

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій
(повне найменування факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДХОДІВ ЩОДО
ПРОЕКТУВАННЯ РОЗУМНОЇ АВТОМІЙКИ
RESEARCH AND IMPLEMENTATION OF APPROACHES TO DESIGNING A
SMART CAR WASH

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи БК-612м
Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Автоматизація, мехатроніка та робототехніка

ДОВЖЕНКО В. М.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник МИРОНОВА Н.О.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент КОРОТУН А.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій
Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Автоматизація, мехатроніка та робототехніка
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри ІТЕЗ, к.т.н, доц.
О.Ю. МАЛИЙ
“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ДОВЖЕНКО Володимир Миколайович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження та реалізація підходів щодо
проектування розумної автомийки
Research and implementation of approaches to designing a smart car wash

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц., МИРОНОВА Наталя Олексіївна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові,)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “23” квітня 2024 року № 162

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10 червня 2024 року
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) програма повинна забезпечувати
обробку та відображення даних в застосунку

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, 1 Аналіз предметної області та постановка задачі,
2 Дослідження технологій та засобів проектування систем розумних авто
мийок, 3 Дослідження моделей та підходів для прогнозування використання
ресурсів на автомийці, 4 Проектування та реалізація розумної автомийки 5
експериментальне дослідження розробленої програми, Висновки, Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
слайди презентації

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Розділи 1-4	МИРОНОВА Н.О., доцент		
Нормоконтроль	ПОСПЕЄВА І. Є., ст.викладач		

7. Дата видачі завдання «01» березня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи.	1 тиждень	Завдання, ТЗ
2	Аналіз предметної області.	1 тиждень	Розділ 1
3	Дослідження технологій та засобів проектування систем розумних автомобілів	2-4 тиждень	Розділ 2
4	Дослідження моделей та підходів для прогнозування використання ресурсів на автомобілі	5-6 тижні	Розділ 3
5	Проектування та реалізація прототипу розумної автомобілі	7-8 тиждень	Розділ 4
6	Експериментальне дослідження розробленої програми.	9-10 тиждень	Розділ 5
7	Оформлення пояснювальної записки та відповідної документації	11-12 тиждень	Додатки
8	Нормоконтроль та рецензування.	13 тиждень	
9	Захист дипломної роботи.	14 тиждень	

Студент(ка)

(підпис) Володимир ДОВЖЕНКО
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Наталя МИРОНОВА
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра:
88 с., 4 табл., 19 рис., 2 дод., 30 джерел.

РОЗУМНА АВТОМИЙКА, СЕНСОР, ARDUINO, ROBOWAS, LUXWASH, CYBERWASH 360, IOT, NB-IOT, API, LAN, WI-FI, PYTHON, VS CODE, JSON-ФАЙЛ.

Об'єкт дослідження – програмна та апаратна частини систем розумних автомийок.

Предмет дослідження – програмне забезпечення для моніторингу та управління споживаннями ресурсами розумних автомийок.

Мета роботи – розробити модуль моніторингу споживання ресурсів для прототипу розумної автомийки з використанням алгоритмів машинного навчання, що дозволяють прогнозувати рівень використання ресурсів на автомийці з високою точністю.

Проектування прототипу розумної автомийки виконано за допомогою графічної мови Unified Modelling Language, для реалізації програмної частини використовувалася мова програмування Python та бібліотеки scikit-learn, statsmodels.tsa, tensorflow.keras.

В результаті здійснено програмну реалізацію моделей прогнозування ресурсів на автомийці: регресійної моделі, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридної моделі (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках).

Розумна автомийка призначена для економного використання ресурсів для миття автомобілів.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma qualifying work of the master: 88 pages, 4 tables, 19 figures, 2 appendixes, 30 sources.

SMART CAR WASH, SENSOR, ARDUINO, ROBOWAS, LUXWASH, CYBERWASH 360, IOT, NB-IOT, API, LAN, WI-FI, PYTHON, VS CODE, JSON FILE

Object of research is software and hardware of smart car wash systems.

The subject of research is software for monitoring and managing resource consumption of smart car washes.

The purpose of the study is to develop a resource consumption monitoring module for a smart car wash prototype using machine learning algorithms that allow predicting the level of resource consumption at a car wash with high accuracy.

The design of the smart carwash prototype was carried out using the Unified Modelling Language, and the Python programming language and the scikit-learn, statsmodels.tsa, and tensorflow.keras libraries were used to implement the software part.

As a result, the software implementation of resource forecasting models at the car wash was carried out: a regression model, a time series model, a model based on artificial neural networks, and a hybrid model (a combination of linear regression and autoregressive integrated moving average on residuals).

The smart car wash is designed to use resources for car washing in an economical way.

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	11
1.1 Введення до поняття автономіка та їх класифікація	11
1.2 Історія розвитку автономіок	12
1.3 Огляд існуючих автоматизованих робототехнічних систем на автономіках в Україні	14
1.4 Висновки по розділу та постановка завдання	24
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ РОЗУМНИХ АВТОМІЙОК	26
2.1 Дослідження існуючих технологій та систем розумних автономіок.....	26
2.2 Вибір мови програмування	38
2.3 Огляд бібліотек Python для машинного навчання	42
2.4 Висновки з розділу	45
3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТА ПІДХОДІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ НА АВТОМІЙЦІ.....	47
3.1 Лінійна регресійна модель	47
3.2 Моделі часових рядів	48
3.3 Моделі на основі штучних нейронних мереж	50
3.4 Гібридні моделі прогнозування	51
3.5 Висновки з розділу	52
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗУМНОЇ АВТОМІЙКИ.....	53
4.1 Схема прототипу розумної автономіки	53
4.2 Проектування розумної автономіки	57
4.3 Програмна реалізація моделей прогнозування ресурсів на автономіці	60
4.4 Інтеграція модулю моніторингу споживання ресурсів в систему роботизованої автономіки	63
4.5 Висновки з розділу	63

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ПРОГРАМИ .	65
5.1 Експериментальне дослідження розробленої програми	65
5.2 Подальші покращення системи	68
5.3 Висновки з розділу	68
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	72
ДОДАТОК А Текст програми.....	75

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

IoT	– Internet of Things
NB-IoT	– Narrowband IoT
ПЗ	– програмне забезпечення;
API	– Application Programming Interface;
LAN	– Local Area Network
Wi-Fi	– Wireless Fidelity
JSON	– JavaScript Object Notation
PLC	– Programmable Logic Controller
ШІ	– штучний інтелект
ООП	– об'єктно-орієнтоване програмування
RNN	– Recurrent Neural Network
ШНМ	– штучні нейронні мережі

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасному світі дуже швидко розвиваються технології автоматизації процесів та операцій які раніше виконувала людина. Кожного дня людство вдосконалює та розробляє нові технології та інноваційні системи для полегшення та покращення праці. Робототехнічні системи використовуються скрізь: на заводах, складських приміщеннях, конвеєрах, ресторанах, силових структурах та інше. Автоматизація також не оминула й автомийки. Тому актуальною задачею є дослідження технологій та засобів проектування систем розумних автомийок.

Мета і задачі дослідження. Мета даної дипломної кваліфікаційної роботи – розробити модуль моніторингу споживання ресурсів для прототипу розумної автомийки з використанням алгоритмів машинного навчання, що дозволяють прогнозувати рівень використання ресурсів на автомийці з високою точністю.

Для досягнення поставленої мети в дипломній кваліфікаційній роботі потрібно вирішити наступні задачі:

- дослідити існуючі технології та засоби проектування систем розумних автомийок;
- дослідити моделі та підходи для прогнозування використання ресурсів на автомийці;
- виконати вибір та обґрунтування засобів розробки алгоритмів машинного навчання для прогнозування використання ресурсів в сучасних автомийках;
- розробити схему прототипу розумної автомийки
- розробити програму для прогнозування використання води та електроенергії на автомийці;
- виконати експериментальне дослідження розробленої програми.

Об'єкт дослідження – програмна та апаратна частини систем розумних автомийок.

Предмет дослідження – програмне забезпечення для моніторингу та управління споживання ресурсами розумних автомобілів.

Методи дослідження. Для розробки програми прогнозування використання ресурсів на автомобілі застосовані регресійна модель, модель часових рядів, модель на основі штучних нейронних мереж та гібридної моделі (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках).

Наукова новизна роботи полягає у тому, що виконано дослідження підходів та технологій проектування систем розумних автомобілів з використанням алгоритмів машинного навчання, що дозволяють прогнозувати рівень використання ресурсів на автомобілі з високою точністю.

Практична цінність результатів роботи полягає у тому, що розроблено програму, що дозволяє надати попередній прогноз використання ресурсів на автомобілі з високою точністю.

Апробація результатів. За результатами роботи були подані тези на науково-практичну конференцію викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів та студентів «Тиждень науки-2024».

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Введення до поняття автомийка та їх класифікація

Автомийка – пристрій для миття автомобілів, а також підприємство, що здійснює миття автомобілів і яке надає супутні послуги (чистку салону автомобіля тощо). Найчастіше автомийки розташовуються на автозаправних станціях також поряд з автомагазинами і станціями технічного обслуговування автомобілів [1].

Існують кілька типів автомийок:

- ручні, безконтактні;
- порталні;
- тунельні.

Портальна мийка – автоматична установка, що нагадує арку, рухається вздовж автомобіля під час стояння і видаляє з нього бруд.

Тунельна мийка – це конвеєр, на якому розташовані кілька нерухомих арок, кожна з яких виконує свою функцію: наносить мийні речовини та віск, миє, сушить тощо.

Ручна та безконтактна мийка починається зі змивання основного бруду за допомогою пристрою високого тиску, а потім відрізняється за методом нанесення мийної піни на автомобіль.

Щодо способів видалення забруднень, мийки поділяються на:

- контактні (з використанням механічного видалення бруду та хімічних мийних засобів);
- безконтактні (де забруднення видаляється за допомогою поверхнево-активних мийних речовин і потужних струменів води під високим тиском).

Через великі обсяги використання мийних засобів, автомийки стають значними забруднювачами навколишнього середовища. Тому державні органи часто вимагають встановлення на них систем регенерації та очищення води.

Портальні автомийки – це автоматичні установки, що рухаються вздовж автомобіля під час його стояння і видаляють з нього бруд. Вони поділяються на контактні та безконтактні. У безконтактних мийках встановлені апарати високого тиску рідини замість обертових щіток. Головною перевагою портальної мийки є швидкість процесу, а також менші витрати на персонал і воду порівняно з ручною мийкою. Деякі портали можуть мити автомобілі різного розміру – від фур до легкових авто.

Останнім часом ручна мийка стала дуже популярною і навіть отримала нову назву – детейлінг автомобілів. Ця популярність зумовлена можливістю ретельно і акуратно вимити найдрібніші деталі і стики, що недоступні для автоматичної мийки[1].

1.2 Історія розвитку автомийок

Автомийки – це спеціалізовані заклади, де автомобілі збираються для мийки з використанням автоматизованого обладнання. Історія автомийок сягає кінця 19-го століття, коли в Америці виникли перші пристрої для автоматичного миття автомобілів. Одним з найбільш відомих і ранніх винаходів цього типу був тунельний мийний комплекс, який був запатентований в 1914 році в Сполучених Штатах.

Протягом наступних десятиліть автомийки поширилися по всьому світу, включаючи Європу, Азію та інші континенти. З часом технології стали більш ефективними і розвинутими, включаючи в себе використання різних хімічних розчинів для очищення автомобілів, водяного тиску для видалення бруду та інші інновації.

Сучасні автомийки можуть бути в основному розділені на кілька типів:

- самообслуговування: це мийки, де клієнти миють свої автомобілі самостійно, використовуючи спеціальне обладнання та розчини;
- автоматизовані мийки: ці мийки використовують автоматичні системи для миття автомобілів, як правило, через тунельні системи;

автомобіль просто в'їжджає в тунель, і потім його миють різними методами, такими як щітки, вода під тиском, спеціальні розчини тощо;

– ручні мийки: це мийки, де роботу виконують працівники вручну, використовуючи щітки, губки, розчини та інше обладнання.

Розвиток автомийок продовжується і включає в себе вдосконалення технологій, використання більш екологічно чистих методів миття, а також адаптацію до змін у вимогах споживачів і стандартів екологічної безпеки [1].

Перша автомийка була відкрита в 1914 році в Чикаго, США, під назвою "Automat". Процес миття включав в себе використання механічного обладнання та ручного труду.

У 1940-1950-х роках з'явилися перші автоматизовані автомийки. Вони використовували конвеєрні системи та щітки для автоматичного миття автомобілів.

У 1960-х роках з'явилися самообслуговуючі автомийки, де власники автомобілів могли самостійно мити свої транспортні засоби, користуючись спеціальним обладнанням та мийними рідинами.

З розвитком технологій у сучасних автомийках використовуються різні інноваційні методи миття, такі як високотискове промивання, воскові покриття та інші заходи для забезпечення якісного миття та захисту лакофарбового покриття автомобілів.

Останнім часом з'являється більше екологічно орієнтованих підходів у сфері автомийок, включаючи використання біорозчинних мийних речовин та вдосконалені системи очищення води [1].

Багато автомийок входять до мереж та франшиз, що дозволяє їм об'єднувати ресурси для вдосконалення сервісу та розширення бізнесу.

Розвиток автомийок відбувався від простих ручних систем до сучасних автоматизованих та технологічно вдосконалених комплексів. Цей процес продовжується, із застосуванням новітніх технологій та рішень для забезпечення зручності та якісного обслуговування автомобілів.

[1.3 Огляд існуючих автоматизованих робототехнічних систем на автомийках в Україні]

Звичайні автомийки на яких працюють люди і де є можливість допущення людської помилки. Такі автомийки є значно дешевшими та звичними для користувачів. В них використовується стандартне обладнання: компресори для повітря, насосні станції для створення тиску, піногенератори та воскогенератори.

Автомийки самообслуговування є більш дешевими для користувачів, але там водієві самому приходится все робити, а саме: нанести піну, потім помити мочалкою забруднені місця, потім змити піну, нанести віск, змити віск осмосом а потім ще протерти авто тряпкою щоб не залишилося розводів.

RoboWash високошвидкісна автоматична безконтактна мийка легкових автомобілів і мікроавтобусів, найпопулярніша робот-мийка в Україні [2].

Високошвидкісна мийка RoboWash забезпечує велику пропускну спроможність 10-15 автомобілів за годину . Це дозволяє залучити клієнтів, які віддають перевагу «митися» швидко і часто, що забезпечує велику кількість постійних клієнтів і високий рівень доходів авто мийки [2].

Мийка RoboWash знижує комунальні витрати в 2,5 рази. Робот виконує повний цикл навколо авто за 28 секунд, це забезпечує економію витрат на воду – 50%, на електроенергію – 60%. Також система електронного дозування хімії дозволяє вимити автомобіль, використовуючи 20-50 мл мийного засобу.

Безконтактний робот RoboWash виключає помилки «людського фактору» та замінює цілий штат автомийників, анулюючи питання «плинності» і підбору кадрів, нарахування заробітної плати, крадіжок хімії та готівки, непромивів, недотірок та інших конфліктів з клієнтами, що виникають при ручній мийці. Безконтактний робот RoboWash наведений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Безконтактний робот RoboWash [2]

Гарантія надійності, якості та стабільної роботи обладнання RoboWash забезпечується завдяки його постачанню та встановленню компанією Дельта, яка є дистриб'ютором бренду RoboWash та лідером продажів автомийного обладнання в Україні з 2002 року. Це підтверджується багаторічним досвідом експлуатації автомийок RoboWash з 2015 року. Автоматичні безконтактні мийки RoboWash виробляються на заводі Hangzhou Leisu Cleaning Equipment Co., Ltd в Китаї [2].

В 2015 р. компанія Дельта, як офіційний представник заводу, встановила першу в Україні мийку Leisuwash в м.Одеса.

Безконтактна мийка RoboWash – однією з найсучасніших автоматизованих систем для миття автомобілів, у якій всі процеси виконуються роботом. Робот-автомат здійснює нанесення піни, мийку під високим тиском, нанесення воску, ополіскування та сушку автомобіля. Загальний вигляд бокса RoboWash наведений на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд бокса RoboWash [2]

Маніпулятор RoboWash зігнутої форми здійснює обертання на 360 градусів навколо автомобіля, зчитуючи його контури та налаштовуючись на оптимальну відстань для мийки. Вбудовані форсунки дозволяють роботу наносити різні хімічні реагенти, такі як піна, емульсія, шампунь і віск, а також виконувати мийку під високим тиском 150 бар [2].

Компанія «LuxWash» систематично моніторить ринкові тенденції та впроваджує передові інноваційні технології та високоякісне обладнання для надання послуг найвищого рівня. Вони розробили новітню роботизовану автомийку «LuxCyber» – автоматизовану систему для безконтактного очищення автомобілів. Ця технологія дозволяє уникати прямого контакту обладнання з поверхнею кузова, що зменшує час процедури мийки, знижує експлуатаційні витрати, підвищує якість надання послуг та рентабельність підприємства [3].

«LuxCyber» представляє собою комплекс інноваційного та високоточного обладнання, що працює на основі інтелектуальних алгоритмів, розроблений для здійснення безконтактної мийки автомобілів без використання щіток. Ця система розташовується у власному боксі і значно зменшує витрати автохімії, підвищує якість процедури мийки та скорочує час надання послуги [3].

Автоматична безконтактна система мийки комплектується передовим обладнанням і функціями для досягнення максимальної якості, ефективності та економічності обслуговування транспортних засобів [3]:

- система кріплення транспортних засобів та дозування хімії, що відрізняється від аналогів;
- інтелектуальна система моніторингу та контролю процесу миття;
- технологія 3D-розпізнавання контурів автомобіля;
- обладнання «FoamWall» для нанесення піни, воску та прискореної сушки кузова;
- система захисту обладнання від замерзання;
- автоматична система оповіщення про збої в роботі та несправності агрегатів і вузлів;
- голосовий супровід роботи безконтактної роботизованої автомийки, що дозволяє виконувати всі необхідні дії, не виходячи з салону;
- якість вузлів та деталей.

Загальний вид LuxWash зображено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Загальний вид LuxWash [3]

Одним із ключових факторів, який свідчить про якість та надійність системи, є використання надійного обладнання відомих брендів:

- потужні, ефективні та надійні електричні двигуни німецького та італійського виробництва;
- електрокомпоненти французького виробництва;
- датчики від провідного виробника електронного обладнання з Німеччини;
- сопла та напірні шланги виробництва відомих американських компаній;
- нержавіючі фітинги та підшипники з Японії;
- контролери виробництва провідних тайванських компаній [3].

Для забезпечення ефективного, максимально якісного, швидкого та економічного миття автомобілів, роботизована безконтактна автомийка «LuxCyber» може автоматично виконувати кілька функцій:

– технологія 3D-руки «LuxCyber» визначає пропорції автомобіля, розраховує необхідну концентрацію автохімії і рівномірно наносить її на поверхню транспортного засобу, що дозволяє якісно та швидко видаляти забруднення з кузова і економити автомобільну хімію;

– «FoamWall» – це стіна, яка подає фірмову автомобільну хімію «LuxWash», що ефективно видаляє всі забруднення без пошкодження лакофарбового покриття кузова;

– подача води під тиском до 110 Бар забезпечує максимально якісне і швидке очищення кузова від забруднень;

– функція безпечного видалення забруднень з коліс і днища автомобіля водою під тиском від 100 Бар;

– нанесення захисного воскового покриття, яке заповнює всі тріщини і відколи на лакофарбовому покритті, забезпечуючи ідеальний стан кузова;

– сушка кузова здійснюється за допомогою чотирьох потужних електродвигунів і випускних отворів для подачі повітря, що забезпечує швидке висушування.

Процес миття авто наведений на рисунку 1.4 та здійснюється за наступним алгоритмом:

Крок 1. Власник в'їжджає на автомобілі у бокс; на початковій стадії під тиском 90-100 Бар подається вода для миття коліс і днища.

Крок 2. Потім спеціальним маніпулятором на поверхню кузова автомобіля наноситься активна піна.

Крок 3. Після цього роботизована мийка автоматично змиває з поверхні автомобіля піну разом із забрудненнями струменем високого тиску.

Крок 4. Для видалення залишків забруднень і захисту лакофарбового покриття наноситься віск.

Крок 5. Потім кузов обполіскується попередньо очищеною і пом'якшеною водою, яка не залишає плям на лакофарбовому покритті.

Крок 6. Завершальний етап — прискорена безконтактна сушка для видалення з поверхні кузова автомобіля зайвої вологи.

Залежно від обраної програми автомийки, час обслуговування одного автомобіля може варіюватися від 3 до 8 хвилин.



Рисунок 1.4 – Процес миття в боксі LuxWash [3]

Прямий контакт з поверхнею кузова виключається, тому немає ризику пошкодження лакофарбового покриття.

Можна виділити наступні переваги LuxWash:

- встановлення такої системи свідчить про високий статус комплексу і турботу про клієнтів, що привертає власників автомобілів бізнес-класу і осіб, які цінують якість і ефективне використання свого часу;
- водій не потребує займатися нічим, він лише керується вказівками звукового супроводу і електронного табло, усі інші операції виконуються роботом;
- роботизована безконтактна автомийка спроектована таким чином, що автоматично вибирає режими роботи, адаптуючись до різних кліматичних умов;

– час надання послуги складає 3-8 хвилин, що підвищує пропускну здатність комплексу і дозволяє обслуговувати більше клієнтів, збільшуючи прибуток у 2-3 рази;

– спеціальні автоматичні програми дозволяють скоротити споживання електроенергії, води та мийного засобу на 50%, що знижує собівартість послуги [3].

CyberWash 360 OverGlow – сучасний стандарт в роботизованих автомийках для безконтактного миття автомобілів [4].

Завдяки технології Смарт 360 від CyberWash, система миття автомобілів може реагувати на динамічні умови в мийці, «мислити самостійно», що збільшує безвідмовний час роботи і оптимізує процес миття. Роботизована система автоматично визначає розміри автомобіля і розраховує необхідну кількість ресурсів для його миття. Маніпулятор з 17 форсунками забезпечує максимальну точність і ефективність процесів, адаптуючись до всіх вигинів і контурів автомобіля [4].

Середній час миття автомобіля становить від 5 до 7 хвилин, що дозволяє збільшити кількість помитих автомобілів у декілька разів.

Система змішування хімії дозволяє економити до 40% матеріалів і електроенергії. Вона може подавати кілька видів хімії одночасно, пристосовуючи кількість кожного під індивідуальні потреби.

Бокс CyberWash 360 OverGlow наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Бокс CyberWash 360 OverGlow

Можна навести наступні ключові особливості роботизованої автомийки CyberWash 360 OverGlow:

- інтелектуальна безконтактна система;
- карткова система самообслуговування;
- технологія Смарт 360;
- інтелектуальна система хімічного змішування;
- інноваційна система підвіски без опору рейок;
- унікальна вбудована система швидкої повітряної сушки;
- звукові повідомлення при парковці автомобіля;
- звукові повідомлення про несправності;
- швидке скидання води.

Функціональні можливості роботизованої автомийки CyberWash 360 OverGlow:

- мийка під високим тиском коліс і днища, що дозволяє ефективно видаляти бруд з днища, бічних сторін кузова і коліс;

- система Смарт 360 з обертовим рукавом-аплікатором для точного дозування і розподілу мийних засобів;
- активна емульсія та піна для повного очищення автомобіля і підвищення ефективності миття;
- нанесення захисного воскового покриття для додаткового захисту від забруднень і UV-ерозії;
- вбудована система швидкої повітряної сушки, що забезпечує швидке висушування кузова;
- цифрова система запобігання зіткнень для забезпечення безпеки під час миття.

Висока якість і надійність завдяки використанню високоякісних комплектуючих та технологічних рішень.

Обладнання для автомийки CyberWash 360 OverGlow має високий рівень якості та надійності, що підтверджується використанням відомих брендів і технологічних розробок[4].

Порівняння автоматизованих робототехнічних систем на автомийках наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння автоматизованих робототехнічних систем на автомийках

Назва	RoboWash	LuxWash	CyberWash 360
1	2	3	4
Тип	Автоматична	Автоматична	Автоматична
Розхід води на один автомобіль, л	200	370	150
Витрата електроенергії на миття одного авто, кВт	2	2,5-3	0,5-1

Продовження табл.1.1

1	2	3	4
Розхід піни на одне авто, грам	20-50	80-93	50-100
Розхід воску, грам	90	86	20-40
Час одного оберту, с	28	32	28
Максимальні габарити автомобіля, мм	5900*2600*2050	5300*2100*1950	5900*2900*2050
Тиск подачі води, бар	85	110	110

Отже проаналізувавши подібності та відмінності робототехнічних систем які використовуються на автомийках були зроблені висновки та обрана найпродуктивніша система для автомийки, нею стала CyberWash 360 бо вона має най економнішу технологію використання води, піни та воску, а також має високу швидкодію та низьку витрати електроенергії.

1.4 Висновки по розділу та постановка завдання

В розділі було розглянуто поняття автомийки та їх класифікація, наведена історія розвитку автомийок, виконано огляд існуючих автоматизованих робототехнічних систем на автомийках в Україні.

На основі порівняння автоматизованих робототехнічних систем на автомийках було вирішено розробити прототип розумної автомийки з використанням сучасних технологій, з низьким використанням води та електроенергії.

Система розумної автоматйки буде призначена для автоматичного та заощадливого миття автомобілів без використання людської праці, що дозволить підвищити якість та швидкість обслуговування клієнтів, а також зменшити витрати водних та енергетичних ресурсів.

Мета даної дипломної кваліфікаційної роботи – розробити прототип розумної автоматйки з використанням сучасних технологій, з низьким використанням води та електроенергії.

Для досягнення поставленої мети в дипломній кваліфікаційній роботі потрібно вирішити наступні задачі:

- дослідити існуючі технології та засоби проектування систем розумних автоматйок;
- дослідити моделі та підходи для прогнозування використання ресурсів на автоматйці;
- виконати вибір та обґрунтування засобів розробки алгоритмів машинного навчання для прогнозування використання ресурсів в сучасних автоматйках;
- розробити схему прототипу розумної автоматйки
- розробити програму для прогнозування використання води та електроенергії на автоматйці;
- виконати експериментальне дослідження розробленої програми.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ РОЗУМНИХ АВТОМІЙОК

2.1 Дослідження існуючих технологій та систем розумних автомійонок

2.1.1 Технології Інтернет речей в автоматиках

Технологія Інтернет речей (IoT) представляє собою технологію, що трансформує наше сприйняття та взаємодію з навколишнім світом. Вона відкриває нескінченні можливості для з'єднання різноманітних пристроїв з Інтернетом та обміну даними між ними. Завдяки цій технології, наші пристрої можуть стати більш розумними, ефективними та сприяти удосконаленню різних галузей.

Застосування технології Інтернету речей охоплює різні сфери життя, включаючи промисловість, енергетику, охорону здоров'я, транспорт, сільське господарство та побутові пристрої. Протягом останнього десятиліття IoT став однією з найбільш обговорюваних інноваційних технологій у світі. Інтернет речей поєднує фізичні пристрої, сенсори та програмне забезпечення, що дозволяє їм обмінюватися даними та взаємодіяти через мережу. Ця технологія вже змінює спосіб, яким працює промисловість, відкриваючи нові можливості для оптимізації виробничих процесів, зниження витрат та підвищення продуктивності. Промисловість завжди була однією з головних сфер, де інновації грають важливу роль у досягненні конкурентних переваг [5].

Завдяки Інтернету речам, промислові підприємства отримують доступ до безпрецедентної кількості даних, які можуть бути використані для аналізу та прийняття стратегічних рішень. Ось деякі основні переваги використання IoT в промисловості:

- завдяки підключенню різних пристроїв та сенсорів до Інтернету речей, підприємства можуть отримувати реальний часовий звіт про стан своїх машин та обладнання, що дозволяє виявляти проблеми та несправності;

– аналітика даних IoT допомагає у зменшенні часу простою та підвищенні ефективності виробництва, та дозволяє здійснити оптимізацію використання енергії та ресурсів, що призводить до зменшення витрат;

– IoT забезпечує постійний моніторинг умов працівників та виробничого середовища; сенсори виявляють небезпечні умови та автоматично сповіщають про них; збирання та аналіз даних дозволяє прогнозувати виникнення проблем та проводити профілактичне обслуговування, що зменшує ризик аварій та нещасних випадків на робочому місці;

– IoT надає детальний огляд над всіма етапами ланцюга постачання, дозволяючи виявляти затримки, втрати або нестачу товарів, що підвищує ефективність та швидкість постачання, а також дозволяє вчасно реагувати на зміни в попиті;

– IoT відкриває можливості для розробки нових продуктів та послуг, надає підтримку клієнтам у режимі реального часу та допомагає в розвитку "розумних" продуктів. Це відкриває нові можливості для інноваційних бізнес-моделей та змінює взаємодію між підприємствами та споживачами [6].

Було виявлено, що існують наступні IoT-рішення для мийки автомобілів, що включають сенсори тиску, датчики вологості та інші пристрої, що допомагають автоматично керувати процесом мийки та ефективно використовувати ресурси. Також є можливість використання штучного інтелекту та машинного навчання для розвитку ефективніших систем управління мийкою автомобілів.

На сучасному етапі розвитку технологій впровадження їх у всі аспекти життя є надзвичайно актуальним. Це особливо стосується промисловості, включаючи індустрію автомийок. Впровадження сучасних технологій у будь-яку галузь промисловості стає все більш критичним для збереження конкурентних позицій.

Підтримка безперебійної роботи автомийки має вирішальне значення, оскільки навіть невеликі відмови можуть призвести до економічних втрат та

вимагати додаткового часу на технічне обслуговування. Технологія IoT може допомогти зменшити відмови та втрати обладнання, сповіщаючи операторів про відхилення температури або інші аномалії та дозволяючи вжити необхідних заходів до появи пошкоджень.

Застосування IoT також дозволяє контролювати всі необхідні параметри обладнання з будь-якого місця земної кулі через мобільні пристрої. Це дозволяє операторам вчасно реагувати на будь-які надзвичайні ситуації та зменшує час і кошти, потрібні на їх вирішення [5].

Впровадження технології IoT допоможе не лише забезпечити безперебійну роботу автомийки, а й захистити бізнес від можливих втрат і спростити ведення операцій.

2.1.2 Автомийки самообслуговування на платформі Arduino

Один з аналогів можна виділити систему автомийки самообслуговування на платформі Arduino. Завдяки цьому проекту власник автомийки може точно відстежувати кількість помитих автомобілів. Також центр мийки буде економити воду відповідно до потреб автомийки, який обрав користувач.

Для користування послугами автомийки, користувачеві потрібно буде оплатити автомийку онлайн, після чого він отримає SMS-повідомлення з підтвердженням оплати та одноразовий пароль, також він отримає унікальний ідентифікатор автомийки разом з місцезнаходженням. Приїхавши на місце користувачу доведеться припаркувати машину на конвеєрі після введення унікального ідентифікатора, який він отримав на телефон, і мийка розпочне миття відповідно до його плану. Після завершення миття він отримає сповіщення[7].

Таким чином, автоматизується вся автомийка, зменшується витрати на оплату праці робітникам та зменшується можливість шахрайських дій з використанням найманих робітників. Також даний проект допомагає

Система дистанційного моніторингу автомийки самообслуговування на основі технології NB-IoT передає дані про робочий стан та інші параметри автомийки на хмарний сервер через модуль NB-IoT. Менеджери можуть переглядати ці дані та видає інструкції через браузер. Така система відповідає вимогам конструкції щодо низького енергоспоживання, широкого покриття та зниження експлуатаційних витрат оператора [8]. Архітектура системи наведена на рисунку 2.2.

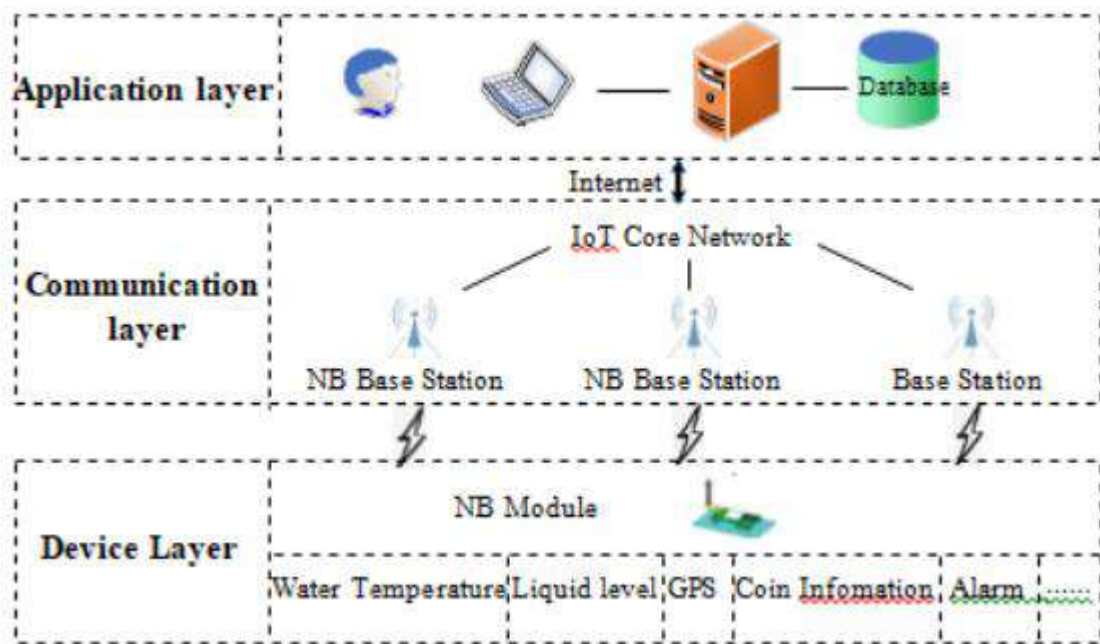


Рисунок 2.2 – Архітектура системи на основі технології NB-IoT [8]

У цій конструкції основна функція терміналу моніторингу полягає в зборі, аналізі, зберіганні та передачі інформації, а також виконанні інструкцій, що надходять з віддаленого центру моніторингу. Мікроконтролер MSP430F5438A використовується як контролер, а модуль NB-IoT служить для зв'язку між автомийкою та сервером. Дані зберігаються та обробляються в базі даних ASP.NET Core, React і SQL Server [8].

Модуль збору даних використовується для збирання різних сигналів, таких як температура води, GPS-позиціонування, рівень рідини та тривоги. Для зберігання цих даних використовуються мікросхеми EEPROM і FLASH. Модуль віддаленого зв'язку складається з модуля NB-IoT серії NB86-G

компанії Lierda, а також антени та роз'єму SIM-карти. Цей модуль споживає дуже мало енергії, має вбудовані стеки мережевих протоколів, таких як UDP, IP і COAP, та забезпечує надійне з'єднання з сервером [9].

У випадку виходу з ладу системи, вона все ще може забезпечувати безпеку даних і захист інтересів операторів та власників. Така система є стабільною, надійною та ефективною, забезпечуючи низькі витрати та оптимальний рівень продуктивності. Програмне забезпечення терміналу моніторингу для цієї системи виконує дві основні функції: збір інформації від датчиків та реалізацію віддаленого зв'язку між модулем NB і сервером. Для цього використовуються три різні функції зв'язку: вхід на термінал, завантаження за часом і пробудження терміналу. Після перезавантаження термінал перевіряє свій стан та надсилає цю інформацію на сервер. Інформація про стан пристрою регулярно завантажується на сервер, щоб уникнути навантаження на сервер у випадку одночасного підключення великої кількості терміналів моніторингу.

Якщо пристрій не підключається до центру моніторингу протягом тривалого часу, центр моніторингу може розбудити його коротким повідомленням і попросити перевірити або завантажити дані про поточний стан [9].

Серверне програмне забезпечення системи моніторингу складається з двох основних аспектів: програмного забезпечення для передачі даних і програмного забезпечення для перегляду даних.

Програмне забезпечення для передачі даних використовує технологію сокетів для отримання даних, переданих терміналом, аналізує та зберігає їх в базі даних SQL Server.

Структурна схема автотийки на основі технології NB-IoT наведена на рисунку 2.3.

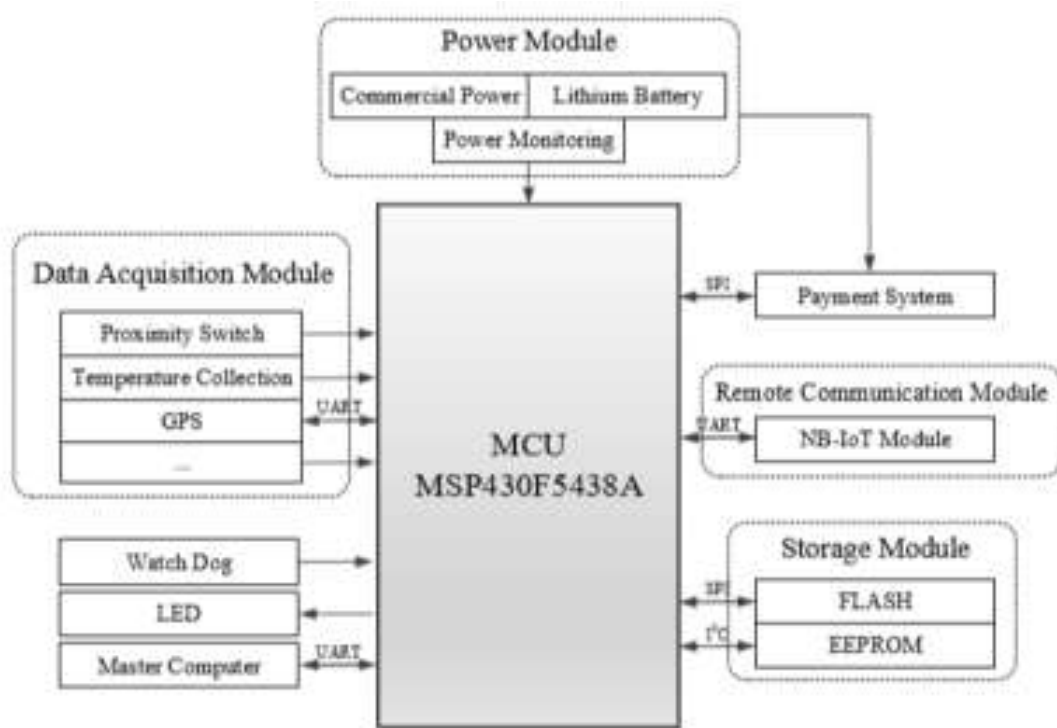


Рисунок 2.3 – Структурна схема авто мийки [9]

Програмне забезпечення для перегляду даних використовує шаблон проектування MVC (Model-View-Controller). Внутрішня частина використовує структуру Microsoft ASP.NET Core для розробки набору інтерфейсів API для викликів зовнішніх сторінок. Дизайн інтерфейсу здійснюється з використанням React framework, а технологія Ajax викликає інтерфейс API, наданий сервером, для отримання даних з бази даних. Отримані дані відображаються через фронтенд сторінку.

Система надсилає такі дані: як робочий стан, дані GPS про автомийку на хмарний сервер через модуль NB-IoT; менеджери можуть переглядати дані та видавати інструкції в браузері. Ця система відповідає вимогам конструкції щодо низького енергоспоживання, широкого покриття та знижує експлуатаційні витрати оператора [9].

2.1.4 Система керування автомийкою самообслуговування з промисловим програмованим логічним контролером

Система керування автомийкою самообслуговування з промисловим програмованим логічним контролером з можливостями IoT є ще одним аналогом автоматизованої системи, яка спрямована на удосконалення моніторингу, контролю та збору даних про роботу автомийки.

Ця система використовує сучасні промислові програмовані логічні контролери, які мають можливості IoT. Вона спрямована на досягнення більш ефективної роботи та оптимізації обслуговування клієнтів [10].

Основні переваги цієї системи включають:

- низькі експлуатаційні витрати;
- використання сучасних технологій дозволяє знизити витрати на обслуговування та підтримку системи;
- тривалий життєвий цикл обладнання.

Промислові програмовані логічні контролери зазвичай мають довгий термін служби, що дозволяє зменшити потребу у частій заміні обладнання.

Завдяки покращеному моніторингу та контролю, система може забезпечити найвищу якість обслуговування для клієнтів.

Алгоритм роботи такої системи включає в себе функції моніторингу, контролю та звітування даних про роботу автомийки, що сприяє її ефективній роботі та оптимізації процесів обслуговування.

Система керування автомийкою самообслуговування, описана, впроваджує різноманітні технології для ефективного контролю та моніторингу, а також для поліпшення обслуговування клієнтів.

Основні компоненти цієї системи включають:

- панель НМІ – інтерфейс користувача, який дозволяє операторам моніторити та керувати основними параметрами системи; панель забезпечує зручний доступ до важливої інформації та можливість швидкого реагування на події;

- WINCC SCADA – програмне забезпечення для надзвичайного контролю та моніторингу системи, що дозволяє відслідковувати основні параметри роботи автомийки та приймати рішення на основі зібраної інформації;

- система використовує можливості IoT для забезпечення підключення до інтернету та обміну даними, що дозволяє отримувати дані в реальному часі та віддалено керувати системою;

- вебсервер – забезпечує віддалений доступ до системи SCADA та збір статистичної інформації про процес автомийки, що надає можливість операторам та власникам моніторити роботу системи з будь-якого місця;

- інтернет-застосунки, які використовуються для покращення спілкування та обслуговування клієнтів; наприклад, можливість безготівкових платежів та проведення рекламних кампаній, що забезпечують індивідуалізовані рекламні повідомлення.

Алгоритм роботи мийки самообслуговування наведено на рисунку 2.4.

Загалом, ця система інтегрує різноманітні технології для підвищення ефективності, зручності та якості обслуговування автомийки самообслуговування [9].

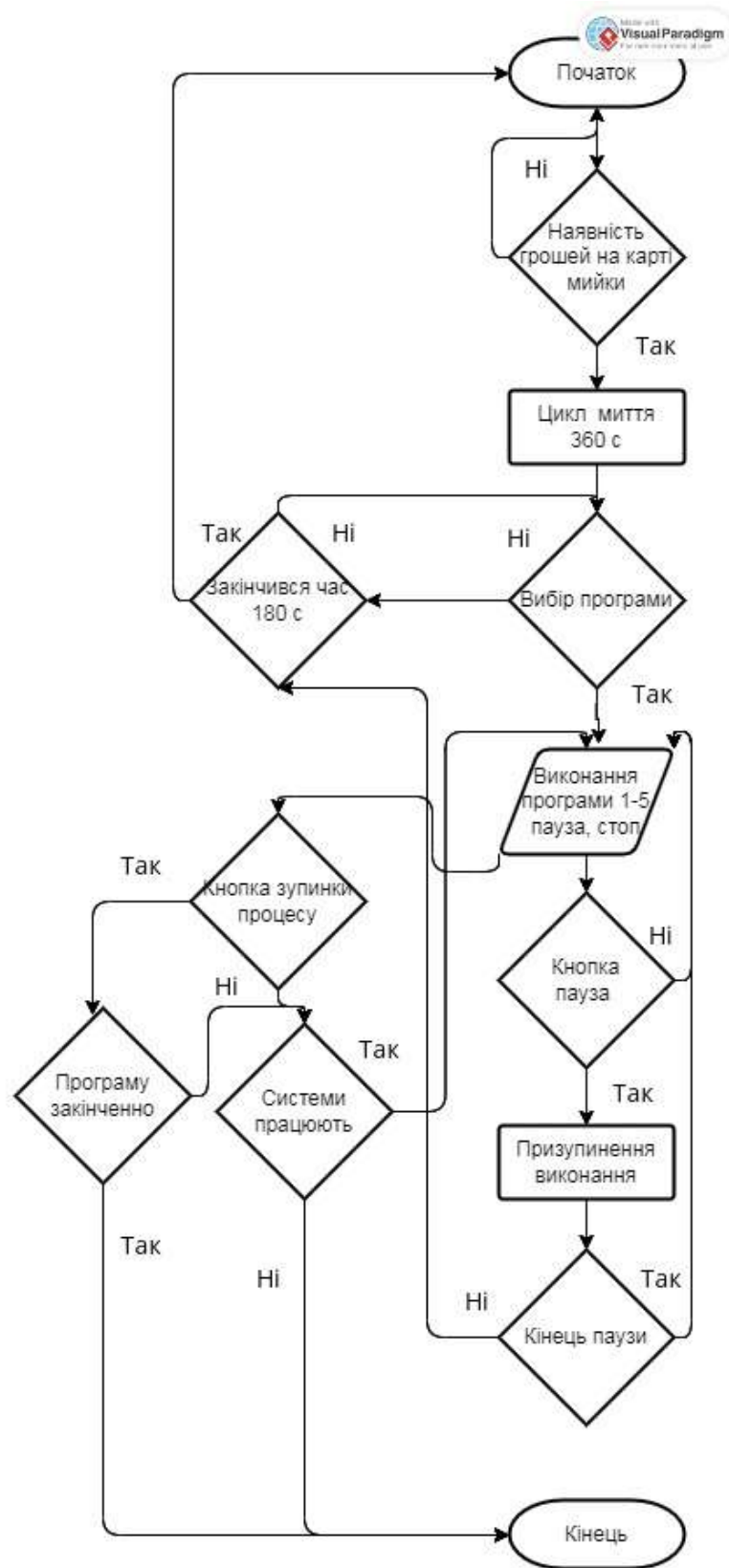


Рисунок 2.4 – Алгоритм роботи мийки самообслуговування

2.1.5 Система гаражної розумної мийки авто на основі технології IoT

Система гаражної смарт мийки авто на основі технології IoT використовується для оптимізації процесу мийки автомобілів та забезпечення високої ефективності обслуговування. Основною метою є інтеграція всіх датчиків на базі IoT для збору та аналізу даних, що дозволяє здійснювати ефективний моніторинг та контроль за процесом мийки автомобілів.

У такій системі датчики збирають дані про процес мийки та передають їх через шлюз LAN до хмарної бази даних для подальшої обробки. Ці дані зберігаються в хмарній базі даних та використовуються для аналізу та створення звітів. Важливою особливістю є використання технології блокчейн, що гарантує надійність та безпеку даних. Блокчейн використовується для створення унікальних хеш-значень для кожного блоку даних, що ускладнює спроби маніпулювання чи зміни даних[12].

Структурна схема електронної системи гаражної смарт мийки авто на основі технології IoT наведена на рисунку 2.5.

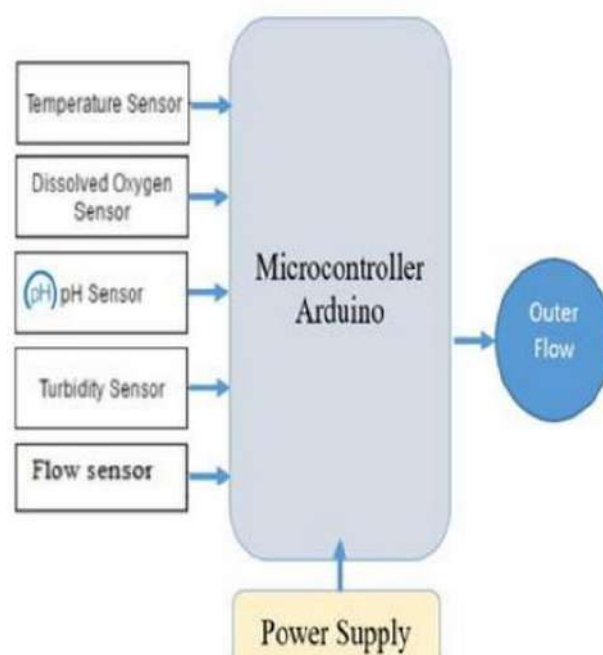


Рисунок 2.5 – Структурна схема електронної системи гаражної смарт мийки авто на основі технології IoT

Основні компоненти системи включають:

- датчики IoT: Збирають дані про різні параметри мийки автомобілів, такі як витрата води, тиск, температура тощо;
- шлюз LAN: Відправляє дані, зібрані датчиками, до хмарної бази даних для подальшої обробки;
- хмарна база даних: Зберігає та обробляє дані, що надходять від датчиків, і генерує звіти про роботу мийки автомобілів;
- блокчейн технологія: Забезпечує безпеку та надійність даних шляхом генерації унікальних хеш-значень для кожного блоку даних.

Система гаражної смарт мийки авто на основі технології IoT дозволяє покращити якість обслуговування автомобілів та забезпечити надійність та безпеку зберігання даних про процес мийки [9].

Запропонована система гаражної смарт мийки авто на основі технології IoT використовується для моніторингу та контролю якості води, що використовується для мийки автомобілів у гаражах. Основними принципами цієї системи є збір даних від датчиків IoT, аналіз цих даних та забезпечення відповідності стандартам державних організацій щодо якості обробки води.

Основні етапи функціонування цієї системи:

- збір даних від датчиків IoT: датчики IoT вимірюють різні параметри якості води, такі як рівень забруднення, pH, концентрація різних речовин тощо;
- передача даних до сервера хмарних обчислень: значення даних, зібрані датчиками, передаються до сервера хмарних обчислень через шлюз LAN;
- аналіз та збереження даних: дані аналізуються на сервері хмарних обчислень, а потім зберігаються у базі даних; згідно з результатами аналізу формується звіт про якість води;
- надсилання звіту в державну організацію: звіт про якість води може бути надісланий відповідним державним організаціям для перевірки відповідності нормативам та стандартам;

– повторна обробка води: Якщо виявлені відхилення від норм, система може включати процеси повторної обробки води, щоб забезпечити відповідність стандартам якості.

Ця система не лише допомагає забезпечити відповідність якості води в гаражних смарт мийках авто, але й надає можливість моніторингу та контролю за цим процесом у реальному часі. Крім того, зібрані дані можуть бути використані для наукових досліджень та аналізу впливу води на навколишнє середовище [12].

Розглянемо мови програмування для реалізації системи.

2.2 Вибір мови програмування

Python є високорівневою мовою програмування загального призначення, розробленою Гвідо ван Россумом і вперше випущеною у 1991 році. Її популярність обумовлена простотою використання та читабельністю коду, що сприяє швидкому освоєнню і ефективній розробці програмних продуктів. Python підтримує кілька парадигм програмування, включаючи об'єктно-орієнтоване, імперативне, функціональне та процедурне програмування, що забезпечує гнучкість та широкий спектр застосувань.

Python відзначається динамічною типізацією та автоматичним управлінням пам'яттю. Це дозволяє розробникам зосередитись на алгоритмах та логіці програм, звільняючи їх від необхідності вручну управляти ресурсами. Стандартна бібліотека Python включає великий набір модулів та пакетів для роботи з різними типами даних, файловими системами, мережами, інтернет-протоколами та іншими аспектами програмування[13].

Синтаксис Python спроектований таким чином, щоб бути інтуїтивно зрозумілим і лаконічним. Це сприяє підвищенню продуктивності розробників та зниженню ймовірності помилок у коді. Принципи, що лежать в основі дизайну Python, відображені у так званому "Zen of Python" – наборі

афоризмів, які підкреслюють важливість простоти, ясності та читабельності коду.

Python став незамінним інструментом у наукових дослідженнях та інженерних розробках завдяки потужним бібліотекам для обробки даних, чисельних обчислень та машинного навчання. Зокрема, бібліотека NumPy забезпечує підтримку багатовимірних масивів і чисельних операцій, а SciPy розширює її можливості для виконання складних математичних розрахунків. Pandas надає інструменти для маніпулювання даними, а Matplotlib та Seaborn використовуються для візуалізації даних. TensorFlow і PyTorch є провідними бібліотеками для розробки та впровадження моделей глибокого навчання[14].

Завдяки бібліотекам, таким як NumPy, SciPy, Pandas, TensorFlow, Keras та PyTorch, Python став однією з провідних мов для наукових обчислень і машинного навчання. Він активно використовується для аналізу даних, статистичного моделювання та розробки алгоритмів штучного інтелекту.

Також мова широко використовується у промисловості, включаючи веб-розробку, автоматизацію процесів, аналіз даних та штучний інтелект. Веб-фреймворки, такі як Django і Flask, дозволяють швидко створювати масштабовані веб-додатки. Інструменти для автоматизації, такі як Selenium та BeautifulSoup, забезпечують можливості для веб-скрапінгу та автоматизації рутинних задач. Великі компанії, включаючи Google, YouTube, Dropbox та Instagram, інтегрували Python у свої інформаційні системи завдяки його продуктивності та надійності.

Python, завдяки своїй універсальності, простоті та потужним інструментам, є однією з найпопулярніших та найбільш використовуваних мов програмування у світі. Її застосування охоплює широкий спектр галузей, від наукових досліджень до промислових розробок, що робить її незамінним інструментом для сучасних програмістів та дослідників. Python продовжує активно розвиватися, зберігаючи свою актуальність і затребуваність у сучасному світі програмування [13].

Python легко інтегрується з іншими мовами програмування та технологіями, такими як C, C++, Java, і .NET. Це дозволяє використовувати його як скриптову мову для автоматизації завдань або як клейову мову для з'єднання різних компонентів.

Можна виділити наступні переваги мови програмування Python:

- читабельність та простота синтаксису;
- велика стандартна бібліотека;
- підтримка різних парадигм програмування;
- широке застосування в наукових дослідженнях та машинному навчанні;
- розширюваність та інтеграція;
- велика спільнота та підтримка.

До недоліків Python можна віднести:

- повільність виконання;
- велике використання пам'яті;
- обмеження багато потоковості;
- слабка підтримка мобільних та вбудованих систем;
- відсутність строгого контролю типів.

В таблиці 2.1 наведено порівняльний аналіз мов програмування.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз мов програмування

Характеристики	C	C++	Java	Python
1	2	3	4	5
Рівень мови	Низький	Низький/ Середній	Середній	Високий
Парадигма	Процедурне програмуван ня	Об'єктно- орієнтоване, процедурне	Об'єктно- орієнтоване, функціональн е	Об'єктно- орієнтоване, процедурне, функціональне

Продовження табл.2.1

1	2	3	4	5
Компільований/ Інтерпретований	Компільований	Компільований	Інтерпретований(JVM) Компільований (JIT)	Інтерпретований
Управління пам'яттю	Ручне	Ручне	Автоматичне (Garbage Collection)	Автоматичне (Garbage Collection)
Швидкість виконання	Дуже висока	Висока	Висока	Середня
Системні ресурси	Ефективне використання	Ефективне використання	Більш вимогливі ніж в C, C++	Більш вимогливі ніж в C, C++
Складність	Висока	Висока	Середня	Середня/Низька
Бібліотеки/Фреймворки	STL (Standard Library)	STL, Boost	Spring, Hibernate, JavaFX	Django, Flask, NumPy, Pandas, TensorFlow, PyTorch
Підтримка ООП	Обмежена	Повна	Повна	Повна
Безпека типів	Слабка	Слабка	Висока	Динамічна
Поширеність	Висока	Висока	Дуже висока	Дуже висока

Отже проаналізувавши найпопулярніші мови програмування були виокремлені їх слабкі та сильні сторони, спираючись на порівняльну таблицю для дослідження програмування розумної автоматизації було обрано мову Python, бо вона є високорівневою, має багато бібліотек які можуть працювати з машиним навчанням.

2.3 Огляд бібліотек Python для машинного навчання

Як відомо мова програмування Python є найпопулярнішим інструментів для розробки алгоритмів машинного навчання завдяки великій кількості потужних бібліотек і фреймворків. До цих бібліотек входять такі як:

TensorFlow – потужна бібліотека з відкритим кодом, розроблена Google, яка широко використовується для розробки та впровадження моделей машинного навчання, включаючи глибоке навчання. Має підтримку як низькорівневих операцій (через TensorFlow Core), так і високорівневих API (наприклад, Keras), має велику гнучкість і масштабованість, а також такф інструменти для візуалізації (TensorBoard).

Keras є відкритою бібліотекою Python, спрямованою на розробку та оцінку нейронних мереж у моделях машинного та глибокого навчання. Вона підтримує роботу на базі фреймворків Theano і TensorFlow, що дозволяє навчати нейронні мережі за допомогою мінімального коду.

Програмісти часто віддають перевагу Keras через його модульність, розширюваність і гнучкість, що робить його зручним вибором для початківців. Бібліотека може інтегруватися з різними типами цілей, шарами, оптимізаторами та функціями активації. Keras працює у різних середовищах і підтримує роботу як на центральних, так і на графічних процесорах. Вона також пропонує один із найширших діапазонів типів даних[15].

Основні функції та переваги Keras:

- об'єднання даних;
- розробка нейронних шарів;
- створення моделей глибокого та машинного навчання;
- спрощений синтаксис;
- модульна структура;
- можливість швидкого прототипування;
- функція активації та втрати.

Ще однією бібліотекою Python для машинного навчання з відкритим вихідним кодом є PyTorch, яка базується на системі мови програмування C, відомій як Torch. PyTorch представляє собою наукову бібліотеку даних, яку можна легко інтегрувати з іншими бібліотеками Python, такими як NumPy. Ця бібліотека здатна створювати обчислювальні графи, які можна змінювати під час виконання програми, що є особливо корисним для розробки програм з машинного та глибокого навчання, таких як обробка природної мови (NLP) і комп'ютерне бачення.

PyTorch має декілька ключових переваг, включаючи високу швидкість виконання, яку він може досягати навіть при роботі з важкими графами обчислень. Бібліотека є дуже гнучкою і підтримує роботу як на спрощених процесорах, так і на центральних і графічних процесорах. PyTorch пропонує потужні API для розширення функціоналу бібліотеки і включає набір інструментів для обробки природної мови[15].

Основні функції бібліотеки PyTorch:

- розподіл статистичних даних і операції;
- управління наборами даних;
- розробка моделей глибокого навчання;
- висока гнучкість.

Scikit-learn бібліотека яка спочатку була стороннім розширенням бібліотеки SciPy, тепер є самостійною бібліотекою Python на GitHub. Відомі компанії, такі як Spotify, широко використовують цей інструмент завдяки його численним перевагам. Scikit-learn особливо корисний для класичних алгоритмів машинного навчання, таких як виявлення спаму, розпізнавання зображень, прогнозування і сегментація клієнтів.

Однією з основних переваг Scikit-learn є простота інтеграції з іншими інструментами зі стеку SciPy. Бібліотека забезпечує зручну і узгоджену взаємодію, що спрощує обмін даними та їх використання. Має простий і зрозумілий API, велику кількість алгоритмів машинного навчання, інструменти для попередньої обробки даних і валідації моделей [16].

Функції Scikit-learn наступні:

- класифікація та моделювання даних;
- машинне навчання з учителем і без нього;
- попередня обробка даних;
- вибір моделі.

XGBoost (Extreme Gradient Boosting) – це оптимізована бібліотека для підвищення продуктивності та точності моделей градієнтного бустингу. Має високу продуктивність і ефективність, підтримує паралельне обчислення, має інструменти для роботи з великими наборами даних.

Pandas – одна з популярних бібліотек Python, що використовується для технології машинного навчання. Принцип дії як бібліотека аналізу даних, що обробляє та аналізує дані та полегшує працю розробників з структурованими багатовимірними даними та концепсіями часових рядів. Дана бібліотека є потужним інструментом для аналізу даних, що дозволяє виконувати такі операції, як зчитування та запис даних з різних джерел, фільтрація, вибірка, агрегування, перетворення, аналіз часових рядів та багато іншого. Його можливості розширюються завдяки інтеграції з іншими бібліотеками Python, такими як NumPy, SciPy, Matplotlib, Seaborn, це робить її улюбленим інструментом серед дослідників даних та аналітиків [15].

Особливості бібліотеки Pandas:

- індексація даних;
- вирівнювання даних;
- об'єднання/об'єднання наборів даних;
- маніпулювання та аналіз даних

NumPy вважається найкращою бібліотекою Python для машинного навчання та наукових обчислень. Ця цифрова бібліотека з відкритим вихідним кодом дозволяє виконувати різноманітні математичні операції над масивами. NumPy є однією з найбільш використовуваних наукових бібліотек, що робить її популярним інструментом для аналізу даних серед науковців.

Масиви NumPy використовують значно менше місця для зберігання, порівняно зі звичайними списками Python, і вони працюють швидше і зручніше. За допомогою NumPy можна маніпулювати даними в масивах, транспонувати їх і змінювати форму. Загалом, NumPy є відмінним вибором для підвищення продуктивності моделей машинного навчання без зайвої складності.

Основні функції NumPy:

- високопродуктивні масиви N-вимірного типу;
- маніпуляції з формою масивів;
- очищення і маніпуляції даними;
- статистичні операції та лінійна алгебра.

Ці функції роблять NumPy потужним інструментом для розв'язання широкого спектру завдань у наукових дослідженнях і машинному навчанні [15].

2.4 Висновки з розділу

В даному розділі було проведено дослідження існуючих технологій та систем розумних автомійок: системи на основі використання мікропроцесорів, плат Arduino та технології IoT.

Дослідивши та порівнявши існуючі системи розумних автомійок було прийнято рішення, що розумна автомійка має бути безконтактною, та по типу розумного боксу.

Отже розумна автомійка використовує наступні підходи для економії води:

- використання систем очищення і переробки води, щоб використовувати її знову; замість того, щоб викидати воду після кожного використання, вона очищується і використовується знову, що зменшує водоспоживання;

- використання систем, які точно дозують воду для кожного автомобіля, уникнувши надмірного використання води;
- використання замість традиційного поливання високотискові системи, які ефективно видаляють бруд і забруднення з поверхні автомобіля, використовуючи менше води;
- автоматичне регулювання кількості використовуваної води в залежності від розміру та ступеня забруднення автомобіля, що також допомагає ефективно використовувати воду.

Вищенаведені підходи сприяють значній економії води, допомагаючи зменшити водоспоживання та заощадити ресурси.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТА ПІДХОДІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ НА АВТОМІЙЦІ

Під прогнозуванням розуміють передбачення майбутнього за допомогою наукових методів. Процесом прогнозування називається спеціальне наукове дослідження конкретних перспектив розвитку будь-якого процесу. Процеси, перспективи яких необхідно передбачати, найчастіше описуються часовими рядами, тобто послідовністю значень деяких величин, отриманих в певні моменти часу. Часовий ряд включає в себе два обов'язкові елементи – позначку часу і значення показника ряду, отримане тим чи іншим способом і відповідне зазначеній позначки часу. Кожен часовий ряд розглядається як вибіркова реалізація з нескінченної популяції, що генерується стохастичним процесом, на який впливає множина факторів [17].

3.1 Лінійна регресійна модель

Існує багато задач, які потребують вивчення відносин між двома і більше змінними. Для вирішення таких завдань використовується регресійний аналіз [17-18]. В даний час регресія отримала широке застосування, включаючи завдання прогнозування та управління. Метою регресійного аналізу є визначення залежності між вихідною змінною і множиною зовнішніх факторів (регресорів). При цьому коефіцієнти регресії можуть визначатися за методом найменших квадратів [18] або методом максимальної правдоподібності [19].

Лінійна регресійна модель. Найпростішим варіантом регресійної моделі є лінійна регресія. В основу моделі покладено припущення, що існує дискретний зовнішній фактор $Z(t)$, який впливає на досліджуваний процес $X(t)$, при цьому зв'язок між процесом і зовнішнім фактором лінійний. Модель прогнозування на підставі лінійної регресії описується рівнянням (3.1)

$$X(t) = b_0 + b_1 Z(t) + \varepsilon, \quad (3.1)$$

де b_0, b_1 – коефіцієнти регресії;

ε – похибка моделі.

Прогнозування витрат води в розумних автомийках можна здійснювати за допомогою багатofакторної регресійної моделі (3.2)

$$F = b_0 + P_1 b_1 + P_2 b_2 + P_3 b_3 + P_4 b_4 + P_5 b_5 + P_6 b_6 + \varepsilon \quad (3.2)$$

де b_0 – константа (вільний член) ;

$b_1, \dots, b_6$ – коефіцієнти регресії;

ε – похибка моделі;

F – витрати води;

P_1 – кількість автомобілів;

P_2 – температура навколишнього середовища, °C ;

P_3 – вологість;

P_4 – рівень забруднення;

P_5 – тиск води;

P_6 – витрати електроенергії, кВт/год.

3.2 Моделі часових рядів

Моделі часових рядів використовуються, коли дані мають часову складову (наприклад, використання води щодня протягом року).

До моделей часових рядів відносяться авто регресійні моделі, моделі експоненціального згладжування, моделі Хольта та інші.

В основу авторегресійних моделей закладено припущення про те, що значення процесу $X(t)$ лінійно залежить від деякої кількості попередніх значень того ж процесу $X(t-1), \dots, X(t-p)$.

Авторегресійна модель змінного середнього. В області аналізу часових рядів модель авторегресії (autoregressive, AR) та модель змінного середнього (moving average, MA) є однією з найбільш використовуваних [17, 20]. Потрібно відзначити, що існують прості, зважені, кумулятивні, експоненціальні моделі змінного середнього [17].

Моделі експоненціального згладжування розроблені в середині XX століття і до сьогоднішнього дня є широко поширеними в силу їх простоти і наочності.

Модель експоненціального згладжування (exponential smoothing, ES) застосовується для моделювання фінансових і економічних процесів [17]. В основу експоненціального згладжування закладена ідея постійного перегляду прогнозних значень в міру надходження фактичних. Модель ES привласнює експоненціально спадні ваги спостереженнями в міру їх старіння. Таким чином, останні доступні спостереження мають більший вплив на прогнозне значення, ніж старші спостереження.

Модель Хольта або подвійне експоненціальне згладжування застосовується для моделювання процесів, що мають тренд. В цьому випадку в моделі необхідно розглядати дві складові: рівень і тренд [17]. Рівень і тренд згладжуються окремо. Моделі експоненціального згладжування найбільш популярні для довгострокового прогнозування.

Для прогнозування витрат води на основі часових рядів використовується модель авторегресійної інтегрованої ковзної середньої (ARIMA), яка враховує автокореляцію та інтеграцію (3.3)

$$F(t) = \alpha + \phi_1 F(t-1) + \phi_2 F(t-2) + \dots + \phi_n F(t-n) + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

де $F(t)$ – витрати води в момент часу t ;

α – константа;

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n$ – коефіцієнти автокореляції;

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$ – коефіцієнти ковзного середнього;

ε_t – випадкова похибка в момент часу t .

3.3 Моделі на основі штучних нейронних мереж

Важливий представник методів, що спираються на машинне навчання, – штучні нейронні мережі (ШНМ). Методологія ШНМ широко відома і добре підходить для вирішення завдань, аналітичне дослідження яких важливе. ШНМ є спрямований зважений граф, вершини якого моделюють функціонування біологічних нейронів. Вершини приймають вхідні сигнали і при досить великому значенні їх зваженої суми перетворюють їх в вихідний сигнал. Навчання ШНМ полягає в обчисленні коефіцієнтів зв'язків між вершинами, що визначають силу вхідних сигналів, і виконується на основі емпіричних даних: статистики захворюваності і, при наявності, значень факторів, що її зумовлюють [21].

Припустимо множину варіантів застосування ШНМ для прогнозування захворюваності: ШНМ можуть відрізнятися архітектурою, кількістю нейронів і видом функції їх активації, способом навчання. Формального підходу до вибору характеристик ШНМ не існує, в переважній більшості випадків використовуються мережі прямого поширення сигналу і алгоритм зворотного поширення помилки [21]. Мета навчання ШНМ – визначення явних і неявних залежностей між вхідними та вихідними даними. Показники захворюваності, як правило, зашумлені, тому для навчання ШНМ потрібна порівняно велика їх кількість. Достатню для довгострокового прогнозування передісторію захворюваності ще тільки належить накопичити, тому поки ШНМ підходять скоріше для прогнозування на малі терміни. В цілому ж ШНМ – вельми перспективний підхід, поширений не тільки в зарубіжних, а й

вітчизняних роботах [21]. Методологія ШНМ реалізована в більшості систем комп'ютерної математики та статистичних пакетів.

Наприклад, можна використати рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Network, RNN) для прогнозування використання води і вони підходять для роботи з послідовними даними, оскільки вони мають петлі, які дозволяють зберігати інформацію про попередні кроки в часовому ряді [22].

Прогнозування витрат води на основі ШНМ дозволяє врахувати нелінійні залежності між змінними. Архітектура нейронної мережі включає 2 приховані шари з нелінійними активаційними функціями. Прогнозування здійснюється шляхом навчання мережі на навчальному наборі даних (3.4)

$$F = f(X, \varepsilon), \quad (3.4)$$

де f – функція, що представляє ШНМ;

θ – параметри ШНМ (ваги та зміщення);

F – витрати води;

$X = (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6)$ – вхідні змінні;

3.4 Гібридні моделі прогнозування

Гібридні моделі прогнозування використовують комбінацію різних методів для покращення точності прогнозування. Вони можуть поєднувати як статистичні методи, так і методи машинного навчання, зокрема штучні нейронні мережі [23].

Найбільші популярні моделі – це гібридна модель на поєднанні авторегресійних моделей та ШНМ та гібридна модель на основі згорткових нейронних мереж та вдосконаленої рекурентної нейронної мережі.

Також можна виділити ансамблеві методи машинного навчання, що використовуються коли потрібно вирішити складну обчислювальну задачу і жоден алгоритм не підходить ідеально, використовують ансамблі. Ансамблі

– поєднання відразу декількох алгоритмів, які навчаються одночасно і виправляють помилки один одного [24].

Для збору ансамблів застосовують наступні підходи: бустінг, стекінг та беггінг.

Стекінг (stacking) підход полягає в тому, що спершу навчають кілька алгоритмів, потім результати їх роботи показують останньому алгоритму. Саме він і приймає остаточне рішення. Стекінг – добрий, але найменш точний ансамбль серед інших методів [24].

Беггінг (bootstrap) підхід – тип навчання означає: багато разів навчати ансамбль на випадкових вибірках даних. І в кінцевому підсумку усереднити відповіді. Це виглядає як голосування за найбільш популярну відповідь, де багато моделей працюють паралельно [24].

Бустінг підхід (boosting) – підхід, що включає послідовне навчання алгоритмів. Тобто спершу навчаємо перший і відзначаємо місця, де він помилився. Потім навчаємо другий, особливу увагу приділяючи місцям на яких помилявся перший. І так далі. До необхідного результату [24].

До переваг гібридних моделей можна віднести:

- дозволяють зменшити похибки і підвищити точність прогнозів;
- можуть враховувати як лінійні, так і нелінійні залежності;
- дозволяють адаптувати моделі під специфічні характеристики даних, використовуючи комбінування різних методів.

3.5 Висновки з розділу

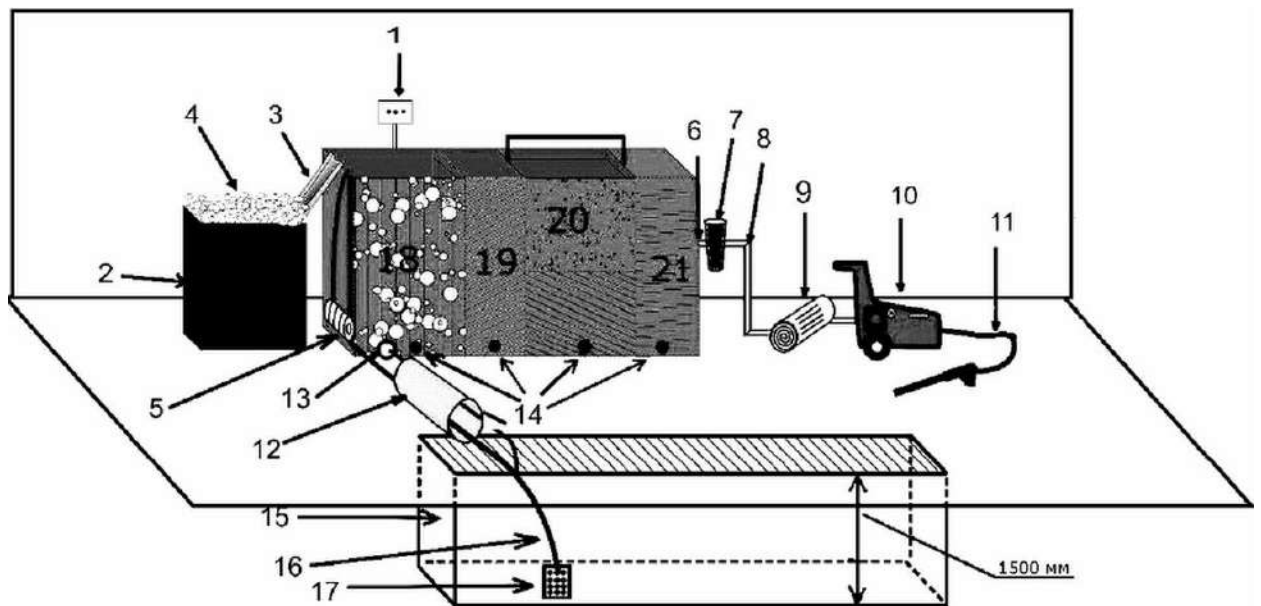
В розділі були розглянуті моделі та підходи для прогнозування використання ресурсів на автомобілі: лінійна регресійна модель, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридні моделі прогнозування.

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗУМНОЇ АВТОМИЙКИ

4.1 Схема прототипу розумної автомийки

Для проектування розумної автомийки потрібно на першому етапі обрати зручне та економічно вигідне місце. Таким місцем є ділянка з підведеними комунікаціями але найголовніше з жвавим трафіком, великою кількістю автомобілів та зручним під'їздом.

Для прикладу наведемо схему звичайної автомийки (рис.4.1).



Основні позначення: 1 – електроживлення, 2 – контейнер для реагентів, 3 – кришка контейнера, 4 – реагенти, 8 – трубопровід, 9 – підігрівач, 10 – апарат високого тиску АВТ, 11 – мийний пістолет, 15 – ємність длябору відпрацьованої води, 16 – шланг водяного насоса, 17 – водяний насос, камера хімічної очистки, 19, 20 – камера механічної очистки, 21 – камера очищеної води.

Рисунок 4.1 – Схема роботи водоочисної системи

По-перше будуються мийні бокси. Кількість боксів визначає кількість машин, які можна обслуговувати одночасно. Зазвичай використовують два або три бокси. Крім цього, важливо мати приміщення для електроустаткування, місце для зберігання мийного обладнання, кімнату для

персоналу з душем і туалетом, а також кімнату для клієнтів з туалетом. Приміщення адміністратора може бути приєднане до кімнати для клієнтів і може містити касу. Необхідно мати кесон для очищення відпрацьованої води та очисну установку, без яких не можна отримати дозвіл на відкриття. Конфігурація кесону залежить від використовуваного обладнання, але зазвичай використовують трикамерні кесони, розташовані нижче рівня підлоги, щоб відпрацьована вода могла вільно стікати в приймальну камеру.

На рисунку 4.2 наведена принципова схема побудови автомийки.

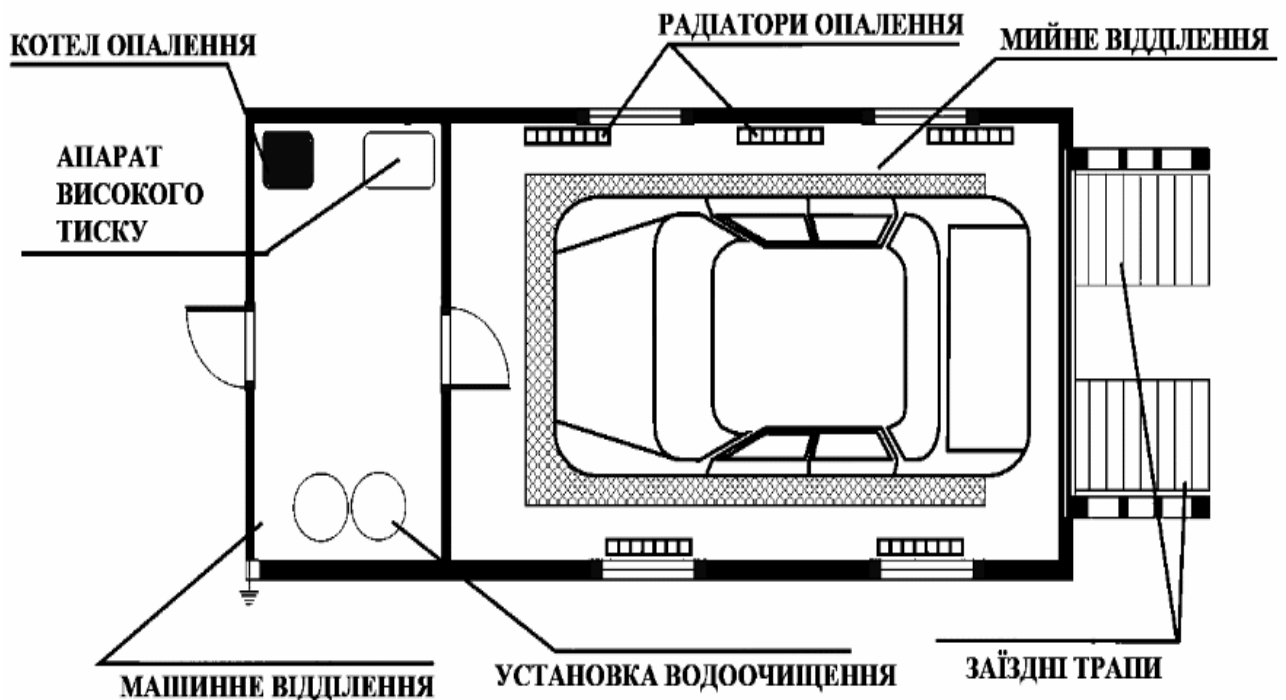


Рисунок 4.2 – Принципова схема побудови автомийки [25]

На рисунку 4.3 наведена схема автоматичної мийки. На рисунку 4.4 наведений звичайний інтер'єр боксу автомийки.

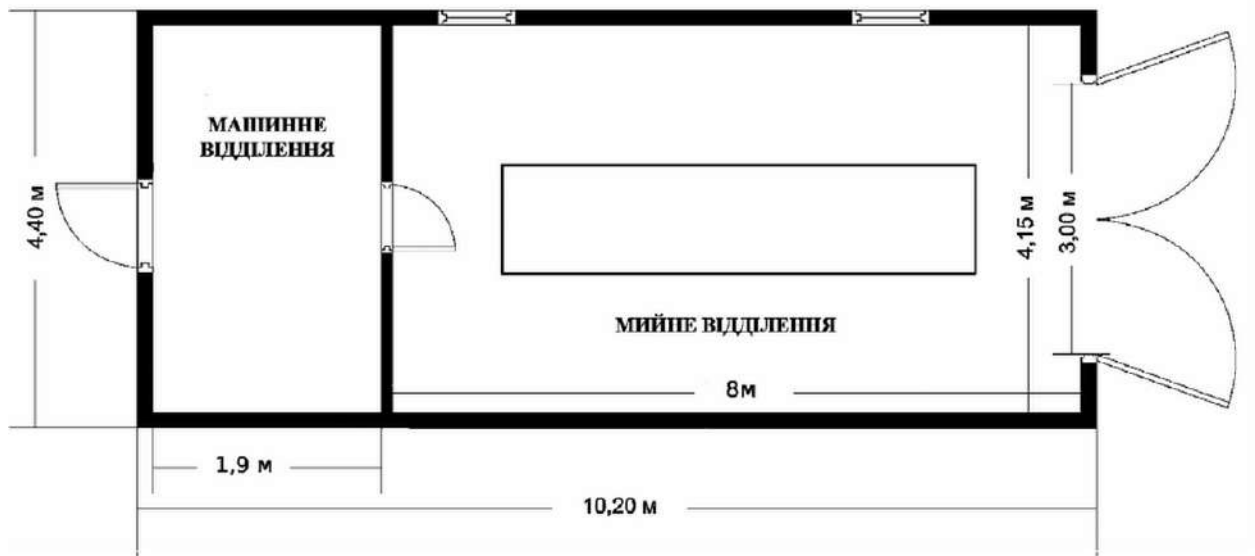


Рисунок 4.3 – Схема автоматичної мийки



Рисунок 4.4 – Звичайний інтер'єр боксу автомийки

Отже беручи в розрахування звичайну мийку та роботизовану приблизно можемо сформувати розумну автомийку. Вона буде складатися з таких компонентів:

- три бокси для миття авто;
- машине відділення;

- роботизованна система миття;
- датчики руху;
- пінні генератори;
- сенсорні екрани;
- септичні бокси для очищення використаної води та її повторного використання;
- датчики світла;
- безконтактні системи оплати;
- повітряні компресори високого тиску;
- системи wi-fi для клієнтів;
- системи відео спостереження.

Схема процесу миття на розумній автомийці наступна:

- при в'їзді автомобіля в бокс відбувається мийка його днища та коліс напором води під високим тиском;
- потім за допомогою спеціального маніпулятора наноситься піна з хімічними засобами на всю поверхню автомобіля;
- після цього автоматично відбувається мийка по контуру автомобіля за допомогою струменів високого тиску, яка змиває піну;
- потім йде ополіскування і покриття рідким воском;
- ополіскування очищеною водою запобігає появі розведень і нальоту, а рідкий віск створює захисну плівку на лакофарбовому покритті, що забезпечує поліпшену сушку завдяки гідрофобним властивостям;
- завершення безконтактна сушка прибирає всю вологу з поверхні автомобіля.

Середній час виконання циклу обслуговування автомобіля становить від 3 до 8 хвилин, в залежності від обраної програми мийки, розміру автомобіля і ступеня забруднення.

4.2 Проектування розумної автоматйки

Були створені діаграми прецедентів за допомогою мови Unified Modelling Language (UML) – графічної мови для побудови діаграм, призначеної для визначення, візуалізації та документування моделей об'єктно-орієнтованих систем програмного забезпечення. UML розроблено для створення структури системи розумної автоматйки [26].

Діаграми прецедентів представляють собою діаграми, що використовуються для візуалізації взаємодії між користувачами (акторами) та системою. Діаграма прецедентів відображає функціональні вимоги до системи та її поведінку з точки зору зовнішніх користувачів [26].

Діаграма прецедентів для користувача розумної автоматйки наведена на рисунку 4.5.

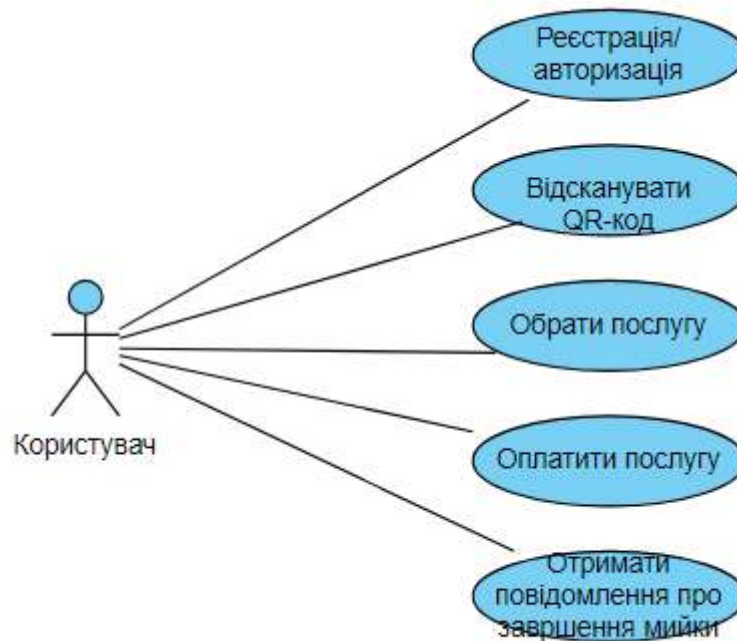


Рисунок 4.5 – Діаграма прецедентів користувача розумної автоматйки

Діаграма прецедентів для підсистеми моніторингу та управління розумної автоматйки наведена на рисунку 4.6.

Підсистема моніторингу та управління розумної автомийки – компонент системи, який здійснює моніторинг та управління ресурсами автомийки (електроенергія, вода, миючі засоби).

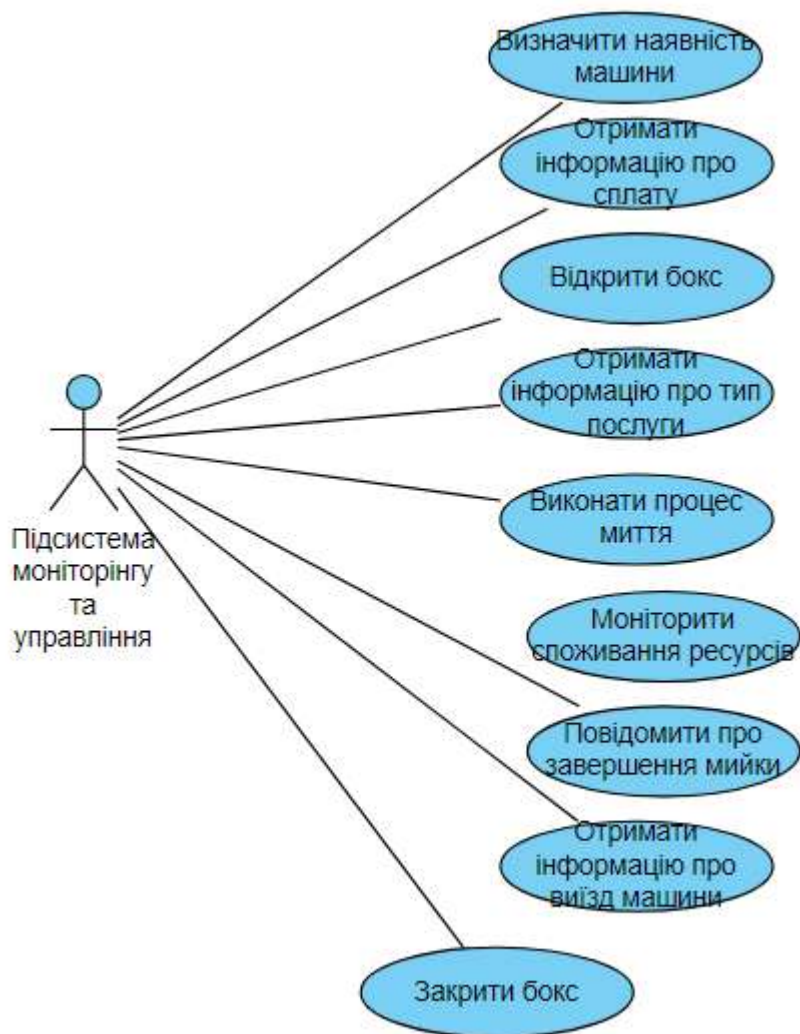


Рисунок 4.6 – Діаграма прецедентів для підсистеми моніторингу та управління розумної автомийки

Діаграма прецедентів для підсистеми процесу миття розумної автомийки наведена на рисунку 4.7.

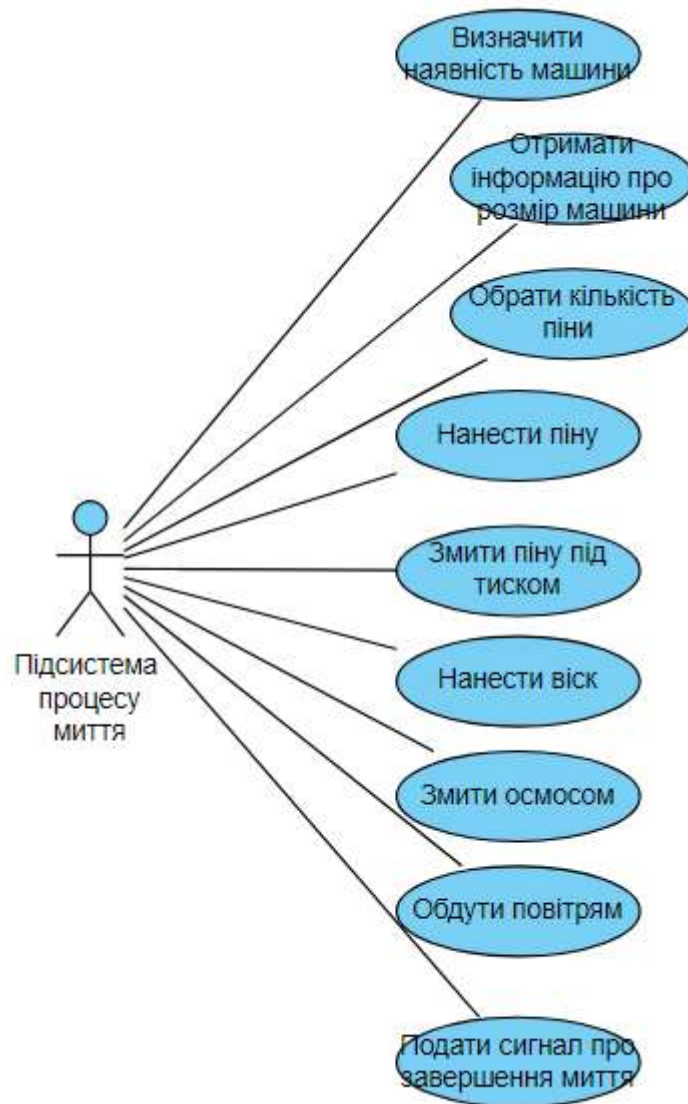


Рисунок 4.7 – Діаграма прецедентів для підсистеми процесу миття розумної автомийки

На рисунку 4.8 наведена архітектура прототипу розумної автомийки, спроектована за використанням діаграми компонент, що складається з наступних компонентів: сенсори та виконавчі пристрої, програмовані логічні контролери, комунікаційної системи (дротові та бездротові мережі, протоколи передачі даних), підсистема збору та аналізу даних, підсистема процесу миття, підсистема моніторингу та управління, модулю моніторингу споживання ресурсів, бази даних, підсистеми безпеки, SCADA системи,

інтерфейсу користувача (dashboard, мобільні та вебзастосунки для користувача).

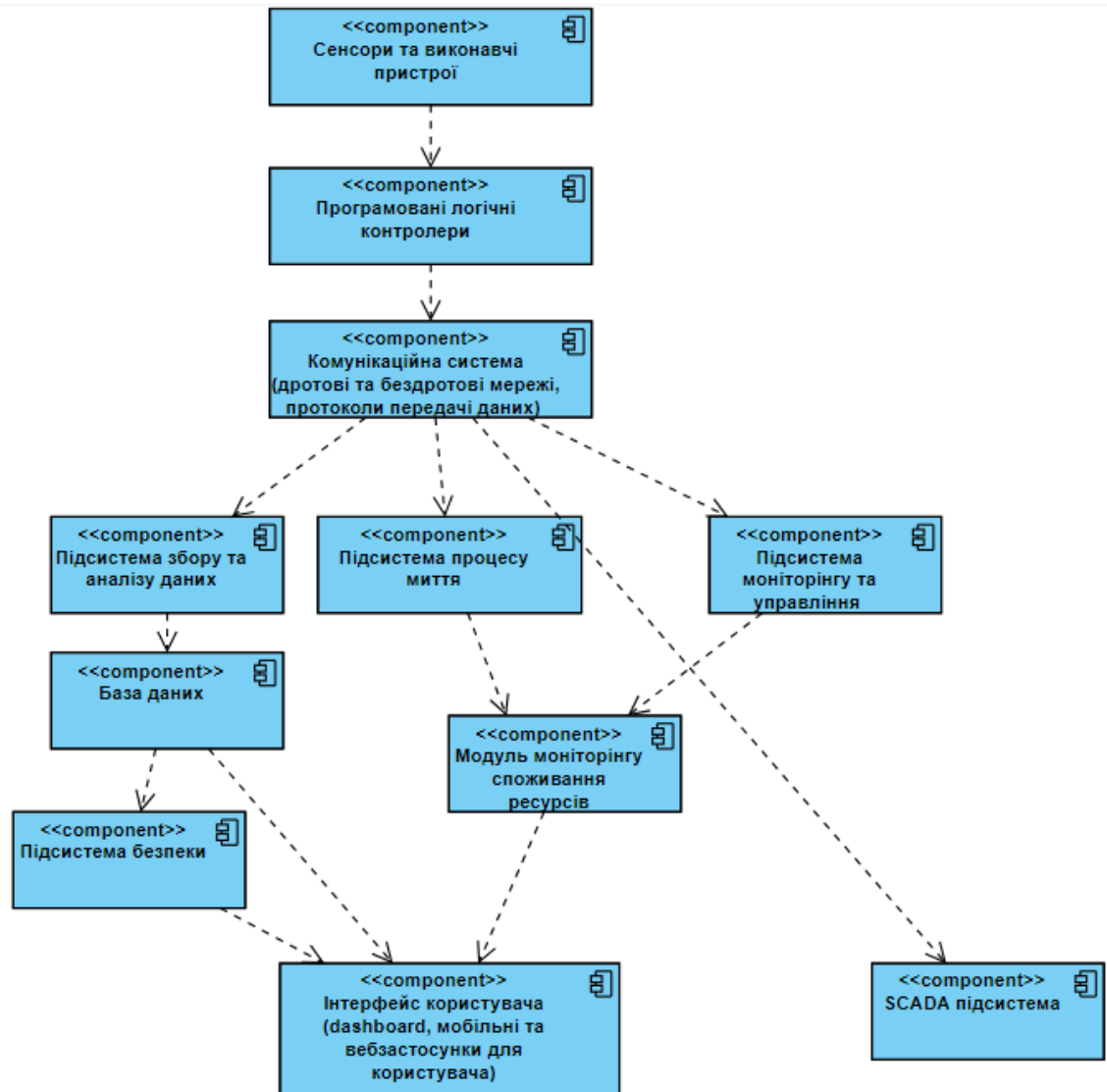


Рисунок 4.8 – Архітектура прототипу розумної автомийки

4.3 Програмна реалізація моделей прогнозування ресурсів на автомийці

Для прогнозування витрат ресурсів на автомийці було вирішено використати регресійну модель, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридної моделі (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках).

В якості даних для прогнозування витрат води були створені штучні дані про параметри мийки, тиск води, кількість мийного розчину, тривалість мийки, кількість автомобілів, температура навколишнього середовища, вологість, рівень забруднення, витрати електроенергії, кВт/год та використання води. Далі було навчання за допомогою відповідних моделей на тренувальних даних і оцінка їх точності за допомогою показників похибок прогнозування.

В якості даних для прогнозування витрат електроенергії були створені штучні дані про параметри мийки: кількість автомобілів, час миття одного автомобіля, середня потужність обладнання, час використання обладнання, енергетична ефективність обладнання.

Далі було навчання за допомогою відповідних моделей на тренувальних даних і оцінка їх точності за допомогою показників похибок прогнозування.

Було здійснено програмну реалізацію регресійної моделі [27], моделі часових рядів [28], моделі на основі штучних нейронних мереж [29], гібридної моделі: поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках, за допомогою бібліотек Python, що дозволить визначити економію води та електроенергії у вигляді модуля моніторингу споживання ресурсів.

Огляд використаних бібліотек Python, а також відповідних використаних класів наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Огляд використаних бібліотек Python

Модель	Бібліотека	Клас	Призначення
регресійна модель	scikit-learn	LinearRegression()	підбирає лінійну модель з відповідними коефіцієнтами для мінімізації залишкової суми квадратів між спостережуваними змінними в наборі даних і змінними, передбаченими лінійною апроксимацією
модель часових рядів	statsmodels.tsa	ARIMA()	авторегресійне інтегроване ковзне середнє
модель на основі штучних нейронних мереж	tensorflow.keras	Sequential() Dense()	штучна нейронна мережа з двома прихованими шарами на 64 нейрони та одним вихідним результатом
гібридна модель	scikit-learn statsmodels.tsa	LinearRegression() ARIMA()	поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках

Модуль моніторингу споживання ресурсів можна інтегрувати в прототип розумної автомийки на основі CyberWash 360 OverGlow.

Модуль моніторингу споживання ресурсів виконується на окремому сервері, а програмований логічний контролер обмінюється даними з цим сервером через мережу, що дозволить використовувати обчислювальні ресурси для розрахунків та уникати обмежень програмованого логічного контролеру.

4.4 Інтеграція модулю моніторингу споживання ресурсів в систему роботизованої автомийки

Модуль моніторингу споживання ресурсів реалізований за допомогою мови програмування Python. Модуль буде розгорнутий на окремому сервері для обміну даними з промисловим логічним контролером. Промисловий логічний контролер буде надсилати дані на сервер, де будуть проводитися необхідні обчислення за допомогою модуля моніторингу споживання ресурсів, і результат буде доступний в інтерфейсі користувача та збережений в базу даних.

Сервер приймає POST-запити з даними параметрів мийки, виконує прогнозування за допомогою реалізованих моделей прогнозування та повертає результат у форматі JSON. Схема взаємодії наведена на рисунку 4.9.

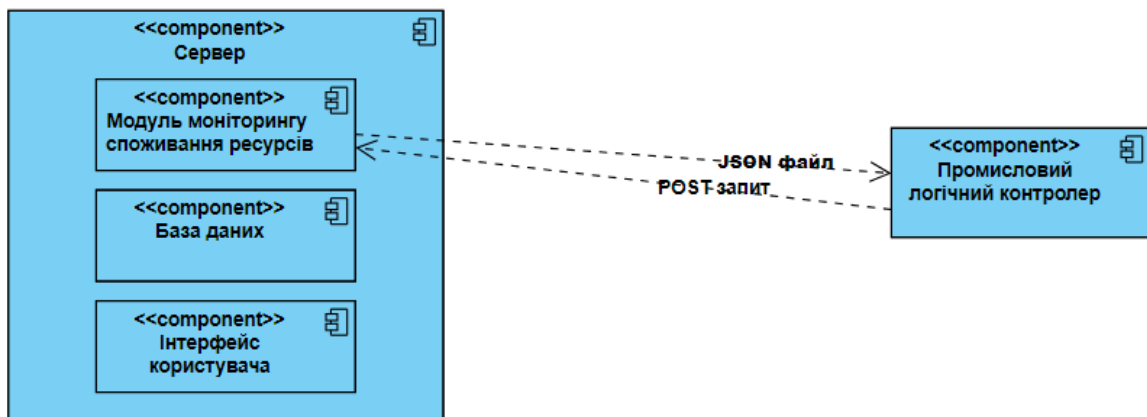


Рисунок 4.9 – Схема взаємодії серверу та промисловго логічного контролеру

4.5 Висновки з розділу

В розділі була розроблена схема прототипу розумної автомийки, виконано проектування діаграм прецедентів та архітектури прототипу розумної автомийки, спроектована за використанням діаграми компонент, здійснено програмну реалізацію моделей прогнозування ресурсів на

автомийці з використанням мови програмування Python: регресійної моделі, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридної моделі (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках), описано підхід інтеграції модулю моніторингу споживання ресурсів в систему роботизованої автомийки.

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ПРОГРАМИ

Для реалізації моделей та підходів прогнозування використання ресурсів на автоматизації було обрано мову програмування Python та бібліотеки `scikit-learn`, `statsmodels.tsa`, `tensorflow.keras` машинного навчання.

5.1 Експериментальне дослідження розробленої програми

Для оцінки точності прогнозування моделей потрібно розрахувати показники похибок прогнозування.

Для порівняння методів прогнозування було розраховані наступні показники:

- *MAPE* – середня абсолютна похибка в процентах ;
- *MAE* – середня абсолютна похибка;
- *MSE* – середня квадратична похибка;
- *RMSE* – квадратний корінь з середньоквадратичної помилки;
- *ME* – середня похибка;
- *SD* – стандартне відхилення.

Середню абсолютну похибку в процентах *MAPE* розраховують за формулою (5.1)

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|X(t) - \hat{X}(t)|}{X(t)} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

де $X(t)$ – фактичне значення показника;

$\hat{X}(t)$ – прогнозне значення показника.

Середню абсолютну похибку *MAE* розраховують за формулою (5.2)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |X(t) - \hat{X}(t)| \quad (5.2)$$

Середню квадратичну похибку MSE розраховують за формулою (5.3)

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X(t) - \hat{X}(t))^2 \quad (5.3)$$

Квадратний корінь з середньоквадратичної помилки $RMSE$ розраховують за формулою (5.4)

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (5.4)$$

Середню похибку ME розраховують за формулою (5.5)

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X(t) - \hat{X}(t)) \quad (5.5)$$

Стандартне відхилення SD розраховують за формулою (5.6)

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\hat{X}(t) - ME)^2}, \quad (5.6)$$

де ME – середня похибка, що визначена за формулою (5.5).

Точність прогнозування є поняттям прямо протилежним до похибки прогнозування. Якщо помилка прогнозування велика, то точність мала і навпаки, якщо помилка прогнозування мала, то точність велика. По суті справи оцінка помилки прогнозу $MAPE$ є зворотна величина для точності прогнозування – залежність тут проста.

$$\text{Точність прогнозу в\%} = 100\% - \text{MAPE}$$

Величину точності оцінювати не прийнято, кажучи про прогнозуванні завжди оцінюють, тобто визначають значення саме помилки прогнозу, тобто величину *MAPE* і / або *MAE*. Однак потрібно розуміти, що якщо *MAPE* = 5%, то точність прогнозування = 95%. Говорячи про високу точність, можна зробити висновок про низьку похибку прогнозу і в цій області непорозуміння бути не повинно.

При цьому величина *MAPE* є кількісною оцінкою саме похибки, що дозволяє визначити точність прогнозування, виходячи з наведеної вище формули. Таким чином, оцінюючи похибку, можна оцінити точність прогнозування.

Для розрахунку похибок використовувалися метрики з бібліотеки *sklearn.metrics*: *mean_absolute_error* та *mean_squared_error* [30].

Отримані значення показників були занесені у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльна характеристика використаних моделей прогнозування

Назва методу	<i>MAPE</i>	<i>MAE</i>	<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>	<i>ME</i>	<i>SD</i>
регресійна модель	7.2	16.0	296	17.2	10.0	5.92
модель часових рядів	6.8	14.0	226	15.0	6.0	4.82
модель на основі штучних нейронних мереж	6.4	13.2	198	14.1	5.2	4.64
гібридна модель (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках)	5.6	10.6	166	12.9	4.4	4.20

5.2 Подальші покращення системи

Подальші напрямки розвитку розробленого прототипу розумної автомийки полягають в розширенні функціональності, а саме:

- подальше проектування та реалізація апаратної частини;
- використання сучасних технологій для зменшення споживання води: системи циркуляції та повторного споживання води;
- використання зелених технологій: встановлення сонячних панелей, та альтернативних джерел;
- встановлення енергозберігаючих систем та обладнання, таких як LED-освітлення, енергоефективних насосів та двигунів;
- впровадження інтелектуальних систем управління: встановлення сенсорів для вимірювання витрат води та електроенергії, а також системи автоматичного регулювання;
- дослідження та реалізація гібридних моделей на основі згорткових нейронних мереж та вдосконаленої рекурентної нейронної мережі для прогнозування витрат ресурсів;
- проведення експериментальних досліджень на реальних даних;
- інтеграція з бортовими системами автомобілів для автоматичного розпізнавання транспортних засобів, налаштування індивідуальних режимів мийки та сповіщень власників про необхідність миття;
- встановлення систем відеоспостереження для моніторингу роботи автомийки та автоматизованих систем захисту від пошкоджень, таких як автоматичні зупинки у разі виявлення несправностей або непередбачених ситуацій.

5.3 Висновки з розділу

Для оцінки точності прогнозування моделей були розраховані показники похибок прогнозування витрат ресурсів на розумній автомийці.

Була виконана порівняльна характеристика використаних моделей прогнозування: регресійну модель, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридної моделі (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках). Було виявлено, що найбільш точною є гібридна модель.

ВИСНОВКИ

В роботі було розглянуто поняття автоматйки та їх класифікація, наведена історія розвитку автоматйок, виконано огляд існуючих автоматизованих робототехнічних систем на автоматйках в Україні.

На основі порівняння автоматизованих робототехнічних систем на автоматйках було вирішено розробити прототип розумної автоматйки з використанням сучасних технологій, з низьким використанням води та електроенергії.

Було проведено дослідження існуючих технологій та систем розумних автоматйок: системи на основі використання мікропроцесорів, плат Arduino та технології IoT.

Дослідивши та порівнявши існуючі системи розумних автоматйок було прийнято рішення, що розумна автоматйка має бути безконтактною, та по типу розумного боксу.

Були розглянуті моделі та підходи для прогнозування використання ресурсів на автоматйці: лінійна регресійна модель, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридні моделі прогнозування.

В роботі були розроблена схема прототипу розумної автоматйки, виконано проектування діаграм прецедентів та архітектури прототипу розумної автоматйки, спроектована за використанням діаграми компонент, здійснено програмну реалізацію моделей прогнозування ресурсів на автоматйці з використанням мови програмування Python: регресійної моделі, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридної моделі (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках), описано підхід інтеграції модулю моніторингу споживання ресурсів в систему роботизованої автоматйки.

Для оцінки точності прогнозування моделей були розраховані показники похибок прогнозування витрат ресурсів на розумній автоматйці.

Були виявлені та описані напрямки розвитку розробленого прототипу розумної автомийки, що щоплягають в подальшому проектуванні та реалізації апаратної частини.

Результати роботи було представлено на щорічній науково-практичній конференції викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів та студентів НУЗП «Тиждень науки-2024»

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Автомийка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Автомийка/>
2. Робот мийка RoboWash [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://robowash.com.ua/>
3. Автоматизована авто мийка LuxWash [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://luxwash.ua/luxcyber-bezkontaktna-robotizovana-avtomiiika>
4. Автоматизована авто мийка CyberWash [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberwash.com.ua/ua/avtomojki/cyberwash-360-overglowe>
5. Internet of Things: плюси і мінуси. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.technocrats.com.ua/internet-things-plyusy-minusy.html>
6. Що таке інтернет речей і чому це важливо? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/iot/79-what-is-theinternet-of-things-and-why-is-it-important>
7. Manjunath Pavan. IoT Based Smart Garage Vehicle Washing Water Nestor/ Pavan Manjunath, Pritam Gajkumar Shah// International Journal of Recent Technology and Engineering. Vol. 8. Is. 5, 2020. PP.3521-3525.
8. Kshirsagar Mayuri. Smart Car Washing Center using IoT Based/ Mayuri Kshirsagar, Karishma Inamdar, Anil Shinde, Prof. M. N. Kadam// International Journal for Scientific Research & Development. Vol. 7, Issue 02, 2019. PP.2060-2064
9. Belev Yordan. Design of a Control System for Self-serve Car Wash with Industrial Programmable Logic Controllers with “Internet of Things” (IoT) Capabilities/ Yordan Belev, Krasimir Krustev// Science, Engineering & Education, 7, (1), 2022,
10. Інтернет Речей. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей

11. Сторчак К.П. Технології Інтернет речей/ Сторчак К.П., Тушич А.М., Срібна І.М., Яковенко Н.Д., Кравець Д.В. // Навч. посібник підготовлено для студентів вищих навчальних закладів – Київ: ДУТ, 2021. – 68 с.
12. Глухов О.В. Вивчення властивостей мікроконтролерів і електронних систем на базі платформи Ардуіно/ Глухов О.В., Кравчук О.О., Левченко Є.В.// навч. посібник для студентів ВНЗ. Харків: ХНУРЕ, 2019. – 192 с
13. VanderPlas, J. (2016). Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data. O'Reilly Media. Ця книга описує використання Python у сфері науки про дані, включаючи бібліотеки NumPy, Pandas, Matplotlib, та Scikit-learn.
14. Глибине навчання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Глибоке_навчання
15. 10 найкращих бібліотек Python для машинного навчання та ШІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.unite.ai/uk/10-best-python-libraries-for-machine-learning-ai/>
16. Scikit-learn [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://scikit-learn.org/stable/>
17. Box G. Time Series Analysis: Forecasting and Control / G. Box, Jenkins G., Reinsel G., Ljung G. – New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2015. – 669 p.
18. Draper N. Applied regression analysis / N. Draper N., H. Smith. – New York: Wiley, In press, 1981. – 693 p.
19. Maximum likelihood [Electronic resource]. – Access mode: http://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_likelihood
20. Mazengia D.H. Forecasting Spot Electricity Market Prices Using Time Series Models: Thesis for the degree of Master of Science in Electric Power Engineering / D.H. Mazengia. – Gothenburg, Chalmers University of Technology, 2008. – 89 p.

21. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: навч. посібник / С.О. Субботін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.

22. What are recurrent neural networks? [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ibm.com/topics/recurrent-neural-networks>

23. Іващенко Г. С. Гібридні моделі короткострокового прогнозування часових рядів на основі штучних імунних систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.23 "Системи та засоби штучного інтелекту" / Г. С. Іващенко ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків, 2016. – 20 с.

24. Ансамблі моделей машинного навчання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/ensembles.html>

25. Афанасьєв Л.Л. Гаражі та станції технічного обслуговування автомобілів: альбом креслень/ Л.Л. Афанасьєв. – М.: Транспорт, 1980. – 192 с.

26. Розділ 2. Основи UML [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.kde.org/trunk5/uk/umbrello/umbrello/uml-basics.html>.

27. LinearRegression [Electronic resource]. – Access mode: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LinearRegression.html

28. Statsmodels.tsa.arima.model.ARIMA [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.statsmodels.org/stable/generated/statsmodels.tsa.arima.model.ARIMA.html>

29. The Sequential model [Electronic resource]. – Access mode: https://keras.io/guides/sequential_model/

30. Metrics and scoring: quantifying the quality of predictions [Electronic resource]. – Access mode: https://scikit-learn.org/stable/modules/model_evaluation.html

ДОДАТОК А

Текст програми

```
# Прогнозування витрат води з використанням різних методів
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error,
r2_score

from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense

# Завантаження даних
data = pd.read_csv('water_consumption.csv')
X = data[['P1', 'P2', 'P3', 'P4', 'P5', 'P6']]
y = data['F']

# Поділ на навчальну та тестову вибірки
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=42)

# Лінійна регресія
linear_model = LinearRegression()
linear_model.fit(X_train, y_train)
y_pred_lr = linear_model.predict(X_test)

# ARIMA
```

```

data['date'] = pd.to_datetime(data['date'])
data.set_index('date', inplace=True)
data = data.resample('D').mean().dropna()
train_data = data[:'2022-12-31']
test_data = data['2023-01-01':]
arima_model = ARIMA(train_data['W'], order=(5, 1, 0))
arima_model_fit = arima_model.fit()
forecast_arima = arima_model_fit.forecast(steps=len(test_data))

# Нейронна мережа
scaler = StandardScaler()
X_scaled = scaler.fit_transform(X)
X_train_nn, X_test_nn, y_train_nn, y_test_nn = train_test_split(X_scaled,
y, test_size=0.2, random_state=42)
nn_model = Sequential()
nn_model.add(Dense(64, input_dim=X_train_nn.shape[1],
activation='relu'))
nn_model.add(Dense(64, activation='relu'))
nn_model.add(Dense(1))
nn_model.compile(loss='mean_squared_error', optimizer='adam')
nn_model.fit(X_train_nn, y_train_nn, epochs=50, batch_size=10,
verbose=1)
y_pred_nn = nn_model.predict(X_test_nn)

# Оцінка моделей
mae_lr = mean_absolute_error(y_test, y_pred_lr)
mse_lr = mean_squared_error(y_test, y_pred_lr)

mae_arima = mean_absolute_error(test_data['W'], forecast_arima)
mse_arima = mean_squared_error(test_data['W'], forecast_arima)

```

```
mae_nn = mean_absolute_error(y_test_nn, y_pred_nn)
mse_nn = mean_squared_error(y_test_nn, y_pred_nn)

print(f'Лінійна регресія: MAE = {mae_lr}, MSE = {mse_lr}')
print(f'ARIMA: MAE = {mae_arima}, MSE = {mse_arima}')
print(f'Нейронна мережа: MAE = {mae_nn}, MSE = {mse_nn}')
```

ДОДАТОК Б

Слайди презентації

**Національний Університет
«Запорізька Політехніка»
Кафедра інформаційних технологій електронних засобів**

**Магістерська дипломна робота
на тему:
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДХОДІВ ЩОДО
ПРОЕКТУВАННЯ РОЗУМНОЇ АВТОМИЙКИ**

Виконав
Студент групи БК 612м

Володимир ДОВЖЕНКО

Керівник
к.т.н., доцент

Наталя МИРОНОВА

Рисунок Б.1 – Слайд 1

МЕТА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

- **Мета роботи** – розробити модуль моніторингу споживання ресурсів для прототипу розумної автомийки з використанням алгоритмів машинного навчання, що дозволяють прогнозувати рівень використання ресурсів на автомийці з високою точністю.
- **Об’єкт дослідження** – програмна та апаратна частини систем розумних автомийок.
- **Предмет дослідження** – програмне забезпечення для моніторингу та управління споживання ресурсами розумних автомийок.

2

Рисунок Б.2 – Слайд 2

ЗАВДАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

- дослідити існуючі технології та засоби проектування систем розумних автомобілів;
- дослідити моделі та підходи для прогнозування використання ресурсів на автомобілі;
- виконати вибір та обґрунтування засобів розробки алгоритмів машинного навчання для прогнозування використання ресурсів в сучасних автомобілях;
- розробити схему прототипу розумної автомобіля;
- розробити програму для прогнозування використання води та електроенергії на автомобілі;
- виконати експериментальне дослідження розробленої програми.

3

Рисунок Б.3 – Слайд 3

НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ

Наукова новизна роботи полягає у тому, що виконано дослідження підходів та технологій проектування систем розумних автомобілів з використанням алгоритмів машинного навчання, що дозволяють прогнозувати рівень використання ресурсів на автомобілі з високою точністю.

Практична цінність результатів роботи полягає у тому, що розроблено програму, що дозволяє надати попередній прогноз використання ресурсів на автомобілі з високою точністю.

4

Рисунок Б.4 – Слайд 4

КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМІЙОК

- ручні, безконтактні;
- порталні;
- тунельні;
- роботизовані;
- самообслуговування.

5

Рисунок Б.5 – Слайд 5

ПОРІВНЯННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА АВТОМІЙКАХ

Назва	RoboWash	LuxWash	CyberWash 360
1	2	3	4
Тип	Автоматична	Автоматична	Автоматична
Розхід води на один автомобіль, л	200	370	150
Витрата електроенергії на миття одного авто, кВт	2	2,5-3	0,5-1
Розхід пін на одне авто, грам	20-30	80-93	50-100
Розхід воску, грам	90	86	20-40
Час одного оберту, с	28	32	28
Максимальні габарити автомобіля, мм	5900*2600*2050	5300*2100*1950	5900*2900*2050
Тиск подачі води, бар	85	110	110

6

Рисунок Б.6 – Слайд 6

ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ РОЗУМНИХ АВТОМИЙОК

- технології Інтернет речей в автоматиках;
- автоматика самообслуговування на платформі Arduino;
- система дистанційного моніторингу автоматика на основі технології NB-IoT;
- система керування автоматикою самообслуговування з промисловим програмованим логічним контролером;
- система гаражної розумної автоматика на основі технології IoT.

7

Рисунок Б.7 – Слайд 7

ВИБІР МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ

Характеристика	C	C++	Java	Python
1	2	3	4	5
Рівень мови	Низький	Низький/Середній	Середній	Високий
Парадигма	Процедурне програмування	ООП, функціональне, процедурне	ООП, функціональне, функціональне	ООП, функціональне, процедурне, функціональне
Компіляційний/Інтерпретаційний	Компіляційний	Компіляційний	Інтерпретаційний (JVM) Компіляційний (JIT)	Інтерпретаційний
Управління пам'яттю	Ручне	Ручне	Автоматичне (Garbage Collection)	Автоматичне (Garbage Collection)
Швидкість виконання	Дуже висока	Висока	Висока	Середня
Системні ресурси	Ефективне використання	Ефективне використання	Високе використання, в C, C++	Високе використання, в C, C++
Складність	Висока	Висока	Середня	Середня/Низька
Бібліотеки/Фреймворки	STL (Standard Library)	STL, Boost	Spring, Hibernate, JSP, JPA	Django, Flask, NumPy, Pandas, TensorFlow, PyTorch
Підтримка ООП	Обмежена	Повна	Повна	Повна
Безпечність	Слабка	Слабка	Висока	Допоміжна
Портативність	Висока	Висока	Дуже висока	Дуже висока

8

Рисунок Б.8 – Слайд 8

ОГЛЯД БІБЛІОТЕК PYTHON ДЛЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

- TensorFlow
- Keras
- Scikit-learn
- XGBoost (Extreme Gradient Boosting)
- Pandas
- NumPy

9

Рисунок Б.9 – Слайд 9

МОДЕЛЬ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ

Прогнозування витрат води в розумних автомийках можна здійснювати за допомогою багатофакторної регресійної моделі

$$F = b_0 + P_1 b_1 + P_2 b_2 + P_3 b_3 + P_4 b_4 + P_5 b_5 + P_6 b_6 + \varepsilon$$

де b_0 – константа (вільний член) ;

$b_1, \dots, b_6$ – коефіцієнти регресії;

ε – похибка моделі;

F – витрати води;

P_1 – кількість автомобілів;

P_2 – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

P_3 – вологість;

P_4 – рівень забруднення;

P_5 – тиск води;

P_6 – витрати електроенергії (кВт/год).

10

Рисунок Б.10 – Слайд 10

МОДЕЛЬ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Для прогнозування витрат води на основі часових рядів використовується модель авторегресійної інтегрованої ковзної середньої (ARIMA), яка враховує автокореляцію та інтеграцію

$$F(t) = \alpha + \phi_1 F(t-1) + \phi_2 F(t-2) + \dots + \phi_n F(t-n) + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \varepsilon_t$$

де $F(t)$ – витрати води в момент часу t ;

α – константа;

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n$ – коефіцієнти автокореляції;

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$ – коефіцієнти ковзного середнього;

ε_t – випадкова похибка в момент часу t .

11

Рисунок Б.11 – Слайд 11

ШТУЧНІ НЕЙРОНІ МЕРЕЖІ

Прогнозування витрат води на основі ШНМ дозволяє врахувати нелінійні залежності між змінними.

$$F = f(X, \theta),$$

де f – функція, що представляє ШНМ;

θ – параметри ШНМ (ваги та зміщення);

F – витрати води;

$X = (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6)$ – вхідні змінні;

12

Рисунок Б.12 – Слайд 12

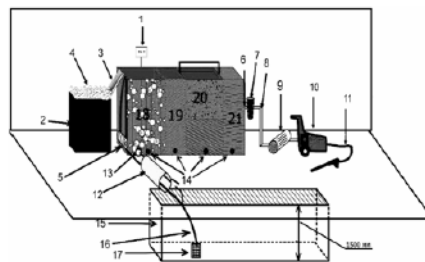
ГІБРИДНІ МОДЕЛІ

- гібридна модель на поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках
- гібридна модель на поєднанні авторегресійних моделей та ШНМ
- гібридна модель на основі згорткових нейронних мереж та вдосконаленої рекурентної нейронної мережі.

13

Рисунок Б.13 – Слайд 13

СХЕМА АВТОМІЙКИ

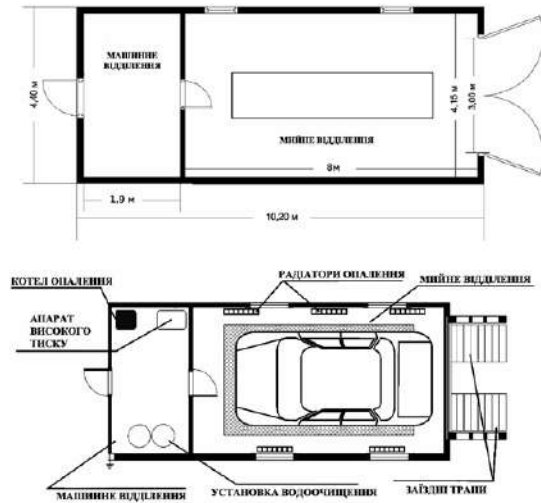


1 – електроживлення, 2 – контейнер для реагентів, 3 – кришка контейнера, 4 – реагенти, 8 – трубопровід, 9 – підігрівач, 10 – апарат високого тиску АВТ, 11 – мийний пістолет, 15 – ємність для збору відпрацьованої води, 16 – шланг водяного насоса, 17 – водяний насос, камера хімічної очистки, 19, 20 – камера механічної очистки, 21 – камера очищеної води.

14

Рисунок Б.14 – Слайд 14

СТРУКТУРНА СХЕМА БОКСІВ АВТОМІЙКИ

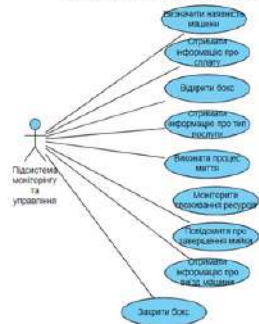


15

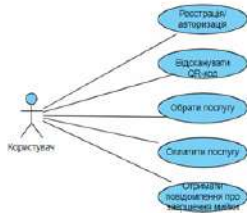
Рисунок Б.15 – Слайд 15

ПРОЕКТУВАННЯ РОЗУМНОЇ АВТОМІЙКИ

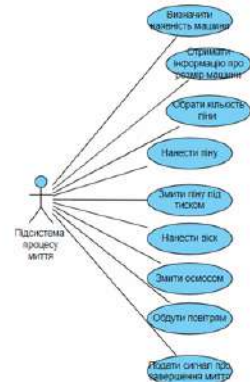
Діаграма прецедентів для підсистеми моніторингу та управління



Діаграма прецедентів користувача



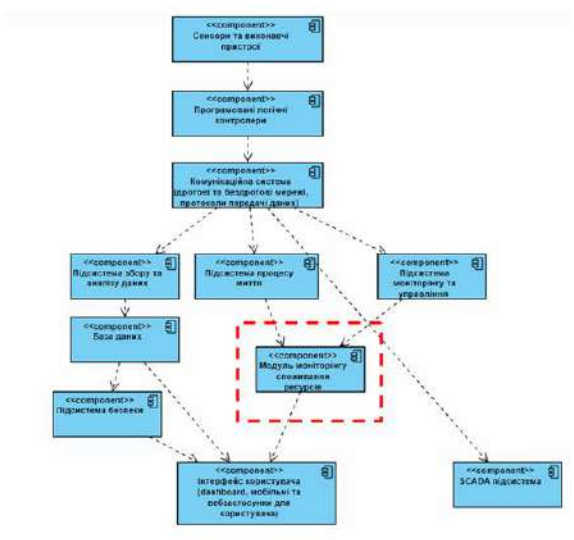
Діаграма прецедентів для підсистеми процесу миття



16

Рисунок Б.16 – Слайд 16

АРХІТЕКТУРА РОЗУМНОЇ АВТОМІЙКИ



17

Рисунок Б.17 – Слайд 17

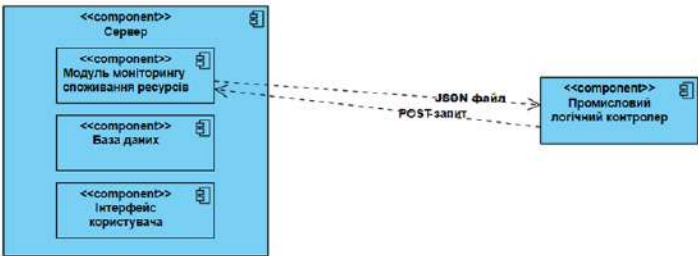
ОГЛЯД ВИКОРИСТАНИХ БІБЛІОТЕК РУТНОН

Модель	Бібліотека	Клас	Призначення
регресійна модель	scikit-learn	LinearRegression()	підбирає лінійну модель з відповідними коефіцієнтами для мінімізації залишкової суми квадратів між спостережуваними змінними в наборі даних і змінними, передбаченими лінійною апроксимацією
модель часових рядів	statsmodels.tsa	ARIMA()	авторегресійне інтегроване ковзне середнє
модель на основі штучних нейронних мереж	tensorflow.keras	Sequential() Dense()	штучна нейронна мережа з двома прихованими шарами по 64 нейрони та одним вихідним результатом
гібридна модель	scikit-learn statsmodels.tsa	LinearRegression() ARIMA()	поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках

18

Рисунок Б.18 – Слайд 18

ІНТЕГРАЦІЯ МОДУЛЮ МОНІТОРИНГУ
СПОЖИВАННЯ РЕСУРСІВ В СИСТЕМУ
РОБОТИЗОВАНОЇ АВТОМІЙКИ



19

Рисунок Б.19 – Слайд 19

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИКОРИСТАНИХ
МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ

Назва методу	<i>MAPE</i>	<i>MAE</i>	<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>	<i>ME</i>	<i>SD</i>
регресійна модель	7.2	16.0	296	17.2	10.0	5.92
модель часових рядів	6.8	14.0	226	15.0	6.0	4.82
модель на основі штучних нейронних мереж	6.4	13.2	198	14.1	5.2	4.64
гібридна модель (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках)	5.6	10.6	166	12.9	4.4	4.20

20

Рисунок Б.20 – Слайд 20

ВИСНОВКИ

На основі порівняння автоматизованих робототехнічних систем на автомобілях було вирішено розробити прототип розумної автомобіля з використанням сучасних технологій, з низьким використанням води та електроенергії.

Було проведено дослідження існуючих технологій та систем розумних автомобілів: системи на основі використання мікропроцесорів, плат Arduino та технології IoT.

Дослідивши та порівнявши існуючі системи розумних автомобілів було прийнято рішення, що розумна автомобіль має бути безконтактною, та по типу розумного боксу.

Були розглянуті моделі та підходи для прогнозування використання ресурсів на автомобілі: лінійна регресійна модель, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридні моделі прогнозування.

В роботі були розроблена схема прототипу розумної автомобіля, виконано проектування діаграм прецедентів та архітектури прототипу розумної автомобіля, спроектована за використанням діаграми компонент, здійснено програмну реалізацію моделей прогнозування ресурсів на автомобілі з використанням мови програмування Python: регресійної моделі, моделі часових рядів, моделі на основі штучних нейронних мереж та гібридної моделі (поєднання лінійної регресії та авторегресійної інтегрованої ковзної середньої на залишках), описано підхід інтеграції модулю моніторингу споживання ресурсів в систему роботизованої автомобіля.

Для оцінки точності прогнозування моделей були розраховані показники похибок прогнозування витрат ресурсів на розумній автомобілі.

За результатами роботи було опубліковано тези в науково-практичній конференції викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів та студентів «Тиждень науки-2024».

21

Рисунок Б.21 – Слайд 21

Дякую за увагу !

22

Рисунок Б.22 – Слайд 22