

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та засоби проведення інвентаризації товарів дронами
на основі автоматизованого розпізнавання їх кодів

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи СІм-62
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Щур Т.М.</u> (підпис)	<u>Щур Т.М.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Осухівська Г.М.</u> (підпис)	<u>Осухівська Г.М.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Луцик Н.С.</u> (підпис)	<u>Луцик Н.С.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Осухівська Г.М.</u> (підпис)	<u>Осухівська Г.М.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Сверстюк А.С.</u> (підпис)	<u>Сверстюк А.С.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

АНОТАЦІЯ

Щур Т. М. Методи та засоби проведення інвентаризації товарів дронами на основі автоматизованого розпізнавання їх кодів: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія / наук.кер. Г. М. Осухівська. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. — 74 с.

Ключові слова: автоматизування, машинне навчання, розпізнавання об'єктів, сервер, комп'ютерне бачення, дрони, інвентаризація.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню методів і засобів управління інвентаризацією із застосуванням дронів і технологій автоматизованого розпізнавання кодів. Робота включає в себе аналіз існуючих досліджень у сфері автоматизації обробки візуальних даних, а також акцентує увагу на можливостях інтеграції дронів для підвищення ефективності інвентаризації. Для створення системи використано моделі комп'ютерного бачення, такі як YOLOv8, що дозволяють виявляти об'єкти в реальному часі та виконувати декодування кодів товарів.

Отримані дані про інвентаризацію передаються на сервер для подальшого аналізу та управління. Результати цього дослідження можуть мати практичне значення для вдосконалення автоматизації обліку товарів і зменшення помилок в управлінні запасами в промислових та комерційних структурах.

ANNOTATION

Shchur T.M. Methods and tools for inventorying goods with drones based on automated recognition of their codes. Master's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering / supervisor H.M. Osukhivska. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2024. — 74 p.

Keywords: automation, machine learning, object recognition, server, computer vision, drones, inventory management.

The Master's graduation thesis is dedicated to the exploration of methods and tools for inventory management using drones and automated code recognition technologies. The work includes an analysis of existing research in the field of automated visual data processing and emphasizes the potential of drone integration to enhance inventory efficiency. The system development utilizes computer vision models such as YOLOv8, which enable real-time object detection and product code decoding.

The inventory data obtained is transmitted to a server for further analysis and management. The results of this study have practical significance for improving the automation of inventory tracking and reducing errors in stock management in industrial and commercial sectors.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ASRS (англ. Automated Storage and Retrieval Systems) - системи автоматизованого зберігання та пошуку.

CNN (англ. Convolutional Neural Network) - це клас глибоких штучних нейронних мереж прямого поширення, який успішно застосовувався до аналізу візуальних зображень.

ERP (англ. enterprise resource planning) - система планування ресурсів підприємства.

IoT (англ. Internet of Things) - концепція мережі, що складається із взаємозв'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані давачі, а також програмне забезпечення.

NN (англ. Neural Network) - штучні нейронні мережі.

QR-код (англ. Quick Response code) - матричний, двовимірний штрих-код.

ReLU (англ. Rectified Linear Unit) - функції активації відіграють вирішальну роль у нейронних мережах, вводячи нелінійність, яка дозволяє мережі вивчати складні шаблони в даних.

RFID (англ. Radio frequency identification) - радіочастотна ідентифікація.

SLAM (англ. simultaneous localization and mapping) - одночасна локалізація та побудова карти.

YOLO (You Only Look Once) - модель виявлення об'єктів та сегментації зображень у режимі реального часу.

ІТЗ Інженерно-технічні заходи.

НС надзвичайні ситуації.

ЦЗ цивільного захисту.

ШІ штучний інтелект.

Штрихкод - спосіб запису даних, зручний для зчитування машиною.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ, ЗАСТОСУВАННЯ ДРОНІВ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО БАЧЕННЯ ДЛЯ ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЇ	11
1.1.Процеси та технології проведення інвентаризації	11
1.2.Інтеграція дронів у систему інвентаризації	15
1.3.Аналіз технологій передачі зображень у режимі реального часу	18
1.4.Огляд технологій ідентифікації товару та автоматизованого розпізнавання	22
1.5.Виклики та обмеження у процесі інвентаризації товарів дронами та алгоритмами комп'ютерного бачення	24
1.6.Висновок	25
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ КОДІВ ТА МОДЕЛІ ПРОВЕДЕННЯ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ТОВАРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ	26
2.1.Технології автоматизованого розпізнавання кодів	26
2.2.Архітектура автоматизованих інвентаризаційних систем	30
2.3.Технічна реалізація дрона	34
2.4.Висновок	38
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ	40
3.1.Пошук актантів та варіантів використання	40
3.2.Проектування архітектури системи	42
3.3.Опис програмних рішень системи	48
3.4.Опис візуального інтерфейсу	53
3.5.Висновок	57

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1.Охорона праці	58
4.2.Надійність роботи автоматизованого розпізнавання кодів товарів в умовах надзвичайних ситуацій	60
4.3. Висновок	63
ВИСНОВКИ	64
Розроблено прототип системи для управління інвентаризацією, що базується на дронах, автоматизованих технологіях розпізнавання та сучасних програмних інструментах.	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
Додаток А Тези конференцій	68
Додаток Б Блок-схеми	74

ВСТУП

Актуальність роботи. З розвитком технологій з'являється все більше інноваційних інформаційних рішень для автоматизованої обробки зображень, що відкривають широкі можливості для їх практичного використання. Однією з важливих сфер застосування таких технологій є управління інвентаризацією та логістикою, що потребують підвищення точності й ефективності. Разом із цим, реалізація потенціалу таких систем часто ускладнюється через обмеженість ресурсів та складність інтеграції новітніх технологій. Використання дронів у поєднанні з автоматизованим розпізнаванням кодів є перспективним підходом для вирішення цих задач. Таким чином, розробка методів і засобів інвентаризації товарів на основі дронів із застосуванням автоматичного розпізнавання кодів є актуальним напрямком сучасних наукових досліджень.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності та точності систем управління інвентаризацією шляхом інтеграції дронів із автоматизованими методами розпізнавання кодів.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- Провести аналіз стану досліджень у сфері застосування дронів та автоматизованих технологій розпізнавання кодів для управління інвентаризацією.
- Дослідити існуючі методи автоматичного розпізнавання візуальних кодів таких як QR-кодів, штрихкодів, з метою можливості їх інтеграції в системи дронів.
- Здійснити порівняльний аналіз алгоритмів і засобів автоматизованого розпізнавання кодів у контексті інвентаризації із застосуванням дронів.
- Розробити прототип системи для управління інвентаризацією, що базується на дронах, автоматизованих технологіях розпізнавання та сучасних програмних інструментах.

Об'єкт дослідження є процес інвентаризації із застосуванням дронів та автоматизованих систем розпізнавання кодів.

Предмет дослідження: методи й засоби впровадження систем автоматизованого розпізнавання, читання кодів і проведення інвентаризації з використанням дронів.

Методи дослідження: методи системного аналізу, методи комп'ютерного бачення, методи декодування зображень, метод передачі даних в режимі реального часу, методи моделювання системи.

Наукова новизна дослідження:

- запропоновано архітектуру інтегрованої системи, що поєднує технології дронів із сучасними алгоритмами автоматизованого розпізнавання кодів, вирішуючи задачі масштабної інвентаризації в режимі реального часу з підвищеною точністю;
- запропоновано використання методів комп'ютерного бачення, таких як моделей YOLOv8, що дає змогу виявляти об'єкти в режимі реального часу та сканувати коди продуктів і робити їх декодування.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи. Результатом роботи є прототип системи, що дозволяє проводити інвентаризацію товарів із використанням дронів і автоматизованого розпізнавання і читання кодів, що може бути застосовано в промисловості та комерційній діяльності.

Публікації. Результати дослідження апробовано на V міжнародній науково-практичній конференції учених та студентів «цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства», XII науково-технічній конференції «інформаційні моделі, системи та технології», у вигляді тез конференцій.

1. Використання штучного інтелекту для систем розпізнавання в інтернеті речей.
2. Ефективне управління інвентарем за допомогою дронів і штучного інтелекту.

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 74 арк. формату A4, графічна частина – 8 аркушів формату A1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ, ЗАСТОСУВАННЯ ДРОНІВ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО БАЧЕННЯ ДЛЯ ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Процеси та технології проведення інвентаризації

Процес інвентаризації відіграє важливу роль у складському господарстві та роздрібній торгівлі. Його основна ціль — відслідковування та управління кількістю запасів, чіткого розуміння про наявність товарів і мінімізація помилок та втрат. Зі зростанням масштабів бізнесу, відповідно ускладнюються процеси інвентаризації, які потребують більш ефективних і точних методів облік. Традиційні ручні методи, що передбачають безпосередню участь людей у процесах інвентаризації часто не здатні задовольнити сучасні потреби, що підкреслює важливість автоматизації процесів [6, 7].

Зазвичай процес інвентаризації проходить через кілька ключових етапів:

- Ідентифікація товарів.
- Збір даних.
- Введення або завантаження даних.
- Перевірка.
- Оновлення записів.

Кожен товар в інвентарі ідентифікується за допомогою унікальних ідентифікаторів, таких як штрихкод або QR-коди. Далі збирається інформація про кожну позицію, зокрема кількість, місцезнаходження та стан. Зібрана інформація вводиться до бази даних або системи управління інвентарем. Записані дані звіряються з фактичними залишками для забезпечення точності. А система інвентаризації в свою чергу оновлюється відповідно до поточного стану запасів. Залежно від використовуваних інструментів і методів ці етапи можуть відрізнятися за ефективністю та точністю [7, 8].

Можна розділити види процесів інвентаризації на ручний та автоматизований. Ручний процес інвентаризації, передбачає, що людина відповідає за виконання всіх

етапів. Товари перераховуються та записуються безпосередньо людиною, як і дані, які вводяться в систему. Цей метод є простим і не потребує складної технічної інфраструктури, але він трудомісткий, повільний і схильний до помилок. Ручний процес цілком підходить для невеликих підприємств або у випадках, коли немає можливості провести автоматизацію. Однак зростаюча складність новітніх систем інвентаризації робить цей метод менш підходящим для великих операцій.

Автоматизовані процеси інвентаризації можуть здійснюватися за допомогою сучасних сканерів. Для оптимізації процесу інвентаризації, ці процеси використовують новітні технологічні інструменти, такі як сканери штрихкодів або QR-кодів, системи RFID. У цих підходах товари скануються за допомогою ручних або стаціонарних пристроїв, які зчитують їхні унікальні ідентифікатори. Скановані дані автоматично записуються до системи управління інвентарем. І відповідно система обробляє дані в режимі реального часу, мінімізуючи ймовірність помилок [8].

Автоматизовані процеси вагомо підвищують швидкість і точність управління товарами на складах. В тому числі вони дають змогу ефективно і швидко обробляти великі обсяги даних, що робить їх цінними для масштабованих операцій або середовищ, де в тому числі є важливим оновлення інформації в реальному часі.

Вибір між ручним і автоматизованим процесом інвентаризації повністю залежить від масштабів та складності операцій. Для невеликих підприємств цілком може бути достатньо ручних процесів, але автоматизація операцій забезпечує вагомі переваги в ефективності, точності та масштабованості. У теперішніх умовах автоматизовані системи користуються попитом та їх впровадження стає дедалі необхіднішим для задоволення потреб та збереження конкурентоспроможності на ринку, зокрема для інвентаризації.

Ключовим фактором для ефективного управління та відслідковування товарів у різних галузях саме є системи інвентаризації. За допомогою поєднання новітніх технологій та методів вдосконалення своїх операцій, компанії мають можливість зменшити кількість помилок та підвищити свою продуктивність.

Системи сканування штрих-кодів та QR-кодів є одним із широко вживаних методів управління запасами включає застосування портативних сканерів штрих кодів або QR-кодів. Для отримання даних про товар, необхідно відсканувати унікальний код, який знаходиться на кожному товарі, ідентифікатор може містити таку інформацію, як назва продукту, кількість та місцезнаходження [6]. Роздрібні магазини зазвичай використовують таку систему для контролю рівнем запасів і своєчасного поповнення. Сучасні портативні сканери або навіть мобільні додатки, які також в тому числі можуть використовуватися для сканування товару роблять цей процес швидшим і доступнішим в порівнянні з ручними записами.

Системи відстеження на основі RFID використовують технологію радіочастотної ідентифікації, яка також дає змогу безконтактно відстежувати товари за допомогою RFID-міток і їх зчитувачів. У порівнянні з системою штрих-кодів, RFID може сканувати декілька предметів одночасно, що відповідно зробить цей підхід оптимальним для великих операцій, наприклад, у складах та логістичних центрах. Всім відомі компанія, як Amazon, використовують RFID для оновлення даних про запаси в реальному часі, забезпечуючи цим швидшу обробку замовлень та скорочення ручної праці [9].

В автоматизованих складських системах інвентаризації мають у використанні роботизовану техніку та конвеєрні лінії для управління товарами, збирання та сортування. Відповідно самі системи інтегруються з програмним забезпеченням, яке відслідковує запаси товарів та надає вже обраховані аналітичні дані для прийняття правильних рішень. Такі компанії, як IKEA, використовують автоматизовані системи зберігання та пошуку (ASRS) для оптимізації використання простору, підвищення ефективності обробки замовлень, зниження людських помилок [10].

Системи "Розумних полиць" мають у своїй експлуатації вагові модулі та технологію RFID для моніторингу рівня запасів на полицях у магазинах чи складах. Після зняття товарів з полиць, чи їх поповнення, система автоматично оновлює записи про товар.

Управління процесом інвентаризації за допомогою дронів має більш практичне застосування для великих складів і заводів. Уже існують роботи з застосуванням систем, які засновані на використанні інфрачервоної (ІЧ) камери для знаходження штрих кодів на зображенні отриманому з дрона. У вище згаданій роботі пропонується система виявлення для точного локалізування двовимірних штрих кодів, яка звужує кількість регіональних пропозицій до кількох кандидатів на основі відстані дрона до цілі. За допомогою таких методів, як LBP і HOG витягуються візуальні дані з картинки, а для підвищення точності передбачення коду використовується алгоритм класифікації SVM [11]. На рис. 1.1 зображено етапи від отримання картинки на вхід моделі до виходу з моделі даних про місцезнаходження коду.

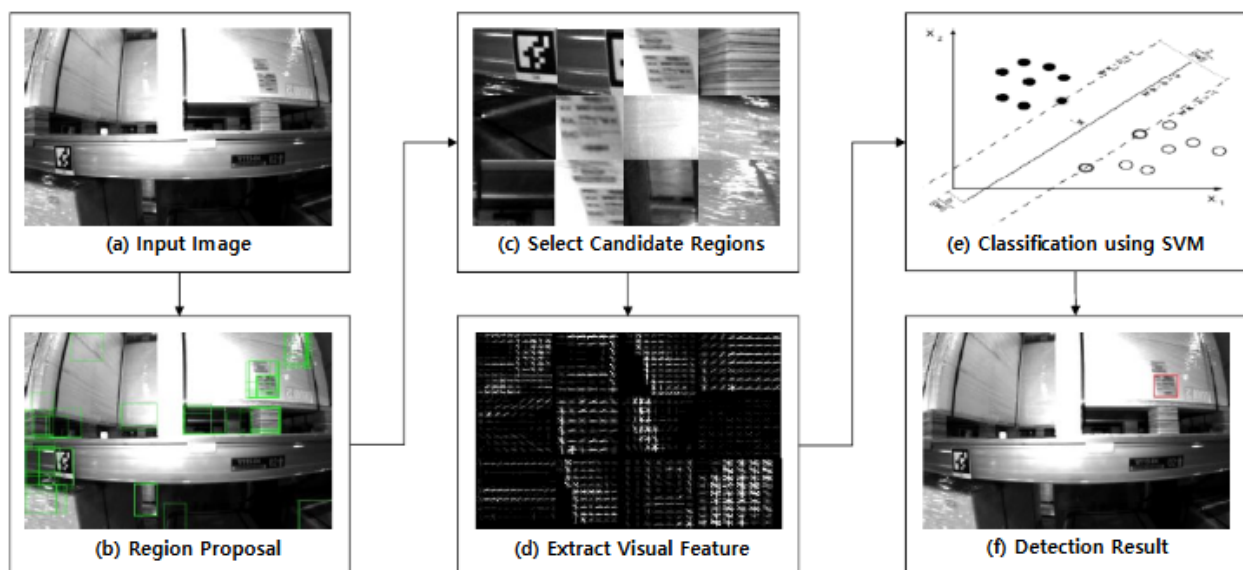


Рис. 1.1. Дрон у процесі проведення інвентаризації

Застосування дронів в керуванні запасами – це новий та перспективний тренд. Безпілотний апарат укомплектований камерою та технологією сканування, без труднощів може літати складом, для знаходження та ідентифікування товару, який містить на собі уніфікований код, такий як штрих-код, QR-код або RFID-мітку. Цей метод чудово підходить для великих складів або приміщень з високими стелями, де ручний підрахунок буде займати багато часу, зусиль та ускладнить сам процес. За

допомогою дронів можна швидко проводити інвентаризацію, зменшувати ймовірність помилок та мінімізувати можливі простой.

Хмарні системи управління запасами. Чимало компаній почали впроваджувати хмарні системи менеджменту запасами, вони гарантують синхронізацію даних у реальному часі між кількома магазинами, складами. Такі системи зазвичай обладнані засобами прогнозової аналітики, інструментами звітності та можливістю інтегруватися з іншими корпоративними програмами, наприклад, ERP (системами планування ресурсів підприємства) [12].

Вище наведені приклади, які демонструють багатоманітні способи адаптації систем інвентаризації під конкретні та специфічні операційні потреби. Завдяки новітнім технологіям та їх впровадженню, бізнес може покращити свої процеси, які приведуть до досягнення більшої ефективності, точності та масштабованості у процесах управління запасами.

1.2. Інтеграція дронів у систему інвентаризації

З інтеграцією дронів у людський сектор з ціллю автоматизації людських процесів інвентаризації повністю змінюється підхід до управління та відстеження товарів на складах чи магазинах. За допомогою використання новітніх технологій, до яких відносяться камери, сенсори та сканери, безпілотні літальні апарати можуть швидко зібрати й обробити дані з високою ефективністю. Дрони виступають в ролі інструментів для збору та обробки даних.

Сучасні дрони обладнані новітніми технологіями та модулями можуть сканувати штрих-коди, QR-коди або читати RFID-мітки, збираючи інформацію про місцезнаходження, кількість і стан товарів. На складах дрони можуть автономно переміщуватися між стелажми, проводячи інвентаризацію і зменшуючи потребу в ручній праці. У роздрібних магазинах дрони забезпечують контроль товарів та рівень запасів на полицях, допомагаючи забезпечити завчасне поповнення товарів. У сільському господарстві безпілотні системи оцінюють умови зберігання

швидкопсувних продуктів, таких як зерно чи фрукти, забезпечуючи оптимальні умови зберігання. Завдяки їх можливостям дрони вагомо скорочують час і зусилля, необхідні для прикладання до традиційних задач інвентаризації, які у більшості випадках вимагають ручного підрахунку, реєстрації даних з безпосередньою участю людини [7].

Дрон у польоті (рис. 1.2) під час проведення інвентаризації на складі.

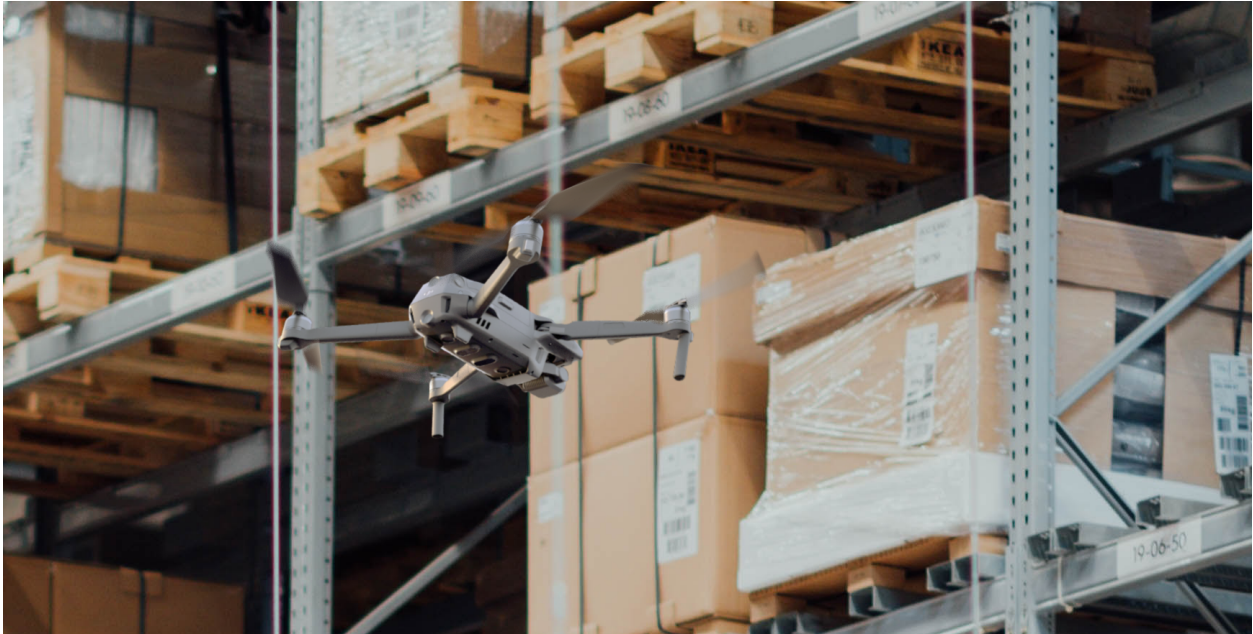


Рис. 1.2. Дрон у процесі проведення інвентаризації

Інтеграція автоматизованих дронів у процес управління запасами є масштабною та багатосторонньою темою, яка на мою думку виходить за межі однієї роботи. Тому я вирішив розділити дослідження на два окремих етапи, кожен з яких буде зосереджений на конкретному аспекті інтеграції дронів для автоматизації процесів інвентаризації. Цей підхід дозволить конструктивно оцінити кожен етап та здійснити більш структурований аналіз роботи, який в свою чергу забезпечить детальне вивчення кожного етапу.

Етапи інтеграції:

- Керування дроном під наглядом людини
- Повністю автоматизована робота дронів.

На початковому етапі необхідна залученість оператора, який буде керувати дроном, виконуючи завдання з інвентаризації. Це дозволяє в свою чергу вносити зміни в режимі реального часу та оновлювати дані, усувати недоліки та перевіряти функціональність дрона в контрольованих умовах. Перший етап є важливим для створення довіри до нових процесів, оперативного виявлення проблем і додержуючись протоколів безпеки. У рамках цього підходу навчений оператор керує дроном, пролітаючи по складу або зоні зберігання товарів. Відповідальність оператора направлена на спрямування дрона до конкретних зон, де необхідно провести перевірку, підрахунок або інше управління запасами. Дрон, оснащений сенсорами або сканувальними пристроями, збирає дані, такі як код товару, які оновлюються та записуються до бази даних.

Другий етап передбачає перехід до повністю автоматизованої системи, де безпілотні засоби працюють автономно без залучення людини. Це вимагає сучасні та вдосконалені алгоритми штучного інтелекту, а саме такі технології як SLAM [13] для картографування приміщення та орієнтації дрона в 3D просторі, детекту товарів, які потребують інвентаризації за допомогою комп'ютерного бачення та автоматизованого керування дроном, для автономного обльоту територій. У цьому випадку дрони запрограмовані для самостійної навігації у зоні зберігання товарів, використовуючи технології картографування. Це передбачає на початку процесу створити комплексну просторову карту приміщення, що дозволить дрону ідентифікувати та знаходити товари на основі їхнього розташування на карті. У дрони буде інтегровано систему пошуку товарів на карті, яка у свою чергу дасть дрону розуміти, де знаходиться товар у просторі відносно нього, для подальшого сканування штрих-кодів чи QR-кодів. Цей етап значно зменшує роль людського втручання до інвентаризаційних задач, оскільки дрони працюють незалежно. Така автоматизація має великий потенціал для ефективності, точності та масштабованості.

Впровадження дронів у процеси інвентаризації має безліч переваг у порівнянні з існуючими рішеннями, які передбачають безпосередню участь людини: зменшення

фізичного навантаження людей, швидкі та точніші перевірки інвентаризації, легкий доступ до важкодоступних місць, економічна ефективність.

Це знижує обсяг ручної роботи, значно зменшує ризики травм і дозволяє працівникам більше зосередитися на наглядових завданнях економлячи час і потреб у фізичній праці. Дрони спроможні швидше відсканувати великі площі складів у тому числі декілька предметів одночасно, значно зменшивши час перевірок [19, 20]. Дрони без усіляких зусиль можуть дістатися до вузьких місць або високих полиць, забезпечуючи облік товару без необхідності впровадження додаткової техніки. Хоч і початкові витрати на впровадження можуть бути вищими у порівнянні з традиційними підходами, але у довгостроковій перспективі економія досягається завдяки скороченню витрат на працівників.

1.3. Аналіз технологій передачі зображень у режимі реального часу

Для автоматизації та моніторингу процесів, камера відіграє ключовий елемент автоматизованої системи, виступаючи, як обов'язковий елемент для контролю. Поєднання камер з дронами дозволяє використовувати можливості отримання даних у реальному часі та поєднання з алгоритмами обробки зображень для оптимізації операцій і підвищення ефективності.

Роль камер в автоматизації є ключовою складовою, де для ефективного впровадження системи необхідно використовувати камери, які контролюватимуть процеси, де камери здійснюють спостереження робочих процесів і можуть забезпечити зворотний зв'язок у реальному часі стосовно таких завдань, як правильне виконання завдань або виявлення відхилення. Також для автоматизації процесів, в поєднанні з алгоритмами комп'ютерного зору камери дають можливість автоматично розпізнавати, класифікувати та обробляти об'єкти, чи події без участі людини у цих процесах.

Інтегрування камер надасть розширену функціональність для автоматизованих систем, що забезпечить чимало можливостей, для сприяння ефективності та точності в

різних сферах використання. Завдяки використанню алгоритмів комп'ютерного бачення камери дають можливість системам аналізувати візуальну складову, розпізнавати шаблони поведінки, розпізнавати об'єкти на зображеннях, та відповідно приймати рішення згідно визначених вимог. Наприклад, за допомогою камер зараз виявляють дефектні матеріали на виробничих лініях, класифікують товари на складі, розпізнають людей, виявляють аномальну поведінку та багато іншого, залежно від області застосування [14].

Одна з ключових переваг впровадження камер є функціональність у реальному часі. Камери надають миттєві дані, тому це в свою чергу дозволяє негайно реагувати на зміни. Це відіграє особливо важливу роль для завдань, які потребують швидкого реагування, до них можуть відноситися такі задачі, як відстеження швидко рухомих об'єктів, моніторинг небезпечних середовищ. Камери також можуть оснащуватися додатковими функціями, до них може відноситися інфрачервоне зображення для малоосвітлених умов. Додаткові функції значно збільшують можливості застосування камер у різних галузях, від виробництва до сільського господарства.

Практичне застосування камери має вагомі переваги в різних сферах. У виробництві камери використовуються для керування роботизованими маніпуляторами, забезпечуючи точність складання у процесах, а також виявляють дефекти продуктах, чи зношення у деталях. У логістиці камери автоматизують відстеження інвентарю, зчитуючи штрих-коди чи QR-коди та перевіряючи місцезнаходження товарів у реальному часі. У галузі сільського господарства камери оцінюють стан посівів і патерни зростання культур, автоматизують системи зрошення та моніторять продуктивність обладнання [15].

Інтеграція камер у поєднанні з автоматизованими процесами також має інші переваги. Основна перевага є використання ШІ та машинного навчання. Камери отримують візуальні дані, які в подальшому передаються на сервер і можуть бути оброблені моделями ШІ для прогнозування результатів, оптимізації процесів і покращення прийняття рішень. Крім цього, камери можна інтегрувати з периферійними

пристроями або хмарними платформами, що дозволяє зробити розширений аналіз, віддалений моніторинг та інтеграцію з системами Інтернету речей (IoT). Це розширює функціональні можливості системи і підвищує її ефективність. Впровадження камер також підвищує ефективність системи, відкидаючи потреби в постійному спостереженні за процесами працівниками, мінімізуючи людську присутність та збільшуючи загальну продуктивність [19].

Для обробки поточкових даних у реальному часі передусім вимагає захоплення, аналіз із виконанням попередньої обробки даних в момент їх запису, з мінімальною затримкою. Це велику роль буде відігравати у додатках, які вимагають оперативного реагування, таких як відеоспостереження, в яких реалізовані автономні системи та управління запасами в реальному часі.

Методи опрацювання даних можна поділити на два основні підходи розглядаючи технології передачі зображень у реальному часі: локальна обробка, яка буде відбуватися за допомогою обчислюваних систем на дроні та віддалена обробка даних, яка в свою чергу здійснюватиметься на віддаленому сервері або на хмарних середовищах [16].

Локальна обробка даних буде виконуватися безпосередньо на дроні з допомогою його вбудованих обчислювальних ресурсів, таких як політний контролер.

З переваг у процесі локального опрацювання зібраних даних відносяться, такі як знижена затримка, де дані не потрібно передавати на віддалений сервер, що дозволяє швидко їх обробляти. Незалежність від мережі, де обробка на дроні зводить залежність від мережевого підключення до мінімуму, що відіграє важливу роль у віддалених точках, мережа може бути слабкою. До цього можна віднести безпеку даних, оскільки чутливі дані можуть бути проаналізовані та збережені локально, без усякої необхідності їх передачі до зовнішніх серверів, що безпосередньо знижує ризики витоку інформації. Серед недоліків такої системи можна виділити високі вимоги до апаратного забезпечення, де самі дрони повинні бути оснащені потужними процесорами або графічними картами, що відповідно збільшить їхню вартість у разі, в тому числі споживання енергії. Ще один з недоліків це те, що в них є обмежений обсяг пам'яті та

заряд акумулятора, що скорочує тривалість роботи і число виконаних операцій за один прохід [16]. Також маємо згадати залежність цього процесу від клієнт-серверної частини, оскільки навіть із локальною обробкою даних нам необхідна система клієнт-сервер для оновлення даних та їхнього запису в централізовану базу.

Віддалена обробка даних на сервері чи на хмарних середовищах передбачає передачу даних на зовнішній ресурс, де вони будуть в подальшому оброблятися та аналізуватися. Переваги з цього підходу це високі обчислювальні спроможності, де сервери та хмарні платформи, які пропонують масштабовані ресурси, що дає можливість обробляти складні набори даних і застосовувати передові алгоритми глибокого навчання. Централізоване управління даними, усі дані будуть зберігатися та оброблятися в одному місці, відповідно воно спрощує інтеграцію з системами управління запасами та забезпечує ефективну аналітику. Масштабованість системи, де віддалені системи будуть одночасно обслуговувати декілька дронів, що робить цей підхід оптимальним для великомасштабних операцій. З недоліків можна виділити залежність від мережі, а саме надійне та високошвидкісне мережеве з'єднання, що є обов'язковим для передачі даних, а це може бути проблематичним у районах із низькою якістю зв'язку. Затримка передачі даних також впливатиме на роботу, де відбувається обмін даних, а саме трансфер на сервер, подальша обробка та повернення результатів, в чому відповідно можуть відбуватися затримки. А також до недоліків варто віднести регулярні витрати для постійного обслуговування хмарної інфраструктури чи серверного простору [16].

Для того, аби обрати підхід між локальною та віддаленою обробкою залежить по більшій мірі від вимог і обмежень конкретних процесів. Локальну обробку ми можемо виокремити для важливих завдань у місцях, де по певних причинах доступ до мережі обмежений, але в свою чергу вимагає більших інвестицій в імплементацію цієї системи. Віддалена обробка чудово підходить для масштабних операцій, де потрібні виконувати складні операції, що вимагатиме високопродуктивних комп'ютерних

систем, наприклад, коли відбувається навчання моделей ШІ, які потребують великі обсяги пам'яті для роботи у реальному часі без затримки.

1.4.Огляд технологій ідентифікації товару та автоматизованого розпізнавання

Проведення ідентифікації товару є однією з основних процесів управління інвентаризацією, в неї входить відстеження, класифікація, підрахунок та точне розпізнавання кожного об'єкта. Для цього ми можемо виділити окремі системи, які найчастіше використовуються, такі як візуальна ідентифікацію та ідентифікація за допомогою кодів. Кожен із підходів має свої теоретичні основи, практичне застосування та виклики.

Для візуальної ідентифікації з використанням нейронних мереж (NN), яка побудована на принципах машинного та глибокого навчання, в тому числі згорткових нейронних мереж (CNN) [17]. Ці моделі працюють на основі розпізнавання візуальних шаблонів, таких як форма, колір чи текстура об'єкта. Для навчання таких моделей необхідне використання великих наборів даних із зображеннями всіх видів продуктів, які допоможуть системі навчитися розпізнавати об'єкти один від одного.

Цей підхід особливо підходить до ідентифікації, коли товари не містять звичайних кодів або коли ці коди пошкоджені чи недоступні. В той самий час впровадження системи візуальної ідентифікації вимагає вагомих обчислювальних ресурсів та експертних знань. Процес навчання моделі є доволі складний і часозатратний, оскільки він потребує створення якісного датасету з картинками товарів та їх класифікацією. На точність нейронних мереж також можуть впливати такі речі, як зовнішні чинники, освітлення в приміщенні, перешкоди у вигляді інших товарів, чи пошкодженні упаковки. Візуальна ідентифікація є доволі гнучким рішенням, хоч вона також може стикатися з труднощами в досягненні необхідної точності і вона не гарантує безпомилковості для системи ідентифікації.

Ідентифікація на основі кодів, таких як штрих-коди та QR-коди є наразі найбільш надійним і досить широко застосовується для ідентифікації товарів. Цей підхід

використовує штрих-коди або QR-коди, які можна зчитати за допомогою спеціалізованих пристроїв і ці коди є стандартизовані та присутні на переважній більшості комерційних товарів [18]. Такий спосіб розпізнавання товарів є швидкий та ефективний, який здійснюється за допомогою камер або відповідних пристроїв. Порівнюючи з візуальною ідентифікацією, цей метод є більш ефективним та зменшує ймовірність помилкового передбачення товару, оскільки дані закодовані явно і вони не залежать від зовнішніх візуальних чинників, які б впливали на машинні моделі. Масове застосування штрих-кодів забезпечує сумісність у різних сферах і спрощує інтеграцію в існуючі системи інвентаризації. Однак цей підхід в тому числі має свої обмеження. Вони можуть передавати лише базисну інформацію, таку як ідентифікаційний номер товару, без додаткового змісту. Попри певні недоліки, ефективність цього підходу ідентифікації на основі кодів для більшості систем інвентаризації робить її найбільш підходящим вибором.

Технології автоматизованого розпізнавання роблять процес ідентифікації об'єктів на новий рівень, дозволяючи системі автономно працювати та в режимі реального часу знаходити, ідентифікувати та записувати товари за відсутності безпосередньої участі людини у процесах. У порівнянні з традиційними методами ручного сканування це значний прогрес, що відкриває можливості для швидкого та ефективного управління запасами. Для реалізації автоматизованого розпізнавання важливо інтегрувати камери в систему дронів та моделі детекту. Встановлені камери на дронах або інших роботизованих системах, роблять запис зображення товарів, в той момент, як моделі виявлення знаходять і розпізнають штрих-коди або QR-коди, розміщені на цих об'єктах [19, 20].

Перший етап автоматизації включає пряму участь людини і вона відіграє важливу роль у системі. Дрон, укомплектований камерою для подальшого розпізнавання за допомогою ШІ, у реальному часі відскановує товари, а система виокремлює виявлені коди візуально для верифікації оператором. Такий напівавтоматизований підхід забезпечує високу точність в поєднанні одночасного використання підвищеної

швидкості й ефективності автоматизованого сканування. Оператор виступає як проміжна ланка, яка контролює весь процес.

На другому етапі система інвентаризації переходить до повної автоматизації, дрони працюють автономно орієнтуючись в просторі та використовують коди як орієнтир для навігації. Цей етап включає автоматизація пошуку і сканування товарів, записують та оновлюють дані у бази даних без участі людини. Досягнення такого рівня автоматизації є доволі комплексним завданням. Система повинна бути надійно розробленою та здатною враховувати велику кількість сценаріїв, від сканування товарів у поганих умовах до навігації у складських приміщеннях. Крім цього, моделі детекту повинні показувати високу точність, щоб забезпечити ефективність та уникнути пропусків товарів або помилок.

У порівнянні з традиційними методами ручного сканування, автоматизовані технології розпізнавання мають значні переваги у швидкості, точності та масштабованості. Вони дозволяють обробляти великі обсяги товарів за значно коротший час, ніж ручні методи, і знижують ймовірність помилок через людський фактор. Завдяки інтеграції камер і моделей виявлення ці системи забезпечують більш стабільний і надійний спосіб ідентифікації товарів навіть у складних умовах. Перехід до автоматизації є зміною парадигми в управлінні запасами, що відкриває шлях до ефективної та економічної роботи.

1.5. Виклики та обмеження у процесі інвентаризації товарів дронами та алгоритмами комп'ютерного бачення

Інтеграція дронів та алгоритмів комп'ютерного бачення в систему інвентаризації мають великий потенціал для покращення управлінських процесів, але при цьому необхідно вирішити деякі виклики з якими можна зіштовхнутися при імплементації. До таких проблем відносяться технічні, де однією з головних проблем є якість отриманого зображення з камери, розмитість зображення, погане освітлення та фізичні перешкоди в приміщенні. Ці проблеми можуть погіршувати точність передбачення алгоритмом

комп'ютерного бачення при ідентифікації товарів. Попри те, дрони зазвичай мають свої обмеження щодо обчислювальних потужностей та часу роботи батареї. Відповідно їх обчислювальні можливості будуть недостатніми для складних задач, а обмежений час польоту вимагатиме частих підзарядок або заміन батареї [19, 20].

Щодо алгоритмічних проблем з якими можна зіштовхнутися, можна віднести розпізнавання товарних кодів, коли коди деформовані або частково перекриті іншими товарами, технікою та чимось іншим. Це призведе до помилок у ідентифікації, що вимагатиме в свою чергу використання більш складних методів машинного навчання для збільшення точності моделі. Оптимізація таких алгоритмів буде ресурсозатратною, як і по часу розроблення так і може вимагати великих обчислювальних потужностей для підвищення ефективності розпізнавання в різних умовах.

З організаційних проблем може бути проблемою пошуку відповідного фахівця, який вміє керувати дроном та підтримувати технічну складову дрона або навчити працівника цьому [19]. Без відповідної підготовки ефективність системи буде низькою. Економічне впровадження технологій буде вимагати значних початкових інвестицій у придбання дронів, розробки програмного забезпечення та оновлення системи. Крім основних вищезгаданих витрат, необхідно враховувати постійні витрати на обслуговування та підтримку системи.

1.6.Висновок

Традиційні методи, хоча й підходять для малих операцій, з часом замінюються автоматизованими системами з використанням сучасних технологій. До цих технологій можемо віднести, такі як штрих-коди, QR-коди, RFID та дрони. Ця інтеграція підвищує ефективність, точність і масштабованість, допомагаючи бізнесам задовольняти свої потреби. Інтеграція дронів, камер та алгоритмів комп'ютерного бачення повністю замінює процеси в управлінні інвентарем, що дозволяє здійснювати збір даних в реальному часі та автономну роботу.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ КОДІВ ТА МОДЕЛІ ПРОВЕДЕННЯ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ТОВАРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ

2.1. Технології автоматизованого розпізнавання кодів

Технології розпізнавання кодів виступають одним з основних компонентів для автоматизованих систем, які вимагають ідентифікації та відстеження товарів. Штрих коди є лінійними, одновимірними представленням даних, тоді як QR-коди двовимірні і можуть зберігати більш складну інформацію [21]. Приклади штрих коду та QR-коду (рис. 2.1). Обидва типи кодів знаходять широке використання в різних областях, таких як логістика, роздрібна торгівля та управління інвентаризацією, це все завдяки своїй простоті та ефективності.

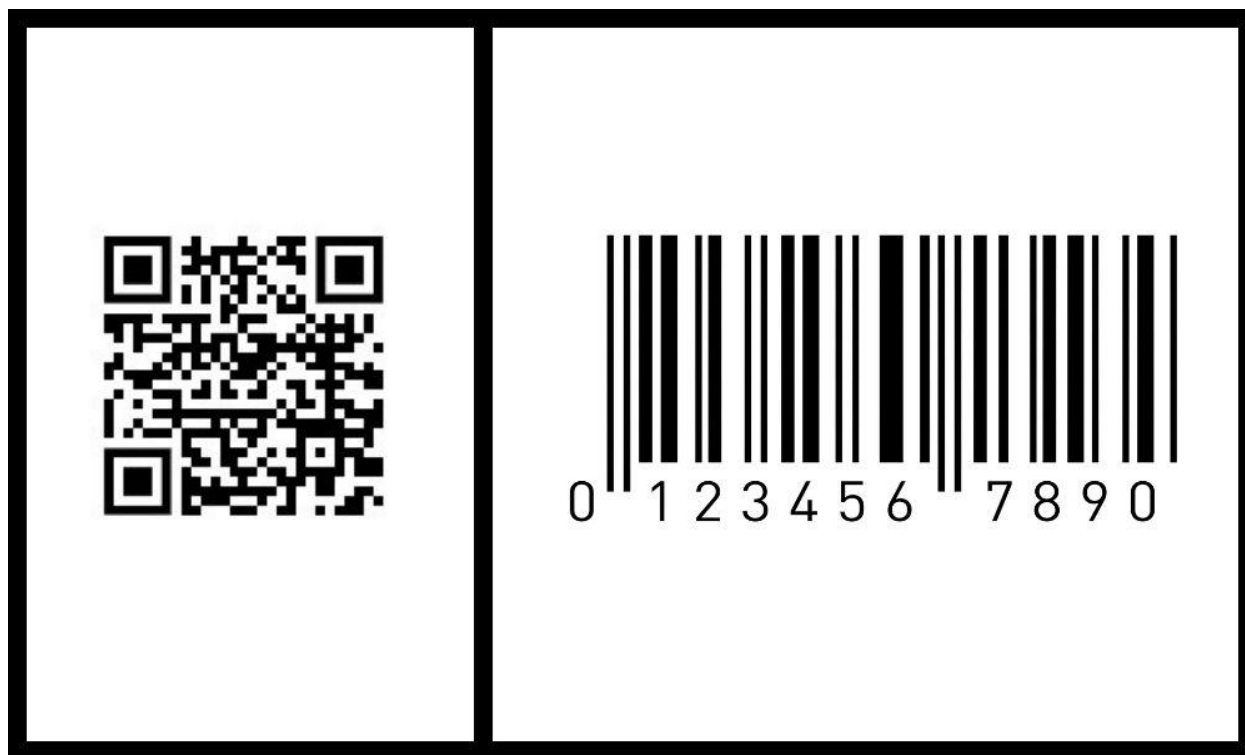


Рис. 2.1. Приклад QR-коду та штрикоду

Принцип розпізнавання штрих коду та QR-коду базується на технологіях оптичного сканування, система сканує різну ширину і відстань між лініями в коді. Початок процесу починається з візуалізації коду, який потребує високого контрасту між світлими та темними елементами це стосується обох видів коду. Оптичні сканери, які зчитують за допомогою лазера або камери, які захоплюють зображення штрих коду, і далі система використовує алгоритми для цифрового декодування, щоб отримати закодовану інформацію в цих візуальних шаблонах. Для одновимірних штрих кодів лазерний сканер знаходить різницю в ширині темних та світлих ліній і перетворює це у цифрові дані. А розпізнавання QR-кодів, які у свою чергу є двовимірними, відбувається за рахунок знаходження квадратів на сітці коду. Щоб отримати закодовану інформацію з них, система намагається виявити шаблони у цій же сітці [21]. На відміну від штрих-кодів, зберігання даних у QR-кодах набагато більше. Вони можуть зберігати такі деталі, як URL-адреси, відомості про продукт і навіть мультимедійні дані. Таким чином, вони набагато більш універсальні порівняно зі штрих-кодами. Процес декодування (рис. 2.2) кодів за допомогою бібліотеки Zbar, яка використовується для читання у процесі автоматизованої інтеграції з дронами.

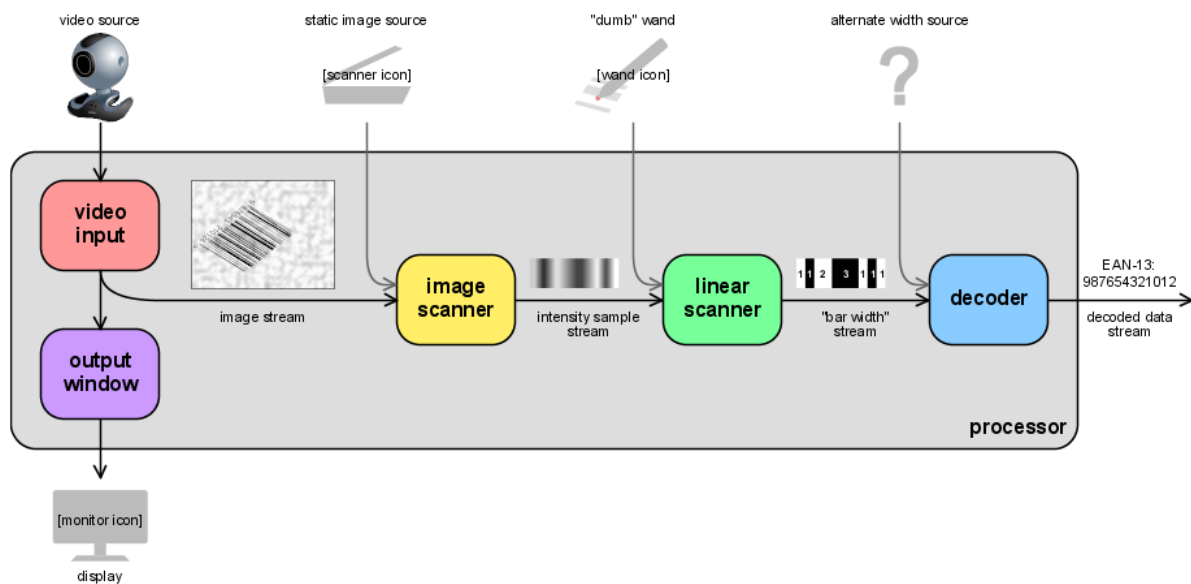


Рис. 2.2. Загальний опис модулів роботи бібліотеки ZBar

Щоб ще більше прискорити процес ідентифікації товарів на складах, зазначені вище технології повинні бути інтегровані в автоматизовані системи, що в тому числі сприятиме зменшенню людських помилок та оптимізації процесів, таких як відстеження та облік. Більш складніші методи розпізнавання об'єктів використовують алгоритми комп'ютерного бачення, такі як CNN та YOLO, одна з їхніх задач це виявлення та ідентифікації об'єктів зображення в реальному часі [17, 22].

Конволюційні нейронні мережі (CNN) – це клас глибоких навчальних алгоритмів, які стали революційними для завдань розпізнавання зображень. Архітектура CNN складається з декількох ключових шарів. Першими є конволюційні шари, які в свою чергу застосовують фільтри на зображенні, яке йде на вхід моделі, шукаючи на них патерни контурів, текстури, форми об'єктів. Це дає змогу витягувати основні особливості, які необхідні для розпізнавання об'єктів. Наступним кроком йдуть активаційні шари, які після конволюційних фільтрів використовують на зображенні функцію активації (зазвичай ReLU), яка вводить нелінійність, що водночас дозволяє мережі вивчати більш складні патерни об'єктів. Наступні шари підсумовування, які у підсумку зменшують розміри зображення, зберігаючи лише важливу інформацію та знижуючи обчислювальну складність. Останніми йдуть лінійні шари, які об'єднують отримані характеристики для класифікації зображення або розпізнавання конкретних об'єктів на картинці [17].

CNN моделі навчаються на великому наборі даних з розміткою, що дає змогу ставати ефективнішими при ідентифікації певних ознак об'єкта. Вони будуть корисними при розпізнаванні штрих кодів або QR-кодів, в умовах, коли коди товарів виступають тільки невеликою частиною загальної картини, в умовах з поганим освітленням або перешкодами.

YOLO – це один з кращих алгоритмів комп'ютерного бачення, в тому числі для виявлення об'єктів, який працює в реальному часі, також він забезпечує швидкі та досить точні результати. Порівнюючи традиційні методи виявлення об'єктів, які виконують кілька проходів через нейронну мережу, то YOLO виконує локалізацію та

класифікацію об'єкта за один прохід. YOLO умовно розділяє картинку на сітку та для кожної клітинки може передбачати декілька боксів обмеження, а також ймовірності класу для кожного об'єкта. Це сприяє виявленню кількох об'єктів одночасно, відповідно, що робить YOLO досить ефективним для завдань, які повинні виконуватися швидко і точно [22].

Для розпізнавання кодів використано модуль qrdetect, який детектить їх на основі моделі YOLOv8 []. Архітектуру моделі (рис. 2.3).

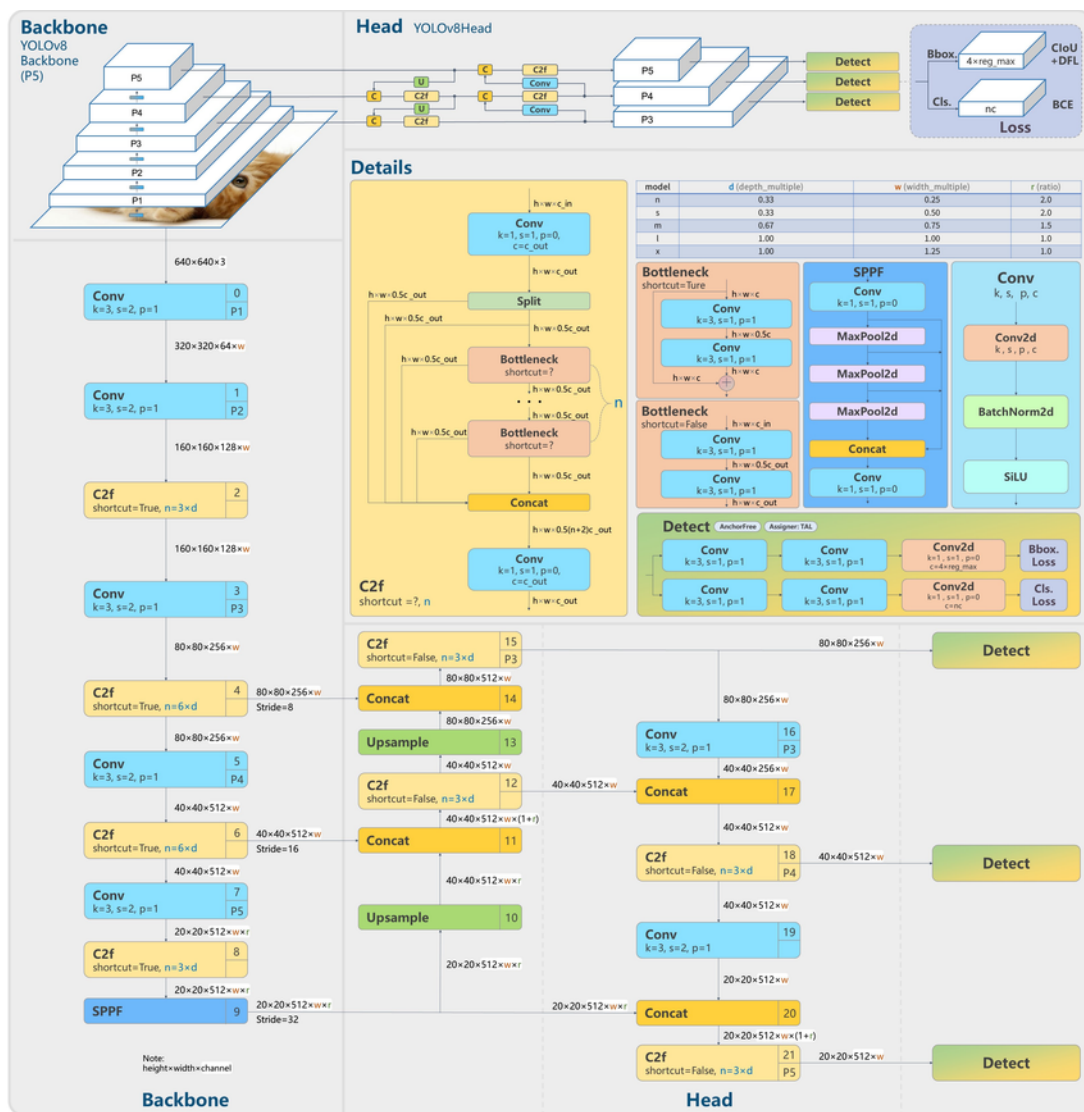


Рис. 2.3. Візуалізація архітектури YOLOv8

До основних частин архітектури YOLO відноситься поділ на сітку, а саме зображення розбивається на сітку заздалегідь визначеним розміром, де кожна клітинка відповідає за передбачення об'єктів на картинці. Наступний етап передбачення боксу обмеження, де в свою чергу модель для кожної клітинки сітки передбачає кілька боксів обмеження з їх ймовірністю, що об'єкт знаходиться в кожному з них, а також з ймовірностями до якого класу відноситься об'єкт. Останній етап – це постобробка, де YOLO виконує крок постобробки прибираючи зайві бокси обмеження, які з великою ймовірністю будуть виявляти один і той самий об'єкт [22].

Одна з основних переваг YOLO заключається в його швидкості та здатності знаходити декілька об'єктів на одному зображенні та робити це все в реальному часі. Це робить модель підходящою для автоматизованої системи інвентаризації, де важливу роль відіграє швидкість та точність розпізнавання. Як один, так і другий алгоритм, CNN і YOLO, пропонує рішення для розпізнавання об'єктів, але CNN більше підходить для задач, що вимагають витягування детальних ознак об'єкта і високої точності в контрольованих умовах, коли в свою чергу YOLO є більш підходящим у динамічних середовищах, де важлива швидкість розпізнавання та можливості виявлення декількох об'єктів одночасно. Обидва ці алгоритми вагомо покращують спроможності автоматизованих систем, даючи змогу безпілотним засобам виконувати задачі, які відносяться до автоматизованої інвентаризації, де розпізнавання і читання кодів є важливим.

2.2. Архітектура автоматизованих інвентаризаційних систем

Архітектура автоматизованої інвентаризаційної системи починається з проектування модульної структури, яка дозволяє дронам збирати візуальні дані, такі як зображення, відео та сенсорні показники, з навколишнього середовища. Дрони оснащуються камерами або сенсорами, які фіксують детальну інформацію про інвентар, розміщений у приміщенні. Зібрані дані передаються в реальному часі на центральний сервер або хмарну систему для подальшого аналізу та обробки [19].

Дрони зазвичай оснащені високо класними камерами або інфрачервоними сенсорами, які захоплюють зображення товарів, що знаходяться у сховищі або магазині. У деяких випадках вони мають можливість бути обладнані спеціальними сенсорами, наприклад, RFID або сканерами штрихкодів [20], що дозволяє їм автоматично зчитувати й фіксувати коди товарів. Дрони переміщуються автономно по складському приміщенню, часто використовуючи заздалегідь запрограмовані польоти або GPS-координати для визначення місць, що потребують огляду.

Зібрані візуальні дані передаються в реальному часі на центральний сервер або хмару для подальшої обробки. Зв'язок між дроном і сервером зазвичай здійснюється через Wi-Fi, 4G/5G мережі або навіть супутникові з'єднання, залежно від діапазону та умов роботи дронів [20]. Передача даних в реальному часі забезпечує оновлення інвентарних даних миттєво, що критично для систем, які вимагають своєчасної та точної інформації про рівні запасів.

Модульна система надає гнучкість у розгортанні дронів. Кілька дронів можуть бути призначені для сканування різних зон складу або магазину, і вони можуть працювати одночасно, що дозволяє ефективно покривати великі площі. Такий підхід забезпечує ефективне управління інвентарем за допомогою автоматизованого збору даних, підвищуючи точність і знижуючи потребу в ручному обліку. Крім того, система може бути посилена алгоритмами комп'ютерного зору для допомоги у розпізнаванні та категоризації товарів за візуальними ознаками чи кодами.

Один із прикладів - це значний розподільчий центр, який може використовувати дронів для сканування штрих кодів на палетах, розміщених у різних проходах. Ці дрони збирають візуальні дані про інвентар, і як тільки дані потрапляють на центральний сервер, вони аналізуються для оновлення рівнів запасів. Якщо товар відсутній або переміщений, система негайно сповіщає персонал, що дає можливість швидко виправити ситуацію.

До переваг можна віднести масштабованість, оскільки система може бути розширена шляхом додавання нових дронів, сенсорів без значних змін інфраструктури.

Враховуючи, що дрони можна перепрограмувати або перевизначити на основі поточних потреб інвентаризації, то виділемо ще гнучкість системи. І звісно ефективність, оскільки декілька дронів, що працюють одночасно, можуть значно скоротити час, необхідний для виконання інвентаризації.

Інтеграція даних, зібраних дронами, з існуючими системами управління інвентарем є достатньо важливим етапом для гарантування безперебійного обміну даними та точного оновлення записів інвентарю. Більшість сучасних інвентаризаційних систем використовують штрих коди, QR-коди або RFID-мітки для відслідковування та управління товарами [18]. Дрони можуть бути оснащені сканерами штрихкодів, зчитувачами QR-кодів або програмним забезпеченням для розпізнавання зображень, що дозволяє їм автономно виявляти і зчитувати ці коди. Після розпізнавання коди дані передаються безпосередньо до системи управління інвентарем для оновлення в реальному часі.

Сканування штрих кодів і QR-коди є найбільш поширеними методами для маркування товарів. Штрих коди зазвичай містять закодовану інформацію про товар, таку як артикул, ціна та рівень запасів. QR-код, через більшу інформаційну щільність, можуть містити детальніші дані, наприклад, URL-адреси для додаткової інформації про товар [19].

Дрони, оснащені камерами або спеціальними сканерами, можуть автономно літати по полицях або палетах, скануючи штрихкоди або QR-коди на товарах. Інформація миттєво передається в систему для обробки та оновлення інвентарю.

У великому складі дрони використовуються для сканування етикеток на товарах, розміщених на високих полицях. Ці етикетки містять інформацію, наприклад, про ідентифікаційний номер товару, кількість та місцезнаходження. Як тільки дрон зчитує штрих код, дані передаються в ERP-систему, яка автоматично оновлює інвентарні записи в реальному часі.

Інтеграція з ERP-системами, які управляють основними бізнес-процесами, інтегрують дані про інвентар з їхніми базами даних, отримані з дронів. Наприклад,

коли дрон зчитує штрихкод, ERP-система перевіряє записи в базі даних, щоб перевірити рівень запасів, чи відсутній товар або чи є якісь відхилення. Це дає змогу здійснювати автоматичне оновлення інвентарю без втручання людини. Роздрібна мережа використовує ERP-систему для керування запасами в кількох магазинах. Дрони, оснащені сканерами штрихкодів, регулярно сканують товари на полицях. Кожного разу, коли дрон сканує штрихкод, інформація передається в ERP-систему [21], яка автоматично оновлює рівні запасів у всіх магазинах. Це забезпечує актуальні дані про наявність товарів у мережі.

Дані, зібрані дронами, часто зберігаються в базах даних, які синхронізуються з системами управління інвентарем. Ці бази даних зберігають інформацію про товари, рівні запасів, історію замовлень та інші важливі дані. Інтеграція зібраних даних з базами даних дозволяє бізнесам постійно оновлювати і підтримувати точні інвентарні записи. Наприклад, якщо дрон виявляє відсутність товару на його місці, база даних може позначити цю проблему і повідомити систему для ініціації перевірки або замовлення товару.

До переваг віднесемо оновлення в реальному часі, коли інтеграція забезпечує миттєве оновлення даних інвентарю, знижуючи ризик помилок і невідповідностей. Завдяки автономному скануванню штрих кодів дрони значно знижують навантаження на працівників. Зниження кількості помилок, оскільки автоматичне збирання та обробка даних усуває помилки, які можуть виникати через людський фактор. Ефективне управління ресурсами, де інтеграція з ERP-системами дозволяє автоматизувати контроль запасів, поповнення та звітність, спрощуючи процес управління інвентарем.

Дрон, обладнаний сканером штрихкодів, пролітає через склад, скануючи кожен товар. Коли дрон зчитує товар, інформація передається в ERP-систему, яка миттєво оновлює рівень запасів. Якщо товар було забрано або переміщено, система сповіщає керівника складу, що дозволяє швидко вжити заходів.

У підсумку, інтеграція дронів в систему інвентаризації та поєднання їх можливостей з існуючими ERP-системами дозволяє підприємствам створювати ефективні, масштабовані та точні системи управління інвентарем. Ця архітектура підвищує ефективність операцій, знижує людські помилки та забезпечує кращу видимість запасів на всіх етапах ланцюга постачання.

2.3. Технічна реалізація дрона

Для цієї системи було обрано дрон Meteor75 від компанії BETA FPV. Це дрон компактних розмірів, який призначений більше для польотів у тісних приміщеннях, що нам і підходить для польотів у різних за розмірами складських приміщеннях. Це дуже легкий дрон вагою всього до 30 грам. Корпус виготовлений із міцного та легкого пластику в тому числі з захистом для пропелерів, відповідно корпус забезпечує стійкість до ударів. Зовнішній вигляд безпілотного засобу (рис. 2.3).



Рис. 2.3. FPV дрон Meteor75

Основою дрона є плата польотного контролера F4 1S 5A AIO (Frsky). Зазвичай такі контролери використовуються для міні-дронів (один з них Meteor75). Вони є важливими для таких безпілотних засобів, оскільки у їх збірці відіграє вагомий роль компактність деталей та їх невелика вага. Діаграму польотного контролера (рис. 2.4). Він забезпечує базові функції для стабільного польоту, управління моторами та ймовірним підключенням додаткових модулів, таких як камера чи передавач. F4 означає процесор контролера польоту, він використовує 32 бітний процесор STM32 серії F4. Його цілком достатньо, щоб виконувати такі завдання, як стабілізація, обробка сенсорів та керування двигунами. 1S вказує на використання 1S батарей (3.7V) для живлення контролера польоту. Зазвичай такі батареї використовуються в міні-дронах. 5A відображає максимальний струм, який може витримати вбудований ESC. Це означає, що контролер польоту має електронний регулятор швидкості на 5 Ампер, що підходить для малопотужних моторів. AIO (All-In-One) позначає, що всі основні компоненти, такі як контролер польоту, ESC та радіоприймач інтегровані в одну плату. Це зменшує вагу і спрощує установку в маленьких дронах.

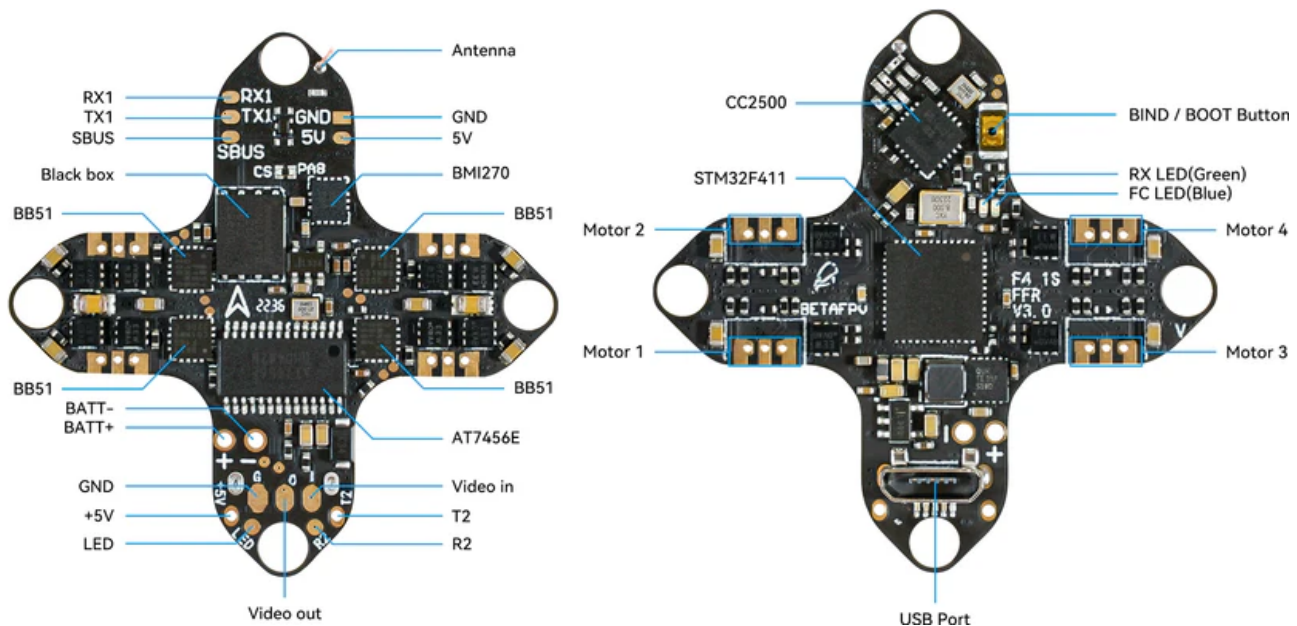


Рис. 2.4. Діаграма польотного контролера

Вищезгаданий контролер має дві версії радіоприймача, такі як ELRS2.4Gnf Frsky, також обидві версії підтримують підключення зовнішніх цифрових або аналогових відеопередавачів. Схему підключення контролера польоту (рис. 2.5) з радіоприймачем та аналогових або цифрових камер. У версії SPI FrskyRX зарезервовані порт SBUS та порт UART, які можна використовувати для приймача з протоколом SBUS або інших зовнішніх приймачів.

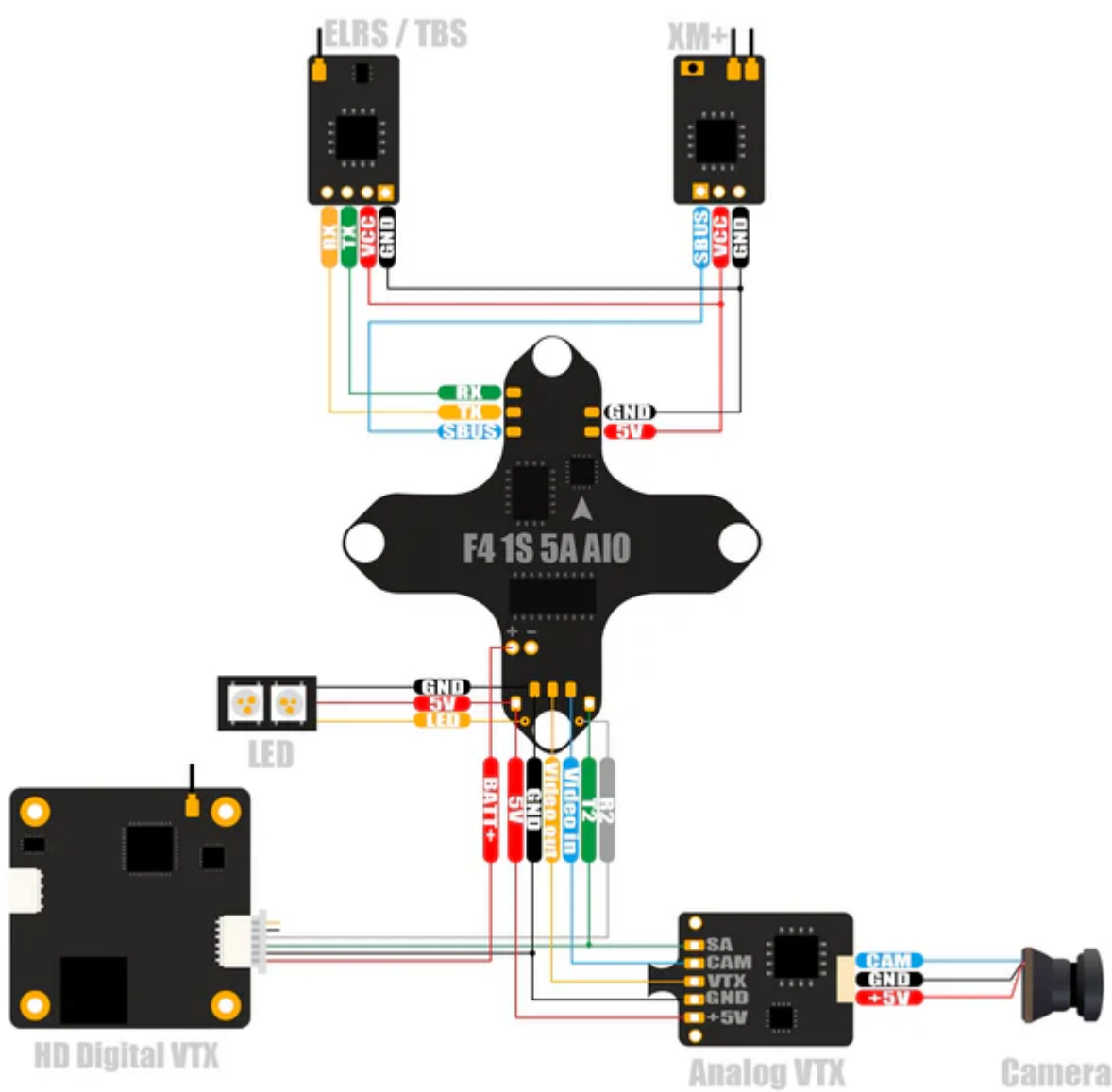


Рис. 2.5. Схема підключення польотного контролера з камерою та радіоприймача

Для контролю дроном використовувався пульт керування RadioMaster Pocket. Його зовнішній вигляд (рис. 2.6). Це пульт невеликих розмірів, який має достатньо великий функціонал для налаштування зручного виконання задач. У нього стоїть прошивка EdgeTX.

Пульт також оснащений знімними наконечниками для стіків та складною антеною, що робить його зручним для транспортування і зберігання. Для живлення використовуються акумулятори типу 18650, які забезпечують тривалий час роботи для годин задоволення від польотів.



Рис. 2.6. Радіопульт RadioMaster Pocket CC2500

Для забезпечення обробки даних з камери та для відправлення зображення на сервер використовується мікроконтролер ESP32-CAM-MB, який програмується для отримання відеопотоку з плати ESP32-CAM та передачі даних через зв'язок Wi-Fi. Він оснащений 32-бітним двоядерним процесором XtensaLX6 із частотою до 240 МГц, що забезпечує високу продуктивність. Мікроконтролер має 4МБ флеш-пам'яті для оновлення прошивки та зберігання даних, а також 520КБ оперативної пам'яті для виконання завдань. Також ESP32-CAM має розширений набір GPIO-портів, які можна використовувати для підключення додаткових модулів або датчиків.

Камера OV2640, вона видає достатньо якісне зображення з польотів у реальному часі. Сенсор із роздільною здатністю 2МП дозволяє отримувати чітке зображення, для того, щоб була можливість розпізнати код та прочитати його. Камера прикріплюється через шлейф до плати ESP32-CAM. Маючи доволі малий розмір, камера ідеально підходить для використання на легких дронах, таких як Meteor75.

Wi-Fi модуль ESP32-CAM дозволяє дрону здійснювати бездротовий зв'язок із зовнішніми пристроями, такими як смартфони, комп'ютери або сервери. Він працює в діапазоні 2,4ГГц зі швидкістю передачі даних до 150Мбіт/с, що підходить для потокового передавання відео в реальному часі.

Плата ESP32-CAM разом з платою для програмування ESP32-CAM-MB інтегровані до корпусу дрона. Камера з ESP32-CAM передає через WIFI зображення на сервер, який обробляє дані та оновлює їх у реальному часі. Живлення забезпечується батареєю 1S. Завдяки універсальності ESP32-CAM, до дрона можна додатково підключати інші сенсори чи модулі, розширюючи функціональність пристрою.

2.4.Висновок

У другому розділі детально описано компоненти та технології, які можна використовувати для впровадження автоматизованих систем інвентаризації за допомогою дронів. Основні технології для автоматизованого розпізнавання кодів

аналізувались перед тим, як оцінювати надійність і універсальність штрих-кодів і QR-кодів.

Архітектурний дизайн в автоматизованих системах інвентаризації полягає в тому, щоб зробити його модульним і мати можливість інтегруватися з системами ERP. Це означає більшу гнучкість і масштабованість із модульними системами, водночас можливість оновлювати інвентаризацію в реальному часі шляхом вставлення в уже існуючі бази даних.

Таким чином, поєднання передових технологій розпізнавання, надійних технічних компонентів, ефективних систем обробки даних і модульної архітектури становить певну основу для розробки інноваційних, ефективних і масштабованих автоматизованих систем управління запасами за допомогою дронів.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

3.1. Пошук актантів та варіантів використання

Система повинна реалізовувати наступні функціональні вимоги:

- локалізація та сканування кодів інвентаризації через відео-потік;
- запис знайдених товарів у базу;
- надавати доступ до бази – створення, зміна та видалення записів;
- підтримувати відео-потоки з декількох джерел та їх опрацювання.

Діаграма варіантів використання з акторами (рис. 3.1).

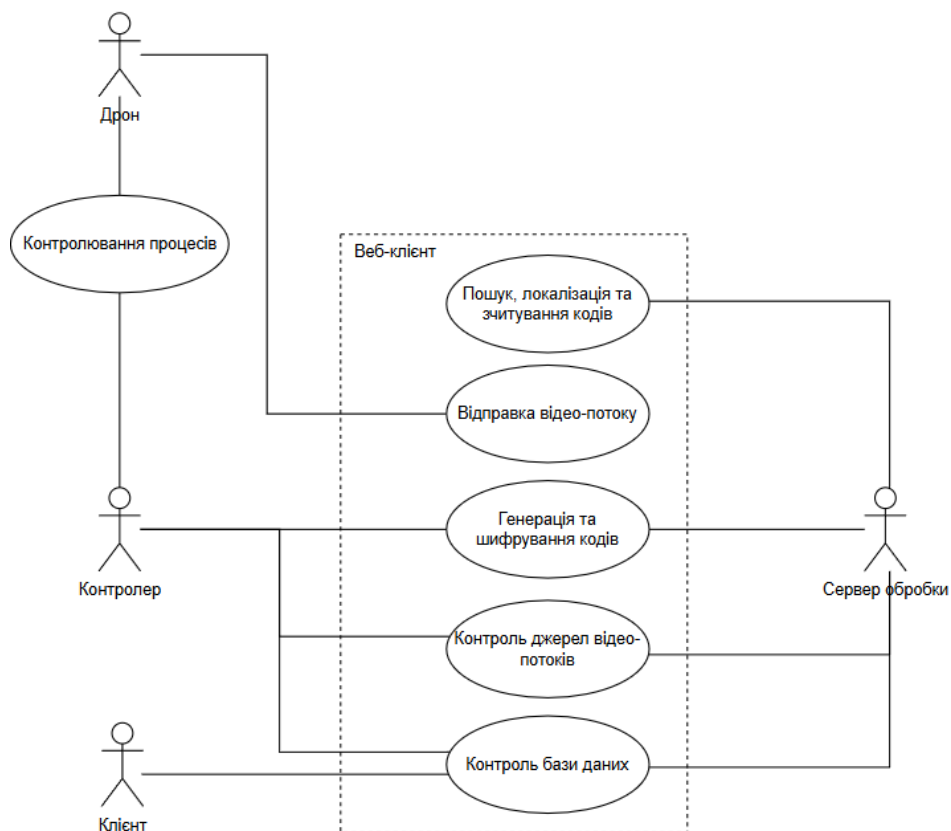


Рис. 3.1. Діаграма варіантів використання

В системі взаємодіють чотири основних актори – Дрон (для переміщення по території та скану оточення і товарів), Контролер (користувач, який спостерігає та контролює процеси), Сервер обробки (актор, що виконує обробку запитів) та Клієнт (користувач чи зовнішня інтеграція, які взаємодіють з базою).

Дрон (фізичний пристрій, обладнаний камерою та WiFi модулем) контролювано переміщається по території і проводить скан оточення з надсиланням відео-потoku на Сервер обробки.

Контролер взаємодіє з Дроном для керування переміщенням та процесом інвентаризації напряду або через Сервер обробки. Також Контролер через веб-клієнт контролює збережену інформацію у базах даних, генерує QR-коди специфічного формату і створює нові джерела відеопотоку.

Сервер обробки аналізує запити подані від усіх інших учасників. В першу чергу Сервер аналізує відео-потік, проводить пошук та локалізацію кодів, використовуючи модуль Штучного інтелекту, та проводить зчитування і дешифрування кодів. Зчитані коди аналізують та зберігаються у базі даних інвентаризації. Також фрейми відео-потoku надсилаються на веб-клієнт для трансляції зображень.

Сервер обробки надає доступ до взаємодії з базою даних, реалізуючи чотири основних механізми - Створення, Читання, Модифікації та Видалення даних з бази. Також Сервер пропонує програмний інтерфейс для взаємодії зовнішніх Клієнтів з базою інвентаризації, виконуючи такі дії як додавання чи забирання товарів з системи обліку.

І, наостанок, Сервер реалізує інтерфейс створення спеціального формату кодів, які захищені шифруванням та запускають спеціальну обробку при зчитуванні їх Сервером через Дрона.

3.2.Проектування архітектури системи

Загальна схема архітектури системи з основними сутностями (рис. 3.2), що будуть виконувати поставлені функціональні вимоги.

Описана система побудована з використанням клієнт-серверної веб-архітектури, де клієнти виступають в ролі джерела інформації (відео-поток, тобто дрони з мікроконтролером) чи користувача функціоналом (веб-інтерфейс чи програмний інтерфейс (API)); а сервер, обладнаний основними обчислювальними здатностями, проводить обробку запитів.

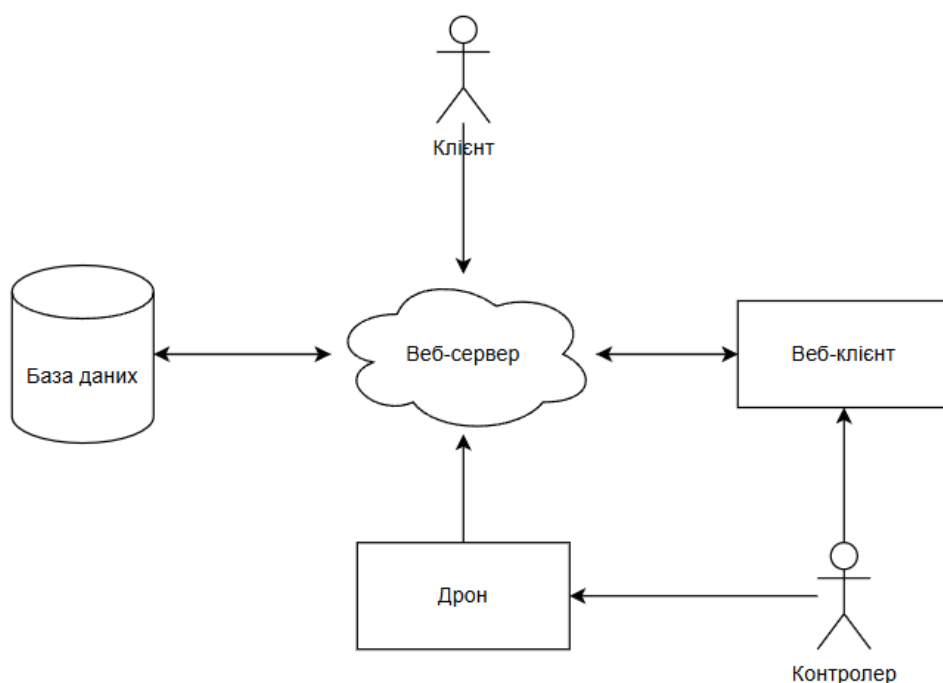


Рис. 3.2. Схема системи

Узагальнено, систему можна розділити на чотири складові:

- веб-сервер, який виконує основні процеси обробки даних;
- веб-клієнт, який надає інтерфейс доступу та контролю системою;
- дрон, який проводить трансляцію відео-поток до веб-серверу;
- база даних, в яку записується облік товарів та основні сутності системи.

Така система забезпечує гнучкість розгортання та обробки, легкість масштабування та реалізацію основних функціональних вимог системи автоматизації інвентаризації.

В клієнт-серверній архітектурі сервер виступає ключовим механізмом обробки та зберігання даних. В системі автоматичної інвентаризації він повинен:

- надавати інтерфейс по контролю обліку товарів;
- реалізовувати систему розпізнавання та зчитування кодів, що ідентифікують товар;
- генерувати та зашифрувати QR-коди, які описують товар;
- транслювати відео-потік з джерел передачі візуальних даних.

Структурна схема сервера (рис. 3.3).

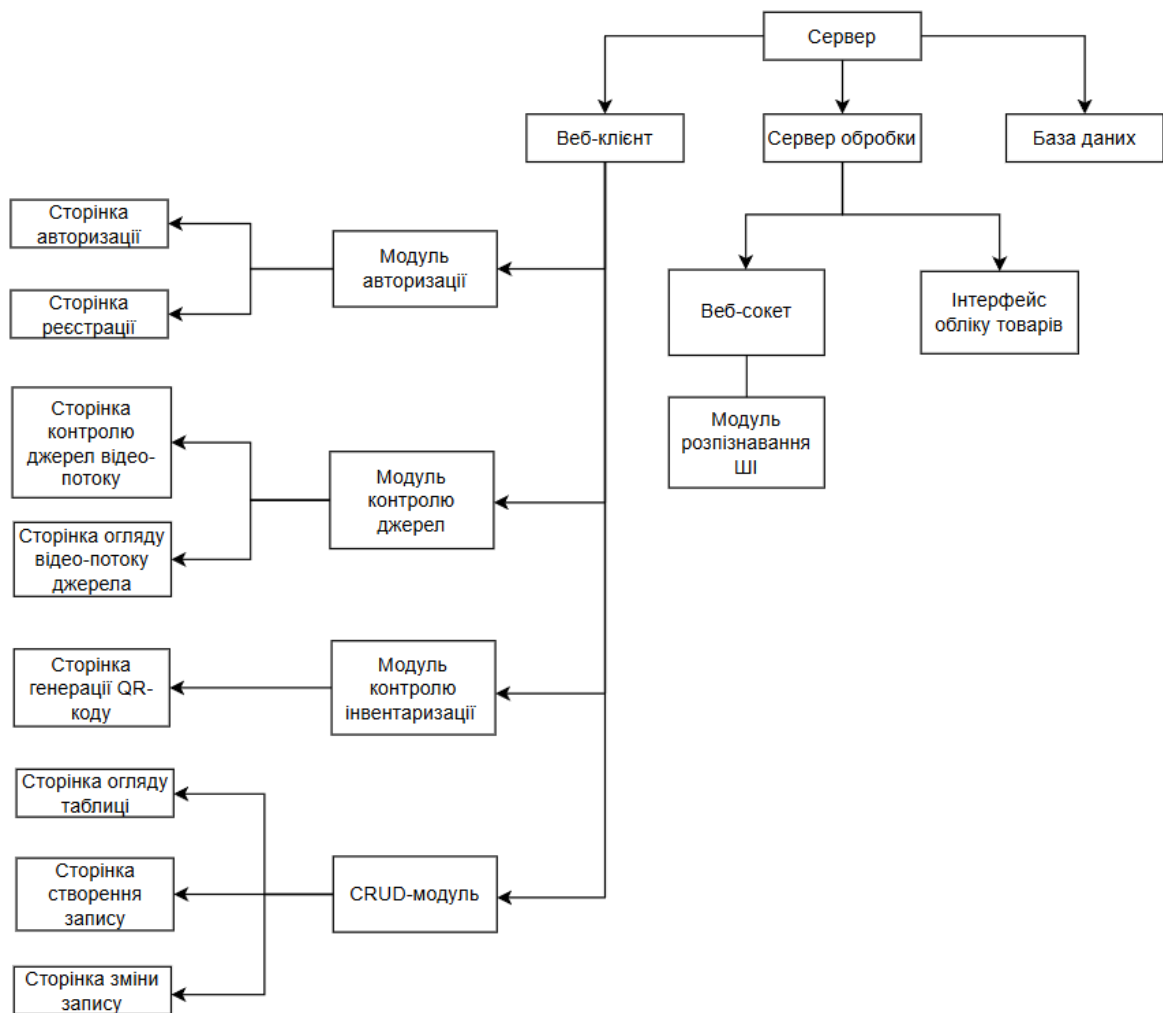


Рис. 3.3. Структурна схема сервера

По структурній схемі можна розглянути три основні компоненти.

Веб-клієнт виконує роль інтерфейсу для користувачів, дозволяє взаємодіяти з базою даних та генерувати QR-коди. Доступ до веб-клієнта контролюється модулем авторизації, що забезпечує достатній захист до функціоналу системи.

Сервер обробки надає програмний інтерфейс для взаємодії з базою даних та зовнішніх інтеграцій з основною системою, обробляє відео-потік, використовуючи нейронну мережу для локалізації штрих- та QR-кодів, розшифровує та обробляє код ідентифікації. В якості підходу по передачі відеопотоку в режимі реального часу буде використовуватися протокол WebSocket, який забезпечує безперервний двонаправлений мережевий зв'язок в режимі реального часу для веб-сервера та клієнтів.

База даних забезпечує основне сховище системи обліку товарів та системної інформації.

Описані функціональні вимоги до системи інвентаризації вимагають впровадження процесів зберігання даних. Основним механізмом, що реалізує таку потребу системи, буде виступати реляційна база даних. Для виконання функціональних вимог є потреба у створенні чотирьох таблиць.

Таблиця users зберігає інформацію про користувачів системи, їх права доступу та стан. Детальний опис її структури наведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Опис структури таблиці users

Назва поля	Тип даних	Опис
id	Integer	Унікальний ідентифікатор користувача
name	String(80)	Ім'я користувача
password	String(300)	Хешований пароль користувача
valid	Boolean	Статус активності користувача
admin	Boolean	Ознака адміністратора

Таблиця sources зберігає інформацію про джерела відеопотоку. Детальний опис її структури наведений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Опис структури таблиці sources

Назва поля	Тип даних	Опис
id	Integer	Унікальний ідентифікатор джерела
name	String(80)	Назва джерела
access_token	String(300)	Токен доступу передачі даних через веб-сокет
valid	Boolean	Статус активності джерела
type	String(30)	Тип джерела (для визначення особливостей обробки даних при передачі)
date	DateTime	Дата створення
allowed_users	String(100)	Перелік ідентифікаторів користувачів (users.id), що мають право на доступ до джерела у веб-клієнті (у форматі id1;id2;...)

Таблиця items зберігає актуальну інформацію про товари, їх опис та кількість на складі. Детальний опис її структури наведений у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Опис структури таблиці items

Назва поля	Тип даних	Опис
id	Integer	Унікальний ідентифікатор товару
code	String(100)	Унікальний код товару
description	Text	Опис товару
amount	Integer	Кількість товару в наявності
date	DateTime	Дата створення

Таблиця records зберігає інформацію про дії, виконані над товарами (такі як додання). Детальний опис її структури наведений у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Опис структури таблиці records

Назва поля	Тип даних	Опис
uid	Integer	Унікальний ідентифікатор запису
item_code	String(100)	Код товару (посилання на items.code)
source_id	Integer	Ідентифікатор джерела (посилання на sources.id)
amount	Integer	Кількість товару, пов'язана із записом
type	String(30)	Тип джерела (для визначення особливостей обробки даних при передачі)
date	DateTime	Дата створення запису

Взаємозв'язки таблиць (foreign keys):

- records.item_code → items.code (зв'язок між записами і товарами).
- records.source_id → sources.id (зв'язок між записами і джерелами).

Така структура бази дозволяє ефективно відстежувати товари, контролювати джерела потоків та управління доступом.

Однією з важливих складових системи є джерела передачі даних (дрони), які реалізують задачу автоматизації інвентаризації завдяки своїй технічній спроможності. Переміщення дрона в просторі повинно бути реалізоване через алгоритми навігації, які дозволяють йому обстежувати задану територію під керівництвом контролера. Для забезпечення точності передачі та виконання основних функцій дрон має підтримувати функції стабілізації польоту та уникнення перешкод.

Збір візуальної інформації здійснюється через модуль камери, що передає відео-потік у реальному часі на сервер обробки. Камера повинна бути налаштована для якісної зйомки, достатньої для розпізнавання штрих-кодів, QR-кодів та інших маркерів.

Канал передачі зображень проводиться через WiFi модуль, що повинен забезпечити стабільне та безпечне з'єднання з сервером за протоколом WebSocket. Дрон має автоматично встановлювати зв'язок із сервером у разі короткочасної втрати сигналу. Також передача відео-потіку через WebSocket повинна бути оптимізована для мінімізації затримок і збереження оригінальної якості зображення.

3.3.Опис програмних рішень системи

Створення сервера для системи інвентаризації проводилось з використанням мови програмування Python та веб-фреймворку Flask. Для проведення обміну даних під протоколом WebSocket використовувалась програмна бібліотека socketio. Код сервера знаходиться в Додатку Б.

Модуль веб-клієнта відповідає за обробку REST-запитів, які надходять на веб-сервер. Для їх опрацювання створені серверні функції, які приймають адресу та HTTP-метод як параметри. Після отримання запиту сервер визначає кінцеву точку доступу і викликає відповідну функцію для обробки запиту та формування результату.

Перша частина модуля включає функції для реєстрації та авторизації користувачів. Функція `register()` при отриманні GET-запиту повертає сторінку реєстрації, а у разі POST-запиту обробляє дані форми та реєструє нового користувача. Функція `login()` відповідає за авторизацію: для GET-запиту вона надає сторінку авторизації, а для POST-запиту виконує автентифікацію, записуючи дані в сесію браузера. Функція `logout()` реалізує механізм очищення сесії з кешу браузера та деавторизацію користувача. І функція `login_required(view)` реалізує дизайн програмування - декоратор, і проводить перевірку, чи користувач зареєстрований, перш ніж надати доступ до закритих сторінок веб-клієнта.

Після успішної автентифікації користувач отримує доступ до основного функціоналу веб-клієнта. Функція `view_sources()` відображає список усіх зареєстрованих джерел відеопотоку, дозволених для перегляду авторизованому користувачу, та надає інтерфейс доступу до операцій створення, редагування, перегляду і видалення обраних джерел. Функція `add_sources()` відповідає за додавання нових джерел. Тоді як функція `source_edit(sid)` при GET-запиті відображає сторінку зміни джерела, а при POST - застосовує вказані зміни та оновлює їх у базі. Функція `view(sid)` надає доступ до перегляду в режимі реального часу трансляції відеопотоку з дрону та відображені оброблених дані з кодів.

Сервер також надає функціональність управління базою даних через веб-клієнта, дозволяючи користувачам переглядати, редагувати та додавати дані в таблиці. Певний функціонал над базою даних у такому режимі доступні лише користувачам з адміністративними правами.

Функція `view_table(tname)` дозволяє переглядати вміст таблиці бази даних. При отриманні запиту сервер виконує SQL-запит для отримання всіх записів таблиці `tname`. Функція `edit_table(tname, id)` забезпечує зміну обраного запису в таблиці `tname` за ідентифікатором `id`. Якщо користувач не має адміністративних прав - його доступ на зміну заборонений. При отримання запиту POST методу, функція бере дані з форми, обробляє їх (наприклад, хешує пароль або конвертує логічні значення) і зберігає ці зміни для відповідного запису бази даних. У разі успішної операції зміни зберігаються, і користувач отримує повідомлення про успіх. У разі некоректних даних виводиться відповідне повідомлення про помилку. Для GET-запитів функція повертає сторінку редагування.

Функція `insert_into_table(tname)` відповідає за додавання нових записів до таблиці `tname` і є доступною тільки для адміністраторів. У разі отримання POST-запиту функція зчитує дані з форми, проводить їх валідацію (наприклад, хешування пароля або обробку логічних значень) та додає його до бази даних. Для GET-запитів функція відображає форму для додавання нового запису.

Також сервер реалізує функції створення QR-кодів для товарів, щоб надалі дозволити їх автоматизоване зчитування, а також обробки підключень і передачі даних через WebSocket протокол для взаємодії із джерелами даних - дронами. Кожне повідомлення отримане через WebSocket перевіряється на аутентифікацію за допомогою токенів доступу.

Функція `create_qr()` відповідає за відображення сторінки для створення QR-коду. При отриманні GET-запиту вона повертає шаблон `create_qr.html`, який містить поля для коду (`code`) та кількості (`amount`) товару, необхідних для генерації QR-коду. При отриманні POST-запиту - передає дані з форми у функцію генерації коду і повертає його у вигляді зображення.

Функція події `connect(sid, environ, auth, **kwargs)` викликається при встановленні нового з'єднання WebSocket. Вона перевіряє наявність аутентифікаційного токена в отриманих даних `auth` або заголовках запиту (`HTTP_AUTHORIZATION`). З'єднання з клієнтом завершується, якщо токен відсутній або невалідний. У разі успішної перевірки клієнту повертається повідомлення з токеном авторизації.

Функція події `send(sid, data)` обробляє отримані дані від клієнта. Спочатку перевіряється валідність токена, переданого у даних. І якщо він некоректний, з'єднання завершується. У разі успіху функція викликає функцію `process_image(data, source)` для обробки отриманих даних. Результати обробки надсилаються веб-клієнту у відповідь через подію `response` з трансляцією зображення та передачею зчитаних даних. І після цього знову ініціюється передача даних з мікроконтролером через подію `send_data`.

Функція події `join(sid, data, **kwargs)` забезпечує приєднання клієнта до кімнати, ідентифікованої токеном. Це дозволяє групувати клієнтів, які взаємодіють із одним і тим самим джерелом даних, для подальшого керування їхніми з'єднаннями та потоками даних.

Сервер при отриманні даних з веб-сокетів реалізує обробку зображень, виявлення QR-кодів, їх декодування та обробку даних, що містяться в QR-кодах. Він також забезпечує шифрування та дешифрування даних для генерування та розшифровки

QR-кодів. І він взаємодіє з базою даних для збереження інформації з QR-кодів та оновлення відповідних записів.

Функція `encode_image(image)` приймає зображення у вигляді масиву пікселів та повертає його закодоване у форматі Base64. Ця функція використовується для передачі зображень у текстовому форматі для подальшої трансляції на веб-клієнтів.

Функція `decode_image(encoded_image, from_base=True)` виконує декодування зображення з формату Base64 у масив пікселів. Якщо параметр ``from_base`` встановлений у ``True``, зображення спочатку декодується з Base64. Ця функція дозволяє обробляти закодовані зображення, отримані з клієнтської частини. У випадку значення `False` - зображення зчитується у байтовий буфер.

Функція `process_code(encoded_data)` розшифровує дані за допомогою симетричного шифрування та намагається зчитати JSON-дані. У разі успішного зчитування даних, вони обробляються для оновлення або створення відповідних записів у таблицях `records` та `items`. У випадку помилки JSON-декодування код передається як одиничний товар у базу даних.

Функція `generate_qr_code(data)` приймає дані у форматі JSON, шифрує їх та генерує QR-код на основі цих даних для його подальшого відображення у веб-клієнті.

Функція `process_image(data, source)` обробляє вхідні зображення. Вона розшифровує отримане зображення, враховуючи, чи воно закодоване в залежності від типу джерела. Після цього використовується детектор QR-кодів з використанням нейронної моделі для знаходження QR-кодів у зображенні. Для кожного виявленого QR-коду визначаються його координати, далі вони декодуються, і результати декодування передається на обробку функцією `process_code`. Після обробки зображення масштабується до розміру 640x480, кодується у формат Base64 та повертається разом із токеном доступу для подальшої трансляції на веб-клієнті.

Логіка роботи функцій отримання події `send` з WebSocket від мікроконтролера, його подальша обробка в функції `process_image` та `process_code` зображена на блок-схемі додатку Г1.

Програмування дрону для взаємодії виконувалось з використанням мови програмування C та таких бібліотек як ArduinoJson (для обробки JSON структури), SocketIOclient (для взаємодії з WebSocket серверу) та esp_camera (для використання модуля камери). Код мікроконтролера наведений у Додатку В. Блок-схема роботи контролера наведена у Додатку Г2.

Мікроконтролер виконує дві основні задачі - підключається до серверу через WebSocket для обміну даними та надсилає зображення при отриманні події `send_data`.

При запуску контролера виконується функція `setup()` з початковим налаштуванням середовища. А саме, вона ініціалізує монітор послідовного інтерфейсу, і запускає налаштування камери (через функцію `setupCamera`) - ініціалізується камера мікроконтролера ESP32. Вона конфігурує пін-коди для з'єднання з камерою, налаштовує частоту тактів і якість зображення. Якщо ініціалізація камери не вдається, контролер перезавантажується.

Далі додається точка доступу Wi-Fi з підключення до мережі за вказаними параметрами SSID та паролем. Після цього відбувається ініціалізація WebSocket-з'єднання з сервером за вказаними адресою та портом сервера. Для підключення додається додатковий заголовок авторизації з токеном автентифікації дрону. І налаштовується інтервал повторного підключення, якщо з сокетом буде втрачено з'єднання.

В основному циклі відбувається перевірка з'єднань WebSocket з обробкою таких подій та перевірка WiFi підключення з ініціалізацією повторного підключення у випадку втрати зв'язку.

Функція `socketIOEvent()` обробляє події від сервера. Дані обробляються з використанням бібліотеки ArduinoJson для отримання інформації про подію. Якщо подія має тип `"send_data"`, знімається зображення за допомогою камери, після чого воно відправляється через WebSocket у вигляді бінарних даних.

3.4.Опис візуального інтерфейсу

Розробка веб-клієнта проводилась з використанням розмітки HTML, стилів CSS та мови програмування JavaScript. Стилiстика дизайну реалiзувалась з використанням фреймворку Bootstrap. Веб-клієнт складається з таких сторінок - Реєстрації, Авторизації, Перегляд джерел, Редагування, CRUD сторінки бази, Генерації QR коду та Перегляду відео-трансляції.

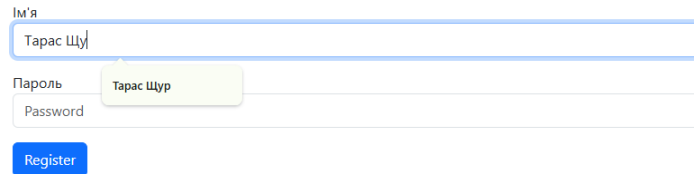
Сторінка Авторизації (рис. 3.4) з полями логіну та паролю, і кнопками Підтвердження та Реєстрації. У випадку, якщо клієнт не є авторизованим - інші сторінки, крім Реєстрації, будуть недоступні та автоматично перенаправлятися на сторінку Авторизації.

The screenshot shows the 'Inventory Management' header with 'Log In' and 'Register' buttons. The main heading is 'Login'. Below it are two input fields: 'Ім'я' (Name) with the value 'Тарас Щур' and 'Пароль' (Password) with masked characters. At the bottom are 'Submit' and 'Register' buttons.

Рис. 3.4. Сторінка Авторизації

Сторінка Реєстрації (рис. 3.5), яка схожа по вигляду до сторінки Авторизації з двома полями.

Register



Registration form with two input fields and a button:

- Field 1: Label "Ім'я" (Name), value "Тарас Щур".
- Field 2: Label "Пароль" (Password), value "Тарас Щур".
- Button: "Register".

Рис. 3.5. Сторінка Реєстрації

При успішній авторизації клієнта направить до сторінки Перегляду джерел (дрону), яка складається з переліку доступних джерел, інформації про них, кнопок для їх редагування та видалення і кнопки додавання нового джерела. Зовнішній вигляд сторінки Перегляду джерел (рис. 3.6).

Available sources:

Source Laptop
Type: encoded
Created at 2024-12-19 23:04:53



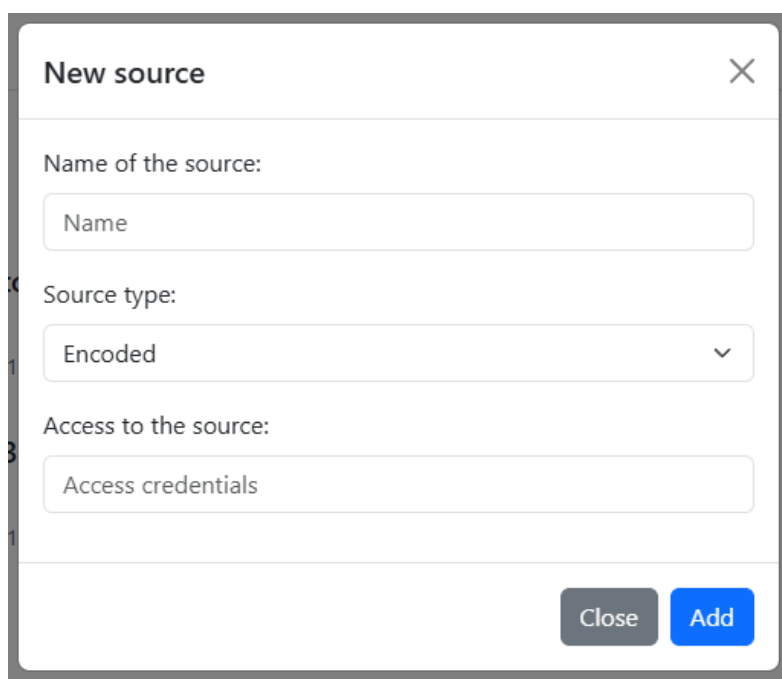
Source ESP32
Type: binary
Created at 2024-12-19 23:04:53



 Add new source

Рис. 3.6. Сторінка Перегляду джерел

Вікно Створення джерела (рис. 3.7) з полями назви, типу передачі зображення (байтовий чи закодований) і токenu доступу.

A dialog box titled "New source" with a close button (X) in the top right corner. It contains three input fields: "Name of the source:" with a placeholder "Name", "Source type:" with a dropdown menu showing "Encoded", and "Access to the source:" with a placeholder "Access credentials". At the bottom right, there are two buttons: "Close" (grey) and "Add" (blue).

New source

Name of the source:

Name

Source type:

Encoded

Access to the source:

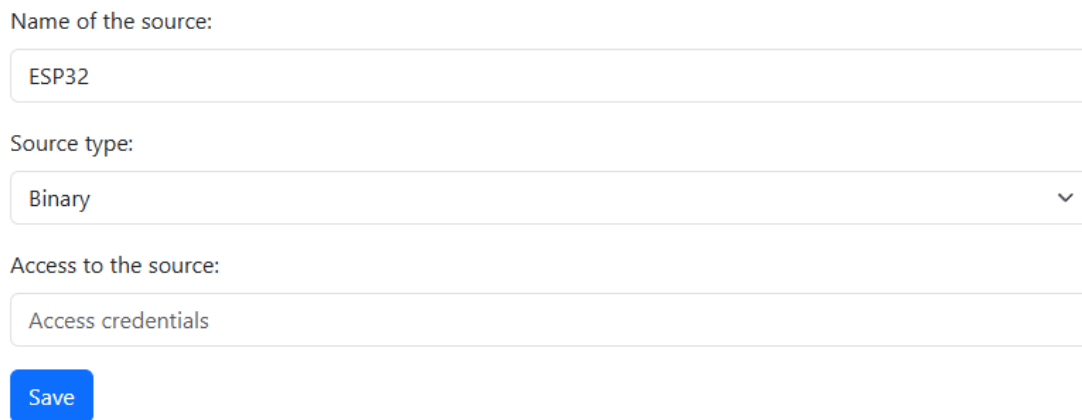
Access credentials

Close Add

Рис. 3.7. Вікно Створення джерела

Рисунок 3.8 демонструє сторінку Зміни джерела з полями Назви, Типу і Токена доступу до джерела.

Edit source

A form titled "Edit source" with three input fields: "Name of the source:" with the value "ESP32", "Source type:" with a dropdown menu showing "Binary", and "Access to the source:" with the value "Access credentials". At the bottom left, there is a blue "Save" button.

Name of the source:

ESP32

Source type:

Binary

Access to the source:

Access credentials

Save

Рис. 3.7. Сторінка Редагування джерела

Рисунок 3.8 зображає трансляцію відео-потoku з дрону з розпізнаванням коду. Знайдений код обводиться візуальною рамкою для кращого розуміння Контролера, і також справа в блоці додається зчитана інформація з записом у базу даних.



Рис. 3.8. Сторінка трансляції відеопотоку з дрона

Сторінка CRUD контролю таблиці Базы даних зображено (рис. 3.9). Таблиця відображає всі збережені елементи, можливість створення нових чи зміни існуючих.

Inventory Management

[Users](#) [Sources](#) [Items](#) [Records](#) [Generate QR](#)

Log out

id	name	access_token	valid	type	date	allowed_users	EDIT
1	Laptop	bee42f3be93wer3ed8102309c230ce57c	1	encoded	2024-12-19 23:17:14	1	✎
2	ESP32	ttrk2j3k423kjk2342j3h2k34hk2	1	binary	2024-12-19 23:17:14	1	✎

[➕ Insert new data](#)

Рис. 3.9. Сторінка CRUD контролю

Зовнішній вигляд сторінки генерації QR-коду (рис. 3.10).

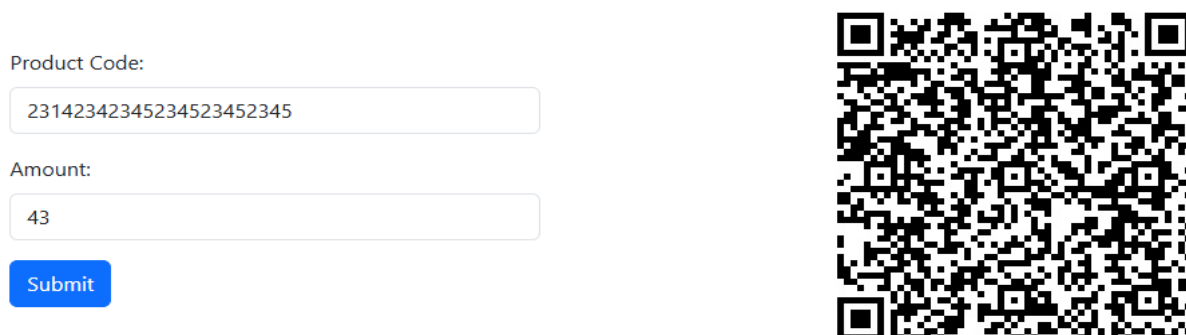


Рис. 3.10. Сторінка генерації QR

Сторінка складається з двох блоків - в лівому знаходиться форма для заповнення даних про товар для подальшого його обліку системою, в правій - зображення згенерованого QR-коду, сформованого по формату системи та закодованого. При надсиланні даних на створення QR-коду, клієнт формує запит та динамічно відображає згенерований QR на сторінці.

3.5.Висновок

Система є сучасним та ефективним рішенням для автоматизації інвентаризації, поєднуючи передові апаратні та програмні компоненти. Дрон Meteor75 із мікроконтролером ESP32-CAM забезпечує збір даних і бездротову передачу, дозволяючи сканувати інвентар у реальному часі завдяки стабільному польоту, уникненню перешкод і високоякісному відео.

Архітектура системи базується на клієнт-серверній моделі. Сервер, розроблений на Python з використанням Flask, виконує обробку даних, управління базою та функції автентифікації, обробки QR-кодів і відеотрансляцій через WebSocket. Веб-клієнт на HTML, CSS і JavaScript забезпечує зручний інтерфейс для реєстрації, авторизації, управління даними та потокового відео.

Мікроконтролер дрона підтримує стабільне WebSocket-з'єднання та передає зображення до сервера.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Запропоновані рішення в кваліфікаційній роботі передбачають активне використання сучасних безпілотних засобів, програмного забезпечення для обробки даних, алгоритмів виявлення і розпізнавання кодів. У зв'язку з цим особливу увагу слід приділити дотриманню вимог охорони праці та техніки безпеки під час тестування та експлуатації системи.

Охорона праці охоплює комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, спрямованих на захист здоров'я, життя та продуктивності працівників у процесі їхньої робочої діяльності. У межах теми забезпечення охорони праці є важливою задачею. Практична реалізація цього проєкту вимагає використання технологій, таких як безпілотних засобів, тому важливо приділяти увагу безпеці працівників під час експлуатації обладнання. Умови праці повинні відповідати чинним нормативним вимогам і гарантувати безпеку під час роботи з дронами.

Особливе значення має безпека технологічних процесів. Дрони, які використовуються для інвентаризації, оснащені модулями камери, що вимагає створення умов для уникнення ризиків для працівників у випадку несправностей, збою програмного забезпечення або аварійної посадки дронів. Дотримання ергономічних стандартів та підтримка оптимальних параметрів мікроклімату, зокрема у складських приміщеннях, де використовуються дрони та серверне обладнання, є вкрай важливими. Робочі місця повинні відповідати стандартам, зокрема НПАОП 0.00-7.15-18, який регламентує безпеку працівників при роботі з екранними пристроями, та ДБН В.2.5-28:2018, що визначає вимоги до природнього та штучного освітлення.

Іншою важливою складовою є електробезпека охорони праці. Усі електричні мережі, які забезпечують живлення серверів і зарядних станцій для дронів, повинні бути організовані як трипровідні мережі з обов'язковим заземленням пристроїв. Усі

електричні пристрої обладнані захистом від короткого замикання та перевантажень, а лінії електроживлення виконані з матеріалів, що мають негорючу ізоляцію. Це дозволяє значно знизити ризики, пов'язані з електроживленням. Оскільки дрони, які використовуються для інвентаризації, є джерелом підвищеної небезпеки, тому потрібно дотримуватися наступних правил. Заряджання батарей повинно проводитися лише на спеціально обладнаних робочих місцях. Не допускається використання пошкоджених акумуляторів. Польоти дронів повинні виконуватися в зоні, ізольованій від сторонніх осіб, із дотриманням безпечної відстані.

Дотримання правил пожежної безпеки є обов'язковою умовою виконання проекту. Складські приміщення мають бути обладнані автоматичними системами пожежної сигналізації та пожежогасіння відповідно до вимог ДБН В.1.1-7-2016. Для мінімізації ризиків виникнення пожеж у серверних кімнатах, так і складських приміщеннях рекомендується використовувати теплові пожежні сповіщувачі та порошковими або вуглекислотними вогнегасниками, які є ефективними для електронного обладнання. У приміщеннях із великою кількістю комп'ютерного обладнання необхідно встановити аварійні вимикачі для швидкого відключення пристроїв.

Санітарно-гігієнічні умови також відіграють важливу роль. Усі робочі місця повинні забезпечувати оптимальні параметри мікроклімату, включаючи контроль температури, вологості. Це досягається за допомогою вентиляційних та кондиціонерних систем. Природне освітлення у складських приміщеннях забезпечується через прозорі вікна, з коефіцієнтом природного освітлення не менше 1,5%, як зазначено у ДБН В.2.5-28:2018. Для штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи.

Заходи безпеки при роботі з дронами включають заборону на самостійний ремонт обладнання, чи внесення змін. Використовуються виключно сертифіковані компоненти, що відповідають стандартам безпеки, що дозволяє мінімізувати ризики під

час проведення інвентаризації. Усі працівники проходять інструктажі з питань охорони праці перед початком роботи.

Якісна організація охорони праці гарантує безпечні та комфортні умови роботи для працівників. Це сприяє не лише збереженню їхнього здоров'я та працездатності, а й підвищує ефективність виконання завдань.

4.2. Надійність роботи автоматизованого розпізнавання кодів товарів в умовах надзвичайних ситуацій

Складські приміщення, де буде впроваджено автоматизовані системи розпізнавання кодів товарів, відіграють важливу роль у забезпеченні управління інвентаризацією. Ця система включає у себе дрони, системи камер, сервери для обробки даних та мережеве обладнання. Усі ці компоненти розташовані у складських приміщеннях, що формують інфраструктуру, обладнану системами енергопостачання, зв'язку та пожежної безпеки. Умови НС, таких як пожежі, затоплення, вибухи або природні катастрофи, створюють загрозу пошкодження цих систем і порушення нормальних умов життя та діяльності людей на об'єктах. Одну з основних ролей відіграє стійкість обладнання до впливу фізичних факторів, які супроводжують НС [23]. Сюди належать здатність будівель і споруд забезпечувати захист, а саме ефективність систем пожежогасіння, водовідведення та вентиляції, які допомагають мінімізувати ризики та надати захист обладнанню від механічних пошкоджень та нанесення ушкоджень людям. а також.

В загальному під надійністю роботи підприємств, розуміють їх можливість в умовах надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу проводити інвентаризацію в запланованому часі, а при незначних пошкодженнях відновлювати процеси в мінімальні терміни, надійність роботи такого підприємства складається із стійкості інженерно-технічного комплексу (будівель, споруд, систем енерго-, газо-, водозабезпечення, технологічного обладнання і т.п.). А також найдійності виробничої

діяльності (захист виробничого персоналу, надійність систем управління, постачання, поновлення роботи в найкоротші терміни).

Шляхи та засоби підвищення надійності роботи автоматизованих систем у НС включають:

- розміщення обладнання в захищених приміщеннях, забезпечених засобами протипожежного захисту;
- встановлення джерел безперебійного живлення для забезпечення роботи в умовах відключення електроенергії;
- проведення регулярних тренувань персоналу з управління системами у надзвичайних ситуаціях.

З метою забезпечення надійності роботи автоматизованих систем розпізнавання кодів у надзвичайних ситуаціях проводиться комплекс заходів цивільного захисту, спрямованих на зменшення ризиків руйнувань, підвищення захисту обладнання та створення умов для оперативного відновлення роботи. Також завчасно проводиться комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів цивільного захисту, спрямованих на забезпечення захисту населення і зменшення руйнувань, підвищення стійкості роботи об'єкту, створення необхідних умов для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Заходи щодо підвищення стійкості об'єктів господарювання здійснюються відповідно до норм проектування інженерно-технічних заходів цивільного захисту (ІТЗ ЦЗ). ІТЗ ЦЗ спрямовані на зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій (НС). Реалізація цих превентивних заходів дозволить: значно знизити ймовірність виникнення НС, зменшити витрати на ліквідацію НС, покращити рівень підготовленості працівників і службовців до реагування на НС.

Ці стандарти застосовуються під час проектування та будівництві будівель, енергетичних об'єктів та комунікацій для забезпечення безпеки та надійності. Заходи щодо зниження ризику НС поділяються на етапи: проектування, будівництво, експлуатація та виведення з експлуатації, при цьому найбільш ефективними є етапи

проектування та будівництва. Зміни до регіональних і місцевих правил забудови вимагають обов'язкового включення вимог ІТЗ ЦЗ в проектну та містобудівну документацію, а також призначення фахівців для контролю за їх реалізацією.

Розділ «Інженерно-технічні заходи ЦЗ» є основним документом, який визначає заходи для захисту населення та територій, зменшення матеріальних збитків від НС, а також від загроз, пов'язаних із військовими діями і терористичними актами. Реалізація вимог ІТЗ ЦЗ є ключовою складовою управління ризиками НС та забезпечує ефективну роботу Єдиної державної системи цивільного захисту.

У випадку надзвичайних ситуацій, таких як вибухи, стійкість об'єкта господарювання є важливим фактором для забезпечення безперервної роботи систем автоматизованого розпізнавання кодів товарів. Одним із основних параметрів, що визначає вплив вибуху на об'єкт, є надмірний тиск ударної хвилі. Визначення граничного значення цього тиску, за якого об'єкт може зберегти працездатність без суттєвих ушкоджень, є критичним для планування системи захисту [24].

Залежно від величини надмірного тиску, який об'єкт зазнає під час вибуху, можна оцінити його стійкість. Якщо максимальний надмірний тиск не перевищує межу стійкості об'єкта, він залишатиметься функціональним і забезпечить правильне виконання процесів, таких як автоматизоване сканування товарів. У разі, якщо тиск перевищує цю межу, необхідно вжити додаткових заходів для мінімізації шкоди та забезпечення роботи системи в умовах НС.

Оцінка стійкості включає визначення максимального надмірного тиску, який може бути очікуваний на об'єкті, з урахуванням таких факторів, як потужність вибуху та його тип, а також відстань до місця вибуху. Врахування цих показників дозволяє правильно розрахувати ступінь впливу на об'єкти автоматизованого розпізнавання товарів і вчасно вжити заходів для їх захисту, щоб забезпечити стабільну роботу навіть у складних умовах надзвичайних ситуацій.

4.3. Висновок

У результаті аналізу забезпечення роботи автоматизованого розпізнавання кодів товарів у надзвичайних ситуаціях визначено основні методи захисту інфраструктури об'єктів, зокрема складських приміщень, дронів та серверів. Встановлено, що надійність роботи залежить від інженерно-технічного стану, протипожежних систем, електробезпеки.

Запропоновано заходи для підвищення надійності: використання захищених приміщень, резервне живлення, тренування персоналу, виконання вимог ІТЗ ЦЗ та встановлення пожежогасіння. Проведена оцінка впливу надзвичайних ситуацій дозволяє визначити критичні параметри для захисту систем.

ВИСНОВКИ

В даному дослідженні проводився детальний аналіз та створення робочого прототипу автоматизованої системи управління інвентаризації, яка базується на основі на інтеграції технології дронів та алгоритмів комп'ютерного зору.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було:

Проаналізовано дослідження у сфері застосування дронів та автоматизованих технологій розпізнавання кодів для управління інвентаризацією та існуючі методи автоматичного розпізнавання візуальних кодів таких як QR-кодів, штрихкодів, з метою можливості їх інтеграції в системи дронів.

Здійснено порівняльний аналіз алгоритмів і засобів автоматизованого розпізнавання кодів у контексті інвентаризації із застосуванням дронів та запропоновано використання методів комп'ютерного бачення, таких як моделей YOLOv8.

Розроблено архітектуру інтегрованої системи, що поєднує технології дронів із сучасними алгоритмами автоматизованого розпізнавання кодів, вирішуючи задачі масштабної інвентаризації в режимі реального часу з підвищеною точністю.

Запропоновано практичну реалізацію системи здійснювати, використовуючи легкий дрон Meteor75, обладнаним модулем ESP32-CAM і камерою OV2640, що дає змогу ефективно маневрувати у малих приміщеннях складів, а система камери забезпечує хорошу якість зображення для подальшої обробки, такої як виявлення об'єктів коду товару та їх подальшого декодування.

Розроблено прототип системи для управління інвентаризацією, що базується на дронах, автоматизованих технологіях розпізнавання та сучасних програмних інструментах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Програма та методичні рекомендації з проходження практики за тематикою кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ. 2024. 45 с.
2. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. 2024. 44 с.
3. Варавін А.В., Лецишин Ю.З., Чайковський А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «дослідження і проєктування комп'ютерних систем та мереж» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 32 с.
4. Щур Т.М., Осухівська Г.М. Використання штучного інтелекту для систем розпізнавання в інтернеті речей. V міжнародної науково-практичної конференція учених та студентів «Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства» / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя. Тернопіль, 2024. с. 131.
5. Щур Т.М., Осухівська Г.М. Ефективне управління інвентарем за допомогою дронів і штучного інтелекту. с. 111.
6. Muller, Max. Essentials of inventory management. HarperCollins Leadership, 2019. 272 pages.
7. Ivanov, Dmitry, et al. Inventory management. Global Supply Chain and Operations Management: A Decision-Oriented Introduction to the Creation of Value, 2021, p. 385-433.

8. Madamidola, Olugbenga Ayomide, et al. A Review of existing inventory management systems. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, 2024, 12.9: p. 40-50.
9. Ibrahim, Ag Asri Ag, et al. Review and analyzing RFID technology tags and applications. In: 2019 IEEE 13th international conference on application of information and communication technologies (AICT). IEEE, 2019. p. 1-4.
10. Christoph Roser. How IKEA Uses Drones for Inventory Management. In: *AllAboutLean.com* (July 2022). p. 9.
11. Chandra, Mayank Arya; BEDI, S. S. Survey on SVM and their application in image classification. *International Journal of Information Technology*, 2021, 13.5: p. 1-11.
12. Ugbebor, Friday; ADETEYE, Michael; Ugbebor, John. Automated Inventory Management Systems with IoT Integration to Optimize Stock Levels and Reduce Carrying Costs for SMEs: A Comprehensive Review. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS)* ISSN: 3006-4023, 2024, 6.1: p. 306-340.
13. Kazerouni, Iman Abaspor, et al. A survey of state-of-the-art on visual SLAM. *Expert Systems with Applications*, 2022, 205: 117734. p. 5.
14. Ratnasingam, Sivalogeswaran. Deep camera: A fully convolutional neural network for image signal processing. In: *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops*. 2019. p. 20.
15. Zhou, Longfei; Zhang, Lin; Konz, Nicholas. Computer vision techniques in manufacturing. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2022, 53.1: p. 105-117.
16. Rodrigues, Tiago Koketsu, et al. Machine learning meets computation and communication control in evolving edge and cloud: Challenges and future perspective. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2019, 22.1: p. 38-67.
17. Alzubaidi, Laith, et al. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of big Data*, 2021, 8: p. 1-74.

18. Rabiah, Nur Nabila; Lindawati, Lindawati; Sarjana, Sarjana. Web-Based Laboratory Inventory Application Using QR Code and RFID in Telecommunication Engineering Laboratories/Workshops. Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika, 2022, 6.4: p. 2248-2261.
19. Yoon, Bohan, et al. 3D position estimation of drone and object based on QR code segmentation model for inventory management automation. In: 2021 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR). IEEE, 2021. p. 223-229.
20. Cristiani, Davide, et al. Inventory management through mini-drones: Architecture and proof-of-concept implementation. In: 2020 IEEE 21st International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks"(WoWMoM). IEEE, 2020. p. 317-322.
21. Huo, Lina, et al. Research on QR image code recognition system based on artificial intelligence algorithm. Journal of Intelligent Systems, 2021, 30.1: p. 855-867.
22. Diwan, Tausif; Anirudh, G.; Tembhurne, Jitendra V. Object detection using YOLO: Challenges, architectural successors, datasets and applications. multimedia Tools and Applications, 2023, 82.6: p. 9243-9275.
23. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
24. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок. Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. 150 с.

Додаток А

Тези конференцій

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя, Україна
Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна
Вінницький національний аграрний університет, Україна
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна
Донецький національний університет імені Василя Стуса, Україна
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, Україна
Аграрний університет ім. Гуго Коллонтая (Краків, Польща)
Економічний університет в Кракові, Польща
Варшавський Політехнічний Університет, Польща
Ягеллонський університет (Краків, Польща)
Вища школа бізнесу (Домброва Гурніча, Польща)

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

V міжнародної науково-практичної конференції
учених та студентів
**«ЦИФРОВА ЕКОНОМІКА ЯК ФАКТОР
ІННОВАЦІЙ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ
СУСПІЛЬСТВА»**

28-29 листопада 2024 року



ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА 2024

О. О. Гарматюк, В. М. Карп СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННИХ ПЛАТЕЖІВ 4.0: МИТТЄВІСТЬ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІННОВАЦІЇ	123
Й.Р. Кравець; В.Б. Савків РОБОТИЗАЦІЯ ЕКОНОМІКИ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗАГРОЗИ	126
А.С. Луговий, Є.Б. Тиш ВЕЛИКІ ДАНІ В ЛОГІСТИЦІ	127
В.А. Бражніков ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ БІЗНЕСУ	129
Т. Щур, Г.М. Осухівська ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ	131
Т.І. Патральський СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІ СИСТЕМИ	132
Н.М. Головецкий, Д.В. Дмитрів ІНТЕРНЕТ-РЕЧЕЙ В УПРАВЛІННІ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАННЯ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ	134
М. В. Гаврилов ВИЯВЛЕННЯ ЗАГРОЗ В ІОТ ПРИСТРОЯХ: ВИКЛИКИ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ	136
О. Р. Вергун, А. М. Паламар ІОТ-ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ: ІНТЕГРАЦІЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ І ХМАРНИХ ПЛАТФОРМ	138
М.І. Пашенко, М.В. Боляк ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ВИКЛИКІВ ПІД ЧАС ВІЙНИ В УКРАЇНІ	140
О.В.Бурденюк, О.А.Ковальчик ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ	143
В.О.Суховерша СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РОЗВИТКУ СТАЛОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ	146
N. Gavkalova, Y.Lola BOOSTING IT INNOVATIONS IN PUBLIC SECTOR OF UKRAINE	149
Н.Ю. Мариненко, А.П. Яворський ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ	152
О.В. Крайник, М.В. Приймак СУЧАСНІ УКРАЇНСЬКІ ХМАРНІ СЕРВІСИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ	154
А.О. Демиденко ВИКОРИСТАННЯ ШІ В АНАЛІТИЦІ БІЗНЕСУ	156

УДК 004.6

Т. Щур, здобувач вищої освіти

Г.М. Осухівська, канд.тех.наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

T. Shchur, higher education applicant

H.M. Osukhivska, Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

USAGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR RECOGNITION SYSTEMS IN THE INTERNET OF THINGS

Поєднання штучного інтелекту (ШІ) та Інтернету речей (IoT) проклало шлях до автоматизації великою кількістю раніше нерозв'язаних завдань, надаючи пристроям можливість збирати, обробляти та розуміти дані в режимі реального часу. Завдяки IoT різні фізичні пристрої та сенсори стають взаємопов'язаними, що дозволяє їм отримувати дані з навколишнього середовища та обмінюватися ними через мережі [1]. Такий постійний обмін даними створює безперервний потік інформації, який ШІ здатний обробляти для прийняття рішень, моніторингу систем і прогнозування можливих результатів.

У системах розпізнавання ШІ відіграє ключову роль у виявленні шаблонів у складних наборах даних, незалежно від того, чи виникають ці шаблони з простих одновимірних даних (сигнали датчиків), чи з більш складних форм як зображення. Такі архітектури моделей, як згорткові нейронні мережі (CNN) в задачах аналізу зображень і трансформери в задачах обробки послідовних даних, широко використовуються в IoT для виділення основних ознак із даних. Ці інструменти на основі ШІ дозволяють системам розпізнавання інтерпретувати візуальні дані, розпізнавати об'єкти або класифікувати шаблони з високою точністю та ефективністю [2].

Пристрої IoT є основою для цих систем розпізнавання, збираючи значні обсяги даних із різних середовищ. Дані, зібрані за допомогою сенсорів та камер, постійно обробляються та аналізуються, надаючи моделям ШІ вхідні дані в режимі реального часу для вирішення поставлених задач. У випадках, де не вимагаються складні комп'ютерні обчислення та ресурси, існує опція розгортання моделей ШІ на пристроях IoT, опускаючи необхідність у створенні клієнто-серверної архітектури мережі [1]. Загалом, така синхронізація між потоком даних IoT та обчислювальною потужністю ШІ дозволяє автоматизувати процеси в таких галузях, як охорона здоров'я, виробництво та транспорт — сферах, де необхідна масштабна інтерпретація даних.

Отже, системи розпізнавання на основі ШІ, що працюють на даних IoT, є важливим кроком в автоматизації безлічі раніше нерозв'язаних завдань. Алгоритми ШІ ефективно обробляють сирі дані, створених пристроями IoT, що дозволяє здійснювати точне розпізнавання шаблонів і приймати рішення в режимі реального часу в широкому спектрі застосувань. Це злиття ШІ та IoT продовжує підвищувати ефективність та стимулює інновації в автоматизованих системах.

Література

1. Singh, Aditya Pratap, Pradeep Tomar. AI and IoT capabilities: Standards, procedures, applications, and protocols. Artificial Intelligence to Solve Pervasive Internet of Things Issues, Academic Press, January 2021. 67-83.
2. Subhas Chandra Mukhopadhyay, et al. Artificial intelligence-based sensors for next generation IoT applications: a review, IEEE Sensors Journal, 21(22), 24920-24932, January 2021.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ім. ШЕВЧЕНКА**

МАТЕРІАЛИ

ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



18-19 грудня 2024 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2024**

С. Шиндеровський ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ЗАХИСТУ ДЛЯ СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ НА NODE.JS S. Shinderovskiy RESEARCH ON PROTECTION MECHANISMS FOR THE SERVER SIDE ON THE NODE.JS	109
В. Шендрюк, Ю. Парфененко, І. Захарченко РЕІНЖІНІРИНГ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ МІКРОМЕРЕЖАМИ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ V. Shendryk, Y. Parfenenko, I. Zakharchenko RE-ENGINEERING OF THE INFORMATION SYSTEM TO SUPPORT THE MANAGEMENT OF ENERGY MICROGRIDS WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES	110
Т. Щур ЕФЕКТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ІНВЕНТАРЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ І ІШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ T. Shchur, H. Osukhivska, EFFECTIVE INVENTORY MANAGEMENT USING DRONES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE	111
О. С. Юречко АНСАМБЛЕВІ МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ P. S. Yurechko ENSEMBLE METHODS OF MACHINE LEARNING	112
В. В. Юрчак ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ВІ-СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ ДАНИХ V. V. Yurchak TECHNOLOGIES OF BUILDING BI-SYSTEMS FOR BIG DATA ANALASYS	113
О. Ярема ЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ S-БЛОКІВ ТА ЇХ ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ O. Yarema PRACTICAL ASPECTS OF RESEARCH ON THE RESISTANCE OF S-BLOCKS TO DIFFERENTIAL CRYPTANALYSIS	114
СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ	
В. С. Бондаренко РОЗРОБКА ДОДАТКУ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЇ ПІД МОБІЛЬНІ ПРИСТРОЇ НА БАЗІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANDROID V. S. Bondarenko DEVELOPMENT OF A VIDEO BROADCASTING APPLICATION FOR MOBILE DEVICES BASED ON THE ANDROID OPERATING SYSTEM	115
І. Бородій, Г. Осухівська АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ I. Borodii, H. Osukhivska ARCHITECTURE OF A SOFTWARE SYSTEM FOR FORECASTING THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY	116
В. Бражніков АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСОБІВ ОПТИМІЗАЦІЇ CRM-СИСТЕМ ДЛЯ ЛОГІСТИКИ V. Brazhnikov RELEVANCE OF CRM SYSTEM OPTIMIZATION TOOLS FOR LOGISTICS	117

УДК 004.6

Т. Щур; Г. Осухівська, к.т.н, доцент

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕФЕКТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ІНВЕНТАРЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

UDC 004.6

T. Shchur; H. Osukhivska, Ph.D., Assoc. Prof.

EFFECTIVE INVENTORY MANAGEMENT USING DRONES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Поєднання технології дронів та штучного інтелекту, а саме систем розпізнавання, відкриває нові можливості для автоматизації систем інвентаризації, які раніше було виконати складніше. Системи з використанням штучного інтелекту дозволяють збирати, обробляти та аналізувати дані у режимі реального часу, що покращує системи управління процесом інвентаризації, що є важливим фактором для ефективного управління. Дрони забезпечуватимуть швидке та точне відстеження товарів на складах та їх ідентифікацію при використанні технологій розпізнавання для виявлення штрих-кодів і QR-кодів та їх читання. Ці системи використовують комп'ютерне бачення та алгоритми машинного навчання для ідентифікації, декодування та обліку товарів [1]. Завдяки цьому дрони можуть вільно переміщатися складським приміщенням для моніторингу товарів. Це зменшує потребу в безпосередній участі людини в процесах інвентаризації та мінімізує помилки.

Системи комп'ютерного бачення для виявлення об'єктів працюють шляхом розпізнавання шаблонів в сирих даних (значеннях пікселів для зображень). Такі системи використовують згорткові нейронні мережі (CNN), які здатні аналізувати зображення в режимі реального часу. При цьому в системах інвентаризації можуть бути використані для розпізнавання та класифікації кодів чи самих товарів на складі.

Окрім автоматизації пошуку товару для його ідентифікації та інвентаризації у системі, для ефективного управління інвентарем також можна автоматизувати чи оптимізувати процес формування маршрутів для дронів [2]. Представлення схеми топографії приміщень складу у вигляді графу, дозволить використовувати такі алгоритми як метод Дейкстри чи Беллмана-Форда у виборі найшвидшого (відповідно найменш енергозатратного) шляху переміщення. Це дозволяє дронам швидко охоплювати великі ділянки складу, точно оновлювати інформацію про наявний товар, що вагомо зменшує час на інвентаризацію та підвищує її точність.

Отже, системи управління інвентарем, що використовують дрони з технологіями розпізнавання та моделі штучного інтелекту, є великим кроком вперед у автоматизації процесів. Використання сучасних алгоритмів дозволяють розпізнавати об'єкти в режимі реального часу, будувати шлях переміщення дрону та керувати ним.

Література

1. Cho Hyeon, et al. 2D barcode detection using images for drone-assisted inventory management. In: 2018 15th International Conference on Ubiquitous Robots (UR). IEEE, 2018. p. 461–465.
2. Maweni, Thabisa; Setati, Tiro; Botha, Natasha. Optimized path planning of a UAV for inventory management applications. In: MATEC Web of Conferences 388, 04021, 2023.

Додаток Б

Блок-схеми

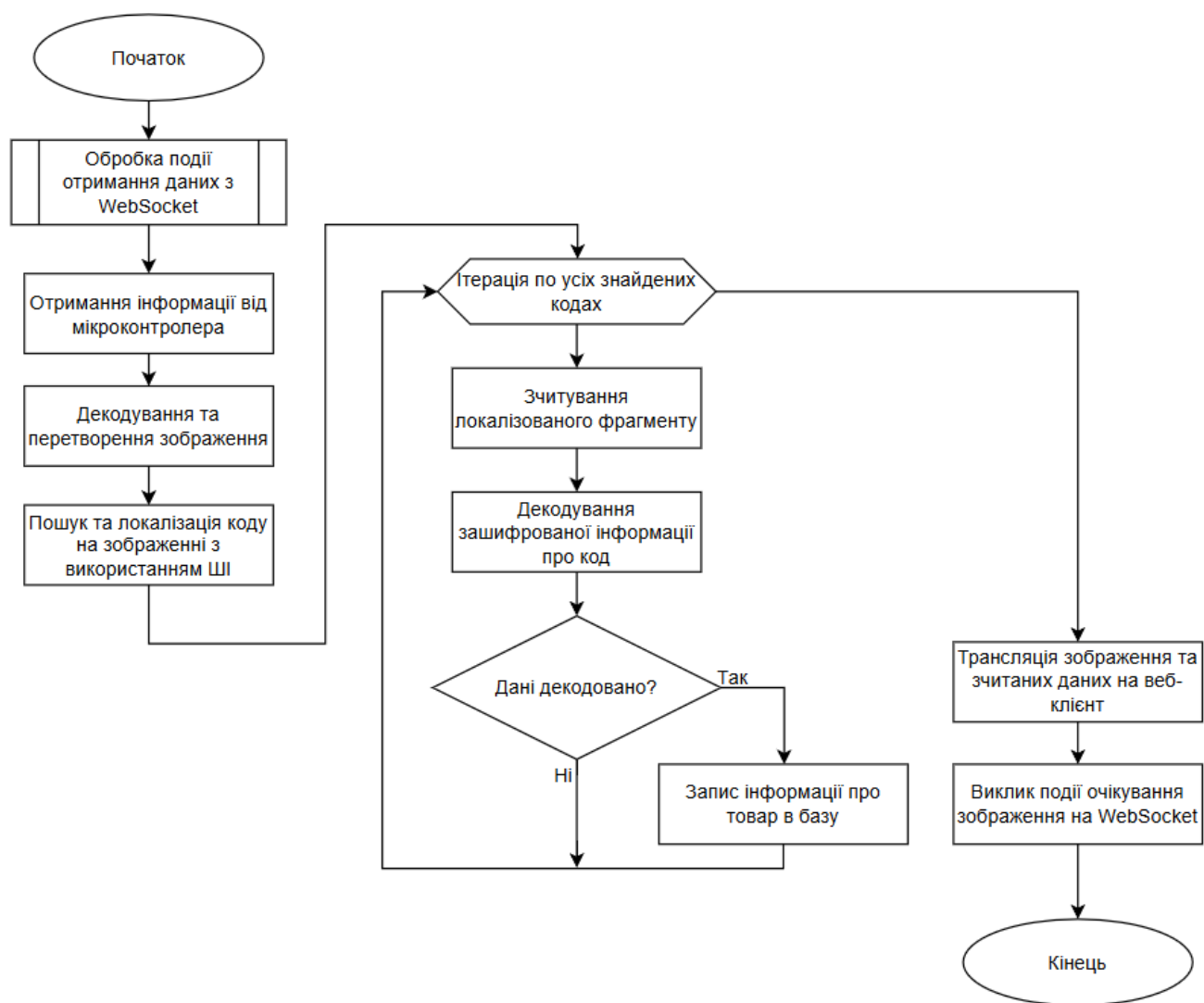


Рис. 1. Блок-схема обробки події отримання даних з WebSocket сервером

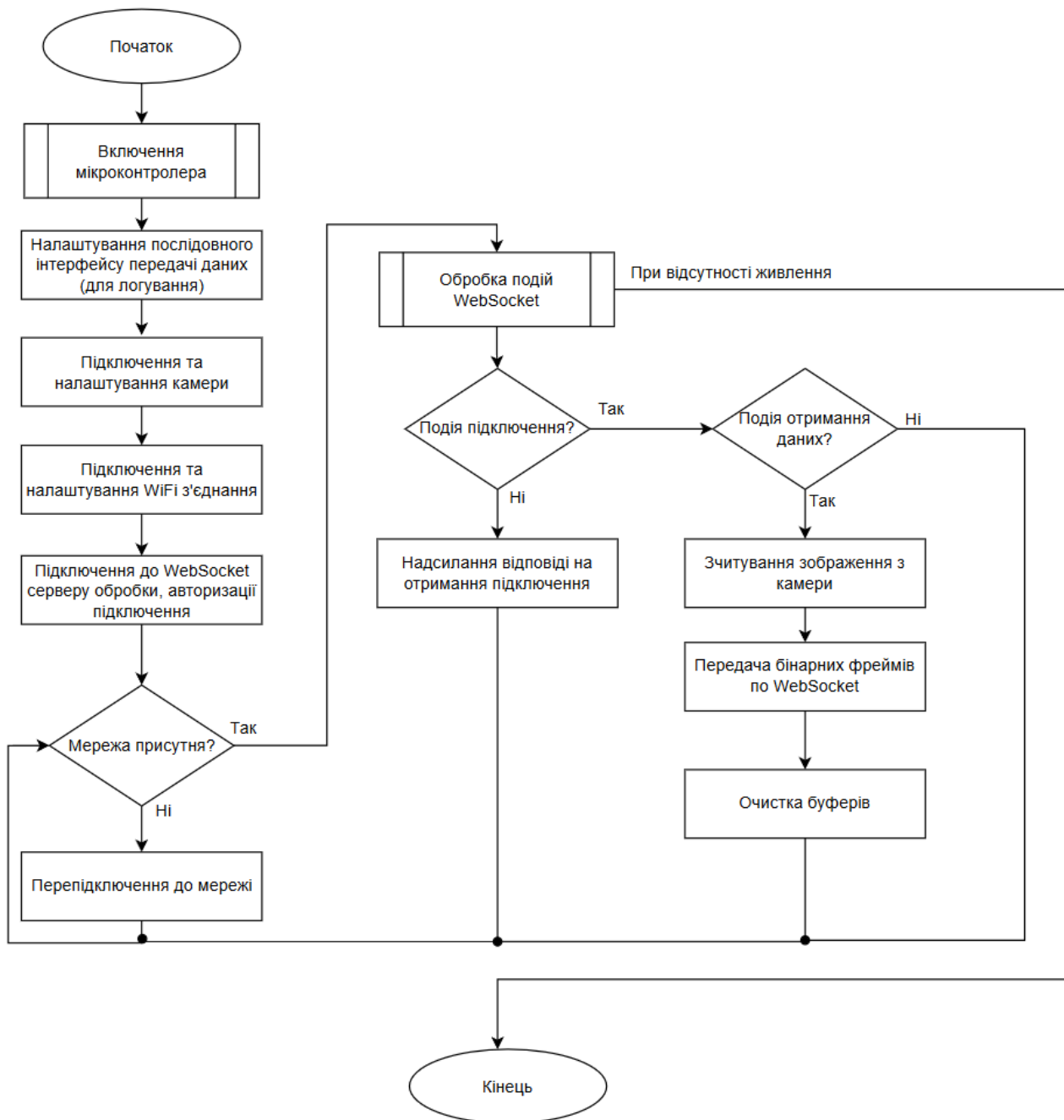


Рис. 2. Блок-схема роботи мікроконтролера