

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

THE USE OF LIGHT UAVS FOR WAREHOUSE AUTOMATISATION

A. Belyakov

Summary. The article is devoted to the topic of an innovative approach to processing data obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs). Unlike traditional solutions where computational operations are performed onboard, the proposed system shifts the main processing load to a ground-based personal computer. This approach significantly optimizes UAV design by reducing weight, power consumption, and onboard equipment complexity. A key advantage of the system is its cost-effectiveness. Since most computations are performed on the ground, there's no need for expensive high-performance onboard processors. This not only reduces UAV production costs but also enhances system reliability, as ground computers are easier to maintain and upgrade. Particular attention is paid to the fact that the proposed solution offers high adaptability. Ground software can be quickly updated with new image processing algorithms without requiring hardware modifications to the drones. This is particularly crucial for monitoring, mapping, and logistics applications where demands for data analysis accuracy and speed are constantly increasing. In the context of current socio-economic challenges facing the Russian Federation, implementing such technologies promotes import substitution and reduces dependence on foreign components. The system has already undergone successful testing, demonstrating its effectiveness in real-world conditions. Thus, transitioning to distributed data processing opens new prospects for UAV technology development, making it more accessible, reliable, and functional.

Keywords: multirotor UAV, quadcopter, drone, UAV, QR-code, image recognition.

Беляков Александр Андреевич

Аспирант, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет
аэрокосмического приборостроения»
kaf13belyakov@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена инновационному подходу к обработке данных, получаемых с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В отличие от традиционных решений, где вычислительные операции выполняются непосредственно на борту, предлагаемая система переносит основную нагрузку на наземный персональный компьютер. Такой подход позволяет значительно оптимизировать конструкцию БПЛА, снижая его массу, энергопотребление и сложность бортового оборудования. Одним из ключевых преимуществ системы является её экономическая эффективность. Поскольку большая часть вычислений осуществляется на земле, отпадает необходимость в дорогостоящих высокопроизводительных бортовых процессорах. Это не только уменьшает себестоимость БПЛА, но и повышает надёжность системы, так как наземные компьютеры проще обслуживать и модернизировать. Кроме того, предложенное решение обладает высокой адаптивностью. Наземное ПО можно быстро обновлять, добавляя новые алгоритмы обработки изображений без необходимости модификации аппаратной части дронов. Это особенно важно для задач мониторинга, картографии и логистики, где требования к точности и скорости анализа данных постоянно растут. В условиях современных социально-экономических вызовов, стоящих перед Российской Федерацией, внедрение подобных технологий способствует импортозамещению и снижению зависимости от зарубежных комплектующих.

Ключевые слова: БПЛА, БАС, мультироторный беспилотный летательный аппарат, квадрокоптер, QR-код, распознавание графической информации.

Введение

В настоящее время наблюдается значительный рост областей применения и отраслей промышленности, в которых применяются беспилотные авиационные системы (БАС) с мультироторными беспилотными аппаратами (БПЛА). К таковым относится в том числе и отрасль обеспечения логистики складов почтовых отправлений, продаваемых дистанционным способом товаров и контейнерных терминалов.

На данный момент уже существуют решения [1][2], которые позволяют беспилотникам обрабатывать гра-

фическую информацию, используя бортовую электронику и собственное программное обеспечение. Это значительно повышает стоимость готового изделия и требует применения не относящихся к широко распространённым модулей бортовой авионики БПЛА. Отличительная черта предлагаемой системы заключается в том, что обработка графического изображения происходит на наземном персональном компьютере (ПК), на который передается видеосигнал с основной камеры БПЛА.

Материалы и методы

Целью проведения данного исследования являлась экспериментальная проверка возможности построения

системы, основанной на вышеуказанном принципе. Для этого в лабораторных условиях была воспроизведена обстановка складского помещения, в котором были установлены имитатор контейнера с грузом, место оператора системы, взлётная площадка БПЛА. В качестве места имитатора контейнера — места размещения кода был выбран шкаф. Сам QR-код был распечатан на листе формата A4. Соотношение размеров с реальным контейнером и реальным QR-кодом не учитывалось по причине возможности нанести QR-код в достаточно широком диапазоне размеров, от которых будет зависеть удаленность БПЛА при работе. Для имитации различных контейнеров на шкаф последовательно наносилось несколько QR-кодов разного содержания.

Аппаратная часть предлагаемой автоматизированной системы состояла из:

- Одного или нескольких БПЛА с камерой и модулем видеопередачи;
- ПК с установленным ПО собственной разработки;
- видеоприёмника, подключённого по интерфейсу USB.
- Программное обеспечение предлагаемой автоматизированной системы:
- Написано на языке программирования Python
- Использует библиотеки pyzbar, opencv-python, openpyxl [3][4][5].

Литературный обзор

QR-код (Quick Response Code) был разработан в 1994 году японской компанией Denso Wave (дочернее предприятие Toyota) для маркировки автомобильных деталей как альтернатива ограниченному в объёме кодируемой информации штрих-кодам, и в отличие от них, содержащих исключительно номер отслеживания почтового отправления, обладает высокой информационной ёмкостью, позволяющей кодирование целых слов и предложений [6, с. 166]. Использование БПЛА в доставке грузов рассматривается как отечественными, так и зарубежными исследователями. В работах по этой теме отмечаются значительные достоинства таких систем, как ускорение [7, с. 1] и повышение точности логистических операций [8, с. 168–169], автоматизацию складских и доставочных процессов, оптимизацию время-затрат [9, с. 1–3][10, с. 4–10], снижение вредности труда и интеграцию в текущие системы управления складом [10, с. 32].

Результаты

Программное обеспечение предлагаемой автоматизированной системы было написано на языке Python [3]. Программа использует заранее подготовленную excel-таблицу для занесения в нее расшифрованных данных. Когда на изображении, принимаемом программой с борта БПЛА через соединённый с компьютером USB-

интерфейсом приёмник, появляется QR-код, происходит его считывание и расшифровка. Полученные данные обрабатываются определенным способом, чтобы их было удобно воспринимать человеку. Далее обработанные данные заносятся в ячейки таблицы по заданному пользователем алгоритму. После завершения работы программы таблица сохраняется и становится доступной для чтения и дальнейшего преобразования. Исходный код программы приведён ниже:

```
# coding: utf8
from pyzbar import pyzbar
import cv2
import openpyxl as op
book = op.load_workbook(«tabl_dipl.xlsx»)
sheet1 = book.active
def draw_barcode(decoded, image):
    image = cv2.rectangle(image, (decoded.rect.left,
decoded.rect.top),
(decoded.rect.left + decoded.rect.width, decoded.rect.
top + decoded.rect.height),
color= (0, 255, 0),
thickness=5)
return image
database = ['data']
def decode(image):
    bit = 0
    # decodes all barcodes from an image
    decoded_objects = pyzbar.decode(image)
    for obj in decoded_objects:
        # print barcode type & data
        infor = str(obj.data)
        infor = infor.replace(«b», «», 1)
        infor = infor.replace(«'», «», 1)
        infor = infor.replace(«'», «», -1)
        number = int(len(database))
        print(infor)

        for i in range(number):
            if infor == database[i]:
                break
            elif database[i] == database [-1]:
                bit = 1
            if bit == 1:
                cell = sheet1.cell(number, 1, infor)
                database.append(infor)
                print(database)
                print («Type:», obj.type)
                print («Data:», obj.data)
                bit = 0
        return image
if __name__ == «__main__»:
    cap = cv2.VideoCapture(0)
    while True:
        # read the frame from the camera
        _, frame = cap.read()
```

```
# decode detected barcodes & get the image
# that is drawn
frame = decode(frame)
# show the image in the window
cv2.imshow(«frame», frame)
if cv2.waitKey(1) == ord(«q»):
    break
book.save(«tabl_dipl.xlsx»)
```

Далее, в лабораторных условиях была воспроизведена обстановка складского помещения, в котором были установлены имитатор контейнера с грузом, место оператора системы, взлётная площадка БПЛА. В качестве места имитатора контейнера — места размещения кода был выбран шкаф. Сам QR-код был распечатан на листе формата A4. Соотношение размеров с реальным контейнером и реальным QR-кодом не учитывалось по причине возможности нанести QR-код в достаточно широком диапазоне размеров, от которых будет зависеть удаленность БПЛА при работе. Для имитации различных контейнеров на шкаф последовательно наносилось несколько QR-кодов разного содержания. Выбор данного формата был обоснован тем, что в отличие от традиционных систем отслеживания отправок, в экспериментальном варианте реализации не предполагалось создание физических отправок (грузов), занесённых в базу данных по их штрих-кодам. Вместе с этим есть смысл отметить и основной недостаток данного формата, заключающийся в возможном несрабатывании системы в условиях плохой печати кода или недостаточной освещённости. Для определения степени влияния этого недостатка на предлагаемую автоматизированную систему при помощи камеры БПЛА были созданы представленные на рисунке 1 изображения заведомо низкого качества. После анализа информационной целостности (возможности считывания) данных изображений, был сделан вывод о сохранении QR-кодом читаемости даже при низком разрешении входного изображения, и, следовательно, о возможности реализации предлагаемой системы.

На рабочем месте оператора были установлены:

- Компьютер;
- установленная и запущенная на компьютере программное обеспечение;
- подключенный к компьютеру приемник.

Обсуждение

Полученные в ходе лабораторных, а далее и полигонных испытаний экспериментального образца автоматизированной системы результаты эксперимента показали её работоспособность в стандартных условиях (естественное или искусственное освещение более 700 Лм, отсутствие умышленно наводимых помех). Разработанная система показала свою состоятельность



Рис. 1. Исследуемые изображения



Рис. 2. Имитатор контейнера с грузом

и работоспособность, возможность её применения на различного рода складах, портах или терминалах с модернизацией под определенные запросы. Также уместно и её дальнейшее совершенствование.

Заключение

Создание экспериментального образца автоматизированной БАС логистического назначения, рассмо-

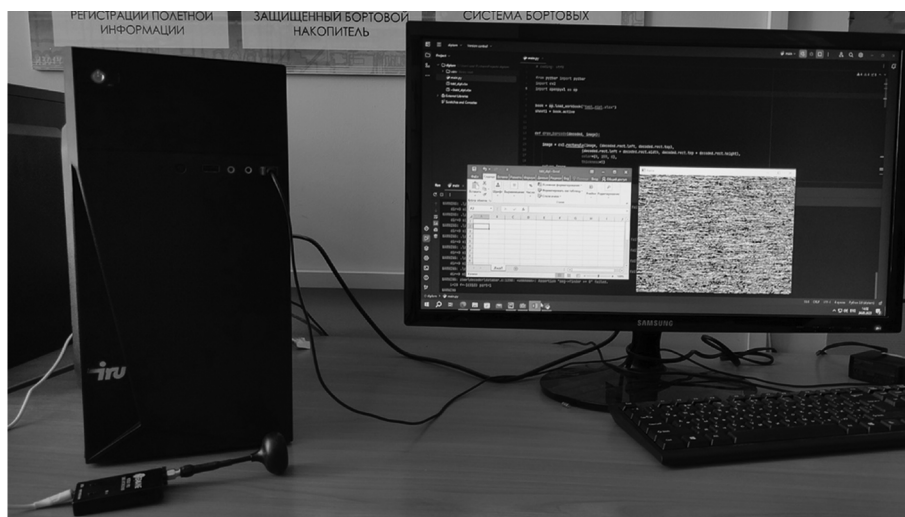


Рис. 3. Рабочее место оператора

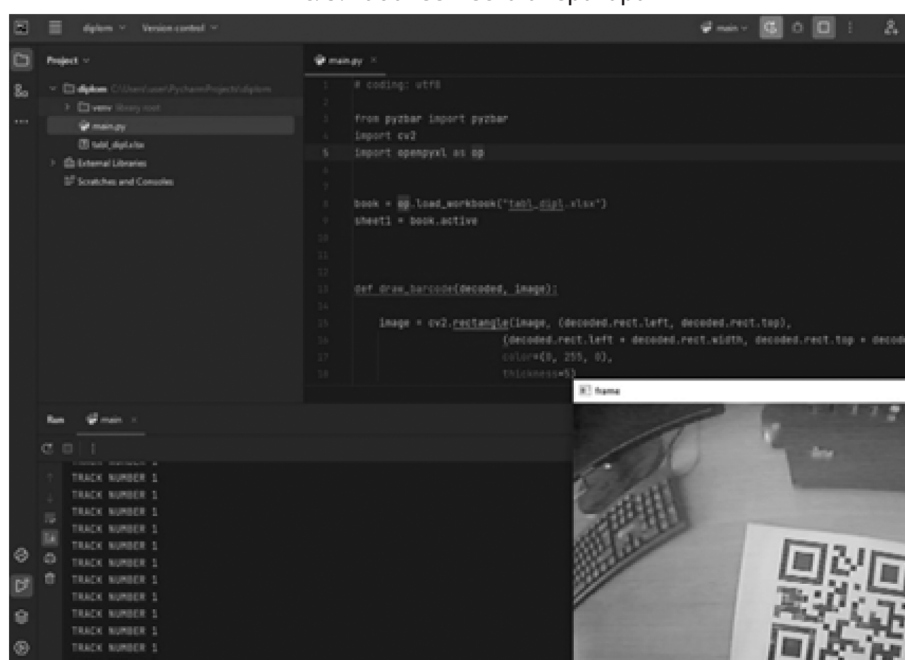




Рис. 6. Выполнение эксперимента

тренной в данной статье, расширяет круг задач применения БАС сферой автоматизации деятельности складов и грузовых терминалов. Её разработка и интеграция способствует развитию промышленности и народного хозяйства, позволяют автоматизировать требующие значительного объёма ручного труда логистические операции. Итогом разработки в рамках данной статьи стал полностью работоспособный прототип, выполненный на основе БПЛА-квадрокоптера Cloud149, специально предназначенного для совершения полётов в закрытых помещениях, офисного персонального компьютера и приёмника видеосигналов БПЛА общепромышленного назначения. При этом имеет смысл дальнейшая разработка предлагаемой к рассмотрению беспилотной авиационной системы, её масштабирование, исследование надёжности, автоматизация управления и улучшение лётно-технических характеристик используемых БПЛА.

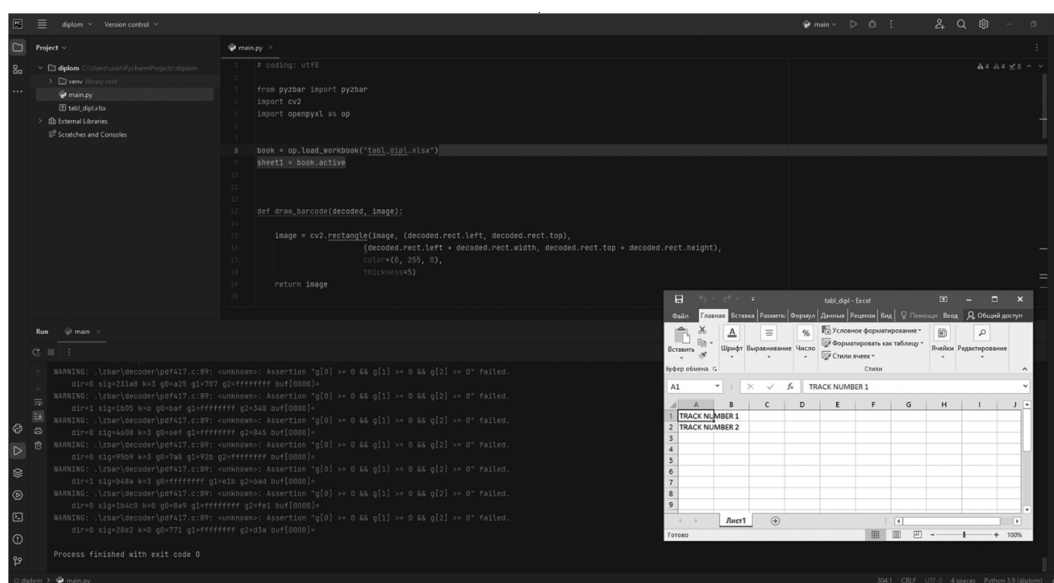


Рис. 7. База данных с внесённой в неё информацией

ЛИТЕРАТУРА

1. UVL Robotics [Электронный ресурс]. — URL: <https://uvl.io> (дата обращения: 02.02.2023).
2. Softline Robotics [Электронный ресурс]. — URL: <https://softline.ru> (дата обращения: 02.02.2023).
3. Pyzbar: библиотека для работы с QR-кодами [Электронный ресурс]. — URL: <https://pypi.org/project/pyzbar/> (дата обращения: 02.02.2023).
4. OpenCV Python documentation [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.opencv.org> (дата обращения: 02.02.2023).
5. Openpyxl documentation [Электронный ресурс]. — URL: <https://openpyxl.readthedocs.io> (дата обращения: 02.02.2023).
6. Features and Applications of QR Codes // May 2022 International Journal for Innovation Education and Research — 2022. №3. — С. 166–169.
7. Белозёров О.И., Кравцов А.Е. Доставка грузов с использованием дронов: технологический прогресс и перспективы // Современные инновации. — 2024. — № 1.
8. Машенков Д.В. Перспективы использования БПЛА в логистике // Инновации и инвестиции. — 2023. — № 6. — С. 168–171.
9. Paul A., Levin M.W., Waller S.T., Rey D. Data-driven Optimization for Drone Delivery Service Planning with Online Demand.
10. Jazairy A., Persson E., Brho M., von Haartman R., Hilletoft P. Drones in last-mile delivery: a systematic literature review from a logistics management perspective // The International Journal of Logistics Management. — 2025. — Vol. 36, № 7. — С. 1–62.

© Беляков Александр Андреевич (kaf13belyakov@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»