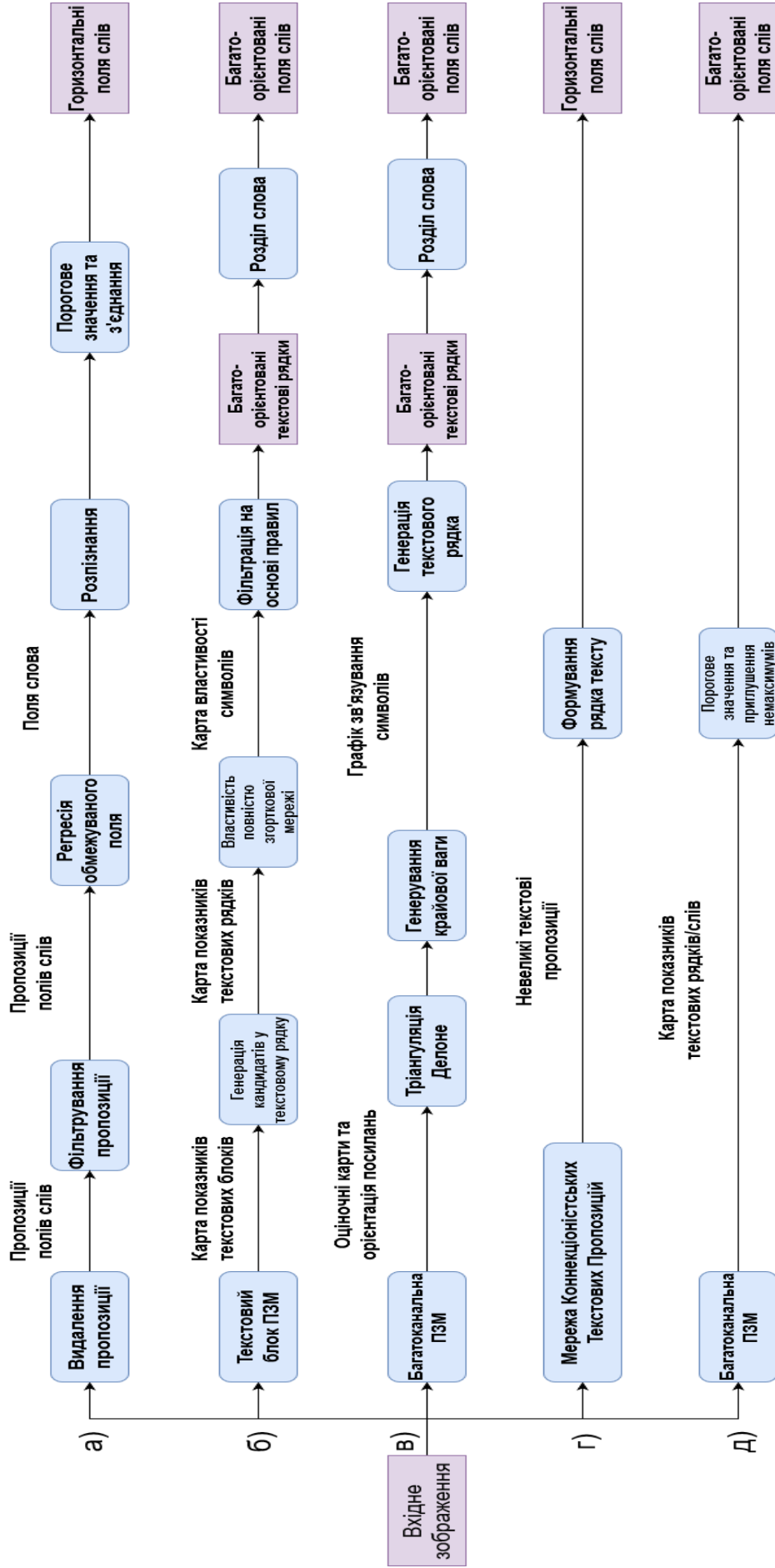


Рисунок 2 – Принципова схема пристрою на базі Raspberry Pi 3



Таким чином в даному розділі було описано і обґрунтовано апаратні рішення; проаналізовано їх переваги і недоліки; розроблено принципову схему та макет пристрою; описаний процес роботи з одноплатним мінікомп'ютером Raspberry Pi 3.

У **третьому розділі** описано найбільш популярні бібліотеки алгоритмів комп'ютерного зору, проаналізовано найчастіше застосовані алгоритми розпізнавання символів, їх переваги та недоліки (рис. 3). Обґрунтовано вибір найбільш прийняттого за швидкістю, навантаженню та точністю алгоритму в бібліотеці Open CV. Слід зазначити, що конвеєр з розпізнавання символів, запропонований у магістерській роботі, наведений на рис. 3, д, виключає більшість проміжних етапів, складається лише з двох етапів і набагато простіший, ніж проаналізовані існуючі рішення а також істотно не втрачає точність (табл. 1).

Таблиця 1 – Оцінка якості розпізнавання символів з використанням існуючих конвеєрів

Оцінка похибки розпізнавання	Проаналізовані конвеєри з розпізнавання символів				
	Горизонтальний конвеєр Ядерберга	Багатокоптурний конвеєр Чжана	Багатокоптурний конвеєр Яо	Горизонтальний конвеєр Тіана	Розроблений конвеєр МРМ
Середнє квадратичне відхилення (нормоване)	0,127	0,134	0,138	0,129	0,146
Середній відсоток похибки, %	7,180	7,830	7,900	7,610	8,200
Середня відносна похибка прогнозу, %	11,700	13,200	14,490	12,420	16,800
Коефіцієнт детермінації	0,471	0,453	0,437	0,450	0,410

Індекс Тейла	0,124	0,126	0,128	0,126	0,130
--------------	-------	-------	-------	-------	-------

Розроблено ПЗ для ІАС моніторингу показників лічильників з використанням мови Python 3 у IDE Thonny. Діаграму послідовності роботи ПЗ наведено на рис. 4.

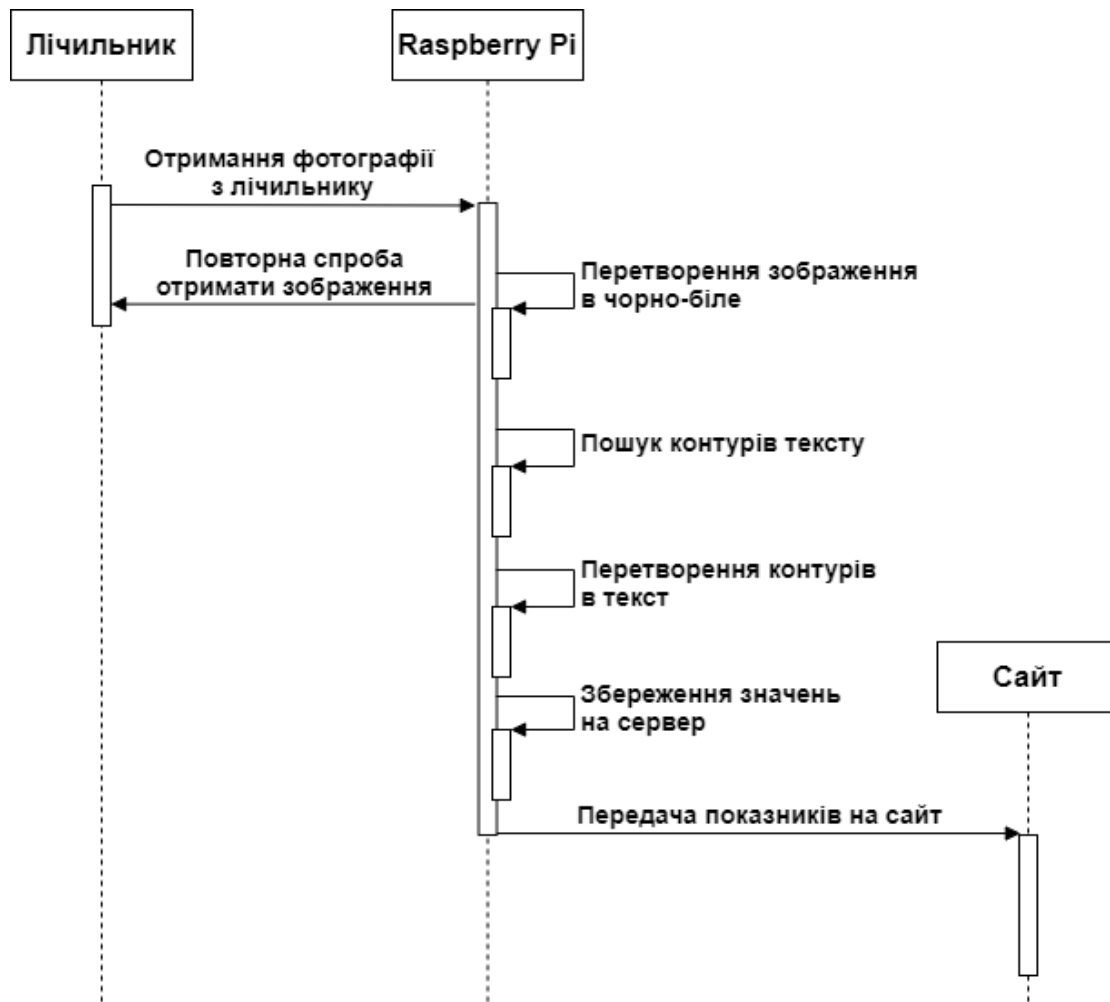


Рисунок 4 – Діаграма послідовності роботи ПЗ ІАС

Додатки містять перевірку на унікальність дипломної роботи, лістинг коду програмного забезпечення, матеріали апробації магістерської роботи.

У спеціальній частині «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проведений аналіз факторів виробничого середовища у приміщенні на підприємстві ТОВ «Бріолайт-Україна», а також визначений вплив цих факторів на здоров'я та працездатність працівників. Слід зазначити, що була встановлена відповідність всіх розглянутих показників чинним санітарним

нормам та виявлено, що умови праці в ТОВ «Бріолайт-Україна» сприяють досягненню очікуваних результатів від працюючих ІТ-фахівців.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи було розроблено інформаційно-аналітичну систему моніторингу показників побутових лічильників, які не мають у конструкції вбудованих інтерфейсів для передачі показників енергопостачальній компанії та власнику будівлі. Для вирішення означеної актуальної прикладної та науково-технічної проблеми запропоноване апаратне рішення на основі одноплатного мінікомп'ютера Raspberry Pi та розроблено програмне забезпечення з використанням технології розпізнавання образів.

В результаті виконання дипломної роботи:

1. На основі проведеного аналітичного огляду існуючих систем енергообліку (їх технічних характеристик, методів зняття показників а також функціоналу) було сформульовано вимоги до пристрою, що розробляється, задля усунення їх недоліків.

2. Проаналізовано різноманітні компоненти пристрою, та, враховуючи їх характеристики, простоту використання та ціну, було обрано мінікомп'ютер Raspberry Pi 3 та камеру для пристрою, що розробляється, аргументовано їх вибір та розроблено принципову схему та макет пристрою.

3. Проаналізовано найчастіше застосовані алгоритми розпізнавання символів, їх переваги та недоліки. Обґрунтовано вибір найбільш прийняттого за швидкістю, навантаженню та точністю алгоритму в бібліотеці Open CV.

4. Запропоновано конвеєр з розпізнавання символів, який виключає більшість проміжних етапів, складається лише з двох етапів і набагато простіший, ніж проаналізовані існуючі рішення.

5. Розроблено ПЗ для моніторингу показників лічильників. Використана бібліотека OpenCV як проста у налагодженні та достатня за функціями. Також досліджено нюанси роботи з Raspberry Pi 3 на програмному рівні, включаючи

встановлення операційної системи Raspbian та підключення до мінікомп'ютера за допомогою SSH.

6. Досліджено працездатність та функціонал розробленої інформаційно-аналітичної системи моніторингу на власних лічильниках, що дозволило виявити деякі нюанси при зчитуванні даних.

7. У спеціальному розділі з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника ІТ-сфери. Виконано аналіз освітлення та мікрокліматичних умов на робочому місці, управління цивільним захистом на підприємстві у разі виникнення пожежі.

Робота пройшла апробацію на двох всеукраїнських науково-технічних конференціях, за результатами надруковано дві публікації.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Мельник О. Д., Журавська І. М. Використання технології розпізнавання образів для автоматизації обліку показників побутових лічильників енергії. *Інтелектуальний потенціал – 2020* : тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф., Хмельницький, 9–10 листоп. 2020 р. Хмельницький : ПВНЗ УЕП, 2020. Ч. 1. С. 49–52.

2. Мельник О. Д., Журавська І. М. Моніторинг показників побутових лічильників з використанням технології розпізнавання образів. *Могілянські читання – 2020* : тези доп. XXIII Всеукр. наук.-метод. конф., Миколаїв, 16–20 листоп. 2020 р. Миколаїв : Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили, 2020. С. 67–71.

АНОТАЦІЯ

Мельник О. Д. «Інформаційно-аналітична система моніторингу показників побутових лічильників з використанням технології розпізнавання образів». – Кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія» на здобуття освітньої кваліфікації «магістр з комп’ютерної інженерії». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2021.

На теперішній час багато уваги приділяється автоматизації обліку спожитих енергоресурсів та безперервного моніторингу їх витрачання для попередження їх несанкціонованого відбору. Поки що не існує єдиної концепції розв’язання даної задачі. Але велика увага приділяється дослідниками можливості автоматизованого обліку електроенергії даної системи на базі мінікомп’ютерів Raspberry Pi. Тільки 30 % лічильників, встановлених у приватних оселях, мають вбудований порт RS-485 для автоматичної передачі показників до загальної облікової системи. Тому актуальним є саме використання технології розпізнавання образів для автоматизації обліку показників побутових лічильників. Цей підхід спроможний забезпечити автоматизований облік показників не тільки побутових лічильників електроенергії, але й будь-яких, що мають цифрове табло на корпусі.

В процесі роботи над дипломним дослідженням проведено аналітичний огляд методів розпізнавання символів та основних бібліотек для комп’ютерного зору (OpenCV та Tesseract). Доведено, що конвеєр з розпізнавання символів, запропонований у магістерській роботі, виключає більшість проміжних етапів, складається лише з двох етапів і набагато простіший, ніж проаналізовані існуючі рішення, а також істотно не втрачає точність. Враховуючи всі переваги та недоліки, для реалізації запропонованого рішення було обрано бібліотеку OpenCV як найбільш просту і легко впроваджувану в системи.

Розроблено програмне забезпечення (ПЗ) для інформаційно-аналітичної системи (ІАС) моніторингу показників лічильників енергії. В ПЗ використана бібліотека OpenCV, яка дозволила швидко та з невеликими потребами в потужності мінікомп’ютеру виконати всі поставлені задачі. За результатами тестування ІАС показала себе стабільно та з достатньою точністю розпізнала всі цифри на лічильнику.

У спеціальній частині з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях було проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника ІТ-сфери. Виконано аналіз освітлення та мікрокліматичних умов на робочому місці, управління цивільним захистом на підприємстві у разі виникнення пожежі.

Дипломна робота містить ___ с. (без додатків), ___ рис., ___ табл., 33 посилання та 3 додатки.

ABSTRACT

Melnyk Oleksandr. "Information and analytical system for monitoring the performance of household meters using image recognition technology". – Qualification work of the master in the specialty 123 Computer Engineering for obtaining the educational qualification "Master of Computer Engineering". – Petro Mohyla Black Sea National University, 2021.

At present, much attention is paid to the automation of accounting for consumed energy resources and continuous monitoring of their consumption to prevent their unauthorized selection. There is currently no single concept for solving this problem. But much attention is paid by researchers to the possibility of automated electricity metering of this system based on Raspberry Pi mini-computers. Only 30% of meters installed in private homes have a built-in RS-485 port for automatic transmission of indicators to the general accounting system. Therefore, it is important to use image recognition technology to automate the accounting of household meters. This approach is able to provide automated metering of not only household electricity meters, but also any that have a digital display on the body.

During the diploma research the analytical review of methods of recognition of symbols from a photo is carried out. The main libraries for computer vision are OpenCV and Tesseract. It is proved that the character recognition pipeline proposed in the master's thesis excludes most intermediate stages and consists of only two stages. It is much simpler than the analyzed existing solutions, and also doesn't lose accuracy significantly. Given all the advantages and disadvantages, the OpenCV library was chosen to implement the proposed solution as the simplest and easiest.

Software for information-analytical system (IAS) of monitoring of energy meters indicators has been developed. The software uses the OpenCV library, which allows you to quickly and with little power requirements of the mini-computer to perform all tasks. According to the test results, the IAS proved to be stable and recognized all the numbers on the meter with sufficient accuracy.

In a special part on occupational safety and protection in emergency situations the system of measures and means for preventing the impact on the person of the adverse factors that accompany the work of the IT employee was analyzed. Analysis of lighting and microclimatic conditions in the workplace, management of civil protection in the company in the event of a fire was executed.

Thesis contains ___ pages (without appendixes), ___ figures, ___ tables, 33 references and 3 appendixes.