УДК 656.025.2, 656.07 DOI: 10.31799/2077-5687-2022-2-15-21

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Е. А. Гайдук, А. А. Добровольская
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье осуществлен анализ применения беспилотных авиационных систем для различных задач на объектах транспортной инфраструктуры. Обоснована необходимость создания методов идентификации препятствий на объектах транспортной инфраструктуры и эффективность применения беспилотных авиационных систем для исследуемой задачи. Разработана программа автономного полета, позволяющая обнаружить препятствия и записать их в базу данных. Разработанная программа была протестирована как в виртуальной среде, так и в реальных условиях в летном поле.

Ключевые слова: беспилотная авиационная система, идентификация препятствий, объекты транспортной инфраструктуры.

***Для цитирования**:*
Гайдук Е. А., Добровольская А. А. Разработка методики обнаружения препятствий на объектах транспортной инфраструктуры // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №2 (32), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2022 – с 15–21. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-2-15-21.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETECTING OBSTACLES ON OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

E. A. Gaiduk, A. A. Dobrovolskaia
St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article analyzes the use of unmanned aerial systems for various tasks at transport infrastructure facilities. The necessity of creating methods for identifying obstacles at transport infrastructure facilities and the effectiveness of the use of unmanned aerial systems for the problem under study is substantiated. An autonomous flight program has been developed that allows detecting obstacles and recording them in a database. The developed program was tested both in a virtual environment and in real conditions in the airfield.

Keywords: unmanned aerial system, obstacle identification, transport infrastructure facilities.

For citation:
Gaiduk E. A., Dobrovolskaia A. A. Development of a method for detecting obstacles on objects of transport infrastructure // Systems analysis and logistics: №2 (32), ISSN 2077-5687. – Russia, SaintPetersburg.: SUAI., 2022 – p. 15–21. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-2-15-21.

Введение

Одной из наиболее активно развивающихся сфер технологического развития является применение беспилотных авиационных систем. Согласно исследованию российского рынка беспилотных авиационных систем [1], эффект от их применения составляет более 1 млрд долларов. Причиной этому служит практически безграничное количество отраслей, в которых они могут быть применены: сельское хозяйство, строительство, нефтегазовая промышленность, производство, применение при чрезвычайных ситуациях. Все чаще можно увидеть дроны, применяемые для фото- и видеосъемки, а привычные городские мероприятия сложно представить без полюбившегося «шоу дронов». Основная цель их применения – упрощение базовых технологических процессов, путем сокращения времени выполнения операций и уменьшения затрат на их выполнение. Помимо этого, возможность автоматизации рутинных действий позволяет осуществлять эффективное управление и распределение человеческого капитала.

Желание упрощать и облегчать повседневную жизнь приводит к непрерывному совершенствованию способов применения дронов, не исключением является и транспортная отрасль. Транспортная система занимает позицию одной из главенствующих отраслей любого государства и тесно взаимосвязана с применением новейших технологий. Именно поэтому

сферу логистики тяжело представить без применения беспилотных авиационных систем, а с каждым годом эти технологии всё активнее развиваются: беспилотные устройства позволяют решать множество производственных проблем наиболее эффективно. Удалённые регионы России ввиду большой площади, низкой плотности населения и населённых пунктов часто сталкиваются с проблемой устранения препятствий (поваленных деревьев, опор ЛЭП и других) на автомобильных дорогах и железнодорожных путях, возникших по причине плохих погодных условий: штормовых ветров, наводнений, так как из-за больших расстояний между населёнными пунктами затрудняется обнаружение посторонних объектов. Так, алгоритм по их автономному обнаружению может позволить ликвидировать последствия более оперативно.

Применение беспилотных авиационных систем на объектах транспортной инфраструктуры

С задачами на автономное обнаружение объектов сталкиваются специалисты различных отраслей. Беспилотные авиационные системы активно применяются в дорожном хозяйстве, наряду с передвижными лабораториями, недостатком которых является невозможность создания целостной базы информации. Кроме того, данные технологии применяются и в поисково-спасательных операциях для обнаружения пропавших людей. С. Самболек и М. Ивашич-Кос из хорватского университета Риеки в своём исследовании [2] приводят примеры использования машинного зрения при фото- и видеосъемке с дрона для распознавания различных объектов, в том числе людей. Согласно статье, создание базы данных с травмированными людьми в нетипичных позах может повысить вероятность обнаружения пропавших в районах разных ландшафтов.

По оценкам глобальной страховой компании TrustGuard, ущерб, нанесенный железнодорожным сообщениям от штормов и ураганов, за 2019 год составил 360 миллиардов долларов [3]. После урагана 2017 года в Москве [4] было организовано дежурство бригад для мониторинга повреждения путей и падения на них деревьев. Так, внедрение автономного наблюдения за ситуацией на железнодорожных путях позволит сэкономить человеческие ресурсы при устранении последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте.

Разработка методики распознавания препятствий на объектах транспортной инфраструктуры

В настоящее время вся мировая транспортная инфраструктура испытывает на себе влияние процессов глобализации и активное внедрение цифровых технологий. Очевидно, что необходима разработка новых решений, которые могут активно применяться в сфере транспорта, для упрощения базовых процессов и ускорения их выполнения. Разработка методики распознавания препятствий является значимой прикладной задачей, поскольку транспорт является системой, активно испытывающей на себе влияние внешней среды. К внешней среде можно отнести возникновение чрезвычайных ситуаций, изменение или постепенное разрушение объектов транспортной инфраструктуры. Кроме того, зачастую возникает необходимость анализа состояния объектов, для отслеживания влияния внешней среды при строительстве и модернизации транспортных объектов. Применение беспилотных авиационных систем может сыграть в этом значительную роль, и уже активно применяется как в области анализа состояния транспортной инфраструктуры, так и при чрезвычайных ситуациях.

Данное исследование проводится в ГУАП на базе лаборатории беспилотных авиационных систем Инженерной школы ГУАП. Лаборатория беспилотных авиационных систем (БАС) ГУАП была создана по приказу ректора ГУАП Ю. А. Антохиной от № 05-142/19 от 05.04.2019 г. В организационную структуру Инженерной школы ГУАП лаборатория вошла с 15.05.2019 г. Но история побед лаборатории БАС ГУАП и сотрудников Института аэрокосмических приборов и систем ГУАП началась раньше.

Основными практическими задачами лаборатории БАС являются:

- разработка новых алгоритмов управления полетом и новые программно-аппаратные средства для навигации;
- оптимальные схемы и конструкции летательных аппаратов, их аэродинамические свойства;
- разработка интеллектуальных авиационных систем управления;
- решение практических задач по переносу грузов с использованием БАС;
- моделирование различных полетных режимов беспилотных авиационных систем;
- решение междисциплинарных задач, поиск оптимального ре-шения для управления БАС.

В работе применяется учебный программируемый квадрокоптер мультироторного типа COEX Клевер 4 (рис. 1). Такая система позволяет совершать вертикальный взлёт, перемещаться во всех направлениях, эффективно стабилизироваться, зависать в горизонтальном положении [5]. COEX Клевер 4 использует полетный контроллер COEX Pix с полетным стеком PX4, одноплатным компьютером Raspberry Pi 4 в качестве управляющего бортового компьютера.

Рис. 1. COEX Клевер 4

Специальная широкоугольная камера и лазерный дальномер составляют систему навигации Optical flow, рассчитывающей смещение дрона на основании вычислений сдвигов между кадрами. Кроме того, камера позволяет использовать карту Aruco-маркеров в качестве ещё одной системы навигации. Дальномер модели STM VL53L1X, установленный на коптере позволяет измерять расстояния от 0 до 4 м, при этом обеспечивая высокую точность измерений [6].

Технология обнаружения

Для автономного полёта дрона используется фреймворк ROS, который обеспечивает связь между пользовательской программой и сервисами “Клевера”. С его помощью через именованные шины (mavros) данных происходит приём данных с телеметрических систем.

Разработанный алгоритм на языке Python распознаёт препятствия, фиксируя объекты, которые отличаются по высоте относительно точки отсчета. С помощью телеметрии квадрокоптер получает данные о своём положении и высоте относительно точки взлета, а данные с лазерного дальномера показывают расстояние до ближайшего объекта под коптером. Если разницы высот с телеметрии и с дальномера более 20 сантиметров, проводится анализ полученных данных и запись в базу. В неё записываются минимальные и максимальные координаты препятствий, а также максимальный перепад высоты (рис. 2).

```python
def obst(telem1, diff):
    global flag, data_b
    for i in range (len(data_b)):
        coord_y=(telem1.y>data_b[i][2] and telem1.y<data_b[i][3])
        coord_x=(telem1.y>data_b[i][0] and telem1.y<data_b[i][1])
        if len(data_b)==0 or (coord_y==False and (abs(telem1.y-data_b[i][2])>0.15 or abs(telem1.y-data_b[i][3])>0.15)) or (
            flag=True
        else:
            flag=False
            if telem1.x>data_b[i][0]:
                data_b[i][0] = round(telem1.x,3)
            if telem1.x>data_b[i][1]:
                data_b[i][1] = round(telem1.x,3)
            if telem1.y<data_b[i][2]:
                data_b[i][2] = round(telem1.y,3)
            if telem1.y>data_b[i][3]:
                data_b[i][3] = round(telem1.y,3)
            if diff>data_b[i][4]:
                data_b[i][4] = round(diff,3)
    if flag==True:
        data_b.append ([round(telem1.x,3), round(telem1.x,3), round(telem1.y,3), round(telem1.y,3), round(diff,3)])


def navigate_wait(x=0, y=0, z=1.65, yaw=math.radians(90), speed=1, frame_id='aruco_map', auto_arm=False, tolerance=0.2):
    navigate(x=x, y=y, z=z, yaw=yaw, speed=speed, frame_id=frame_id, auto_arm=auto_arm)
    global check
    while not rospy.is_shutdown():
        telem = get_telemetry(frame_id='navigate_target')
```

Рис. 2. Фрагмент кода

В случае обнаружения перепада высоты запускается функция для анализа базы данных. Если это первое обнаруженное препятствие, то записываются обе координаты и высота. В ином случае производится сравнение с предыдущими данными. Если координаты находятся внутри промежутка одного из уже найденных препятствий, производится поиск максимальной высоты и её обновление при необходимости. Если они находятся вне области, но на расстоянии менее 15 сантиметров от найденного препятствия, обновляются координаты этого препятствия. В остальных случаях в БД записывается информация о новом обнаруженном объекте. По завершении полётной миссии в терминал выводится база данных, каждая новая строка которой — отдельное препятствие.

Проверка корректности работы алгоритма началась с запуска программы автономного полета в симуляторе Gazebo (рис. 3а), в ходе которого были получены верные (в рамках погрешности телеметрии) данные о препятствиях (рис. 3б).

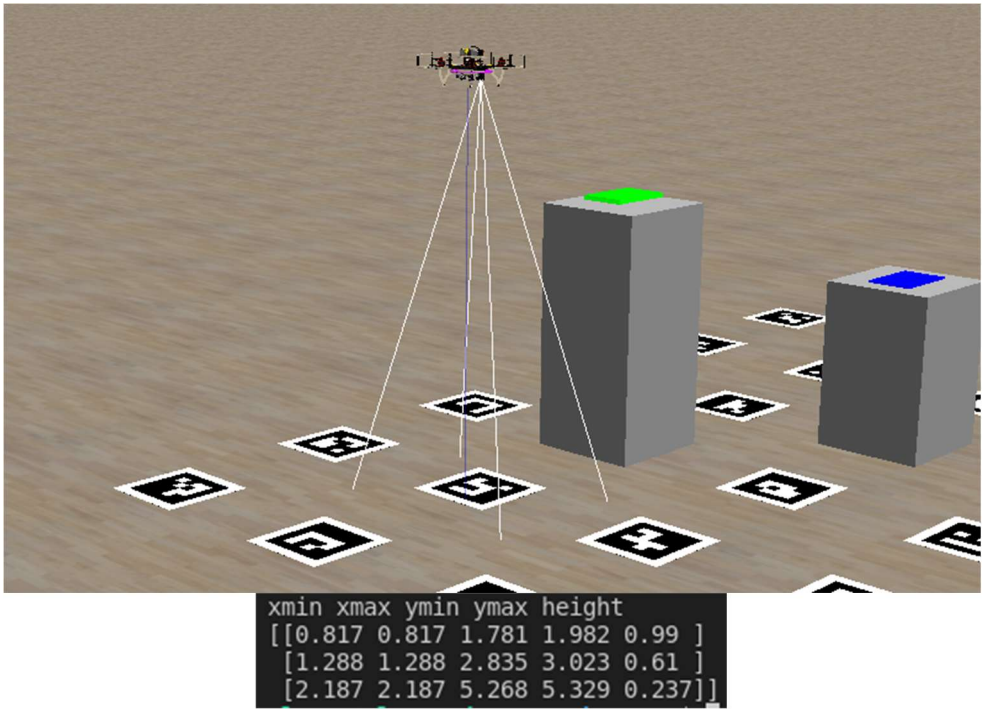

Рис. 3. Работа алгоритма в симуляторе Gazebo

В полётной зоне были установлены 2 тумбы: высотой 75 и 37 сантиметров (рис. 4), на расстоянии более 50 сантиметров друг от друга.

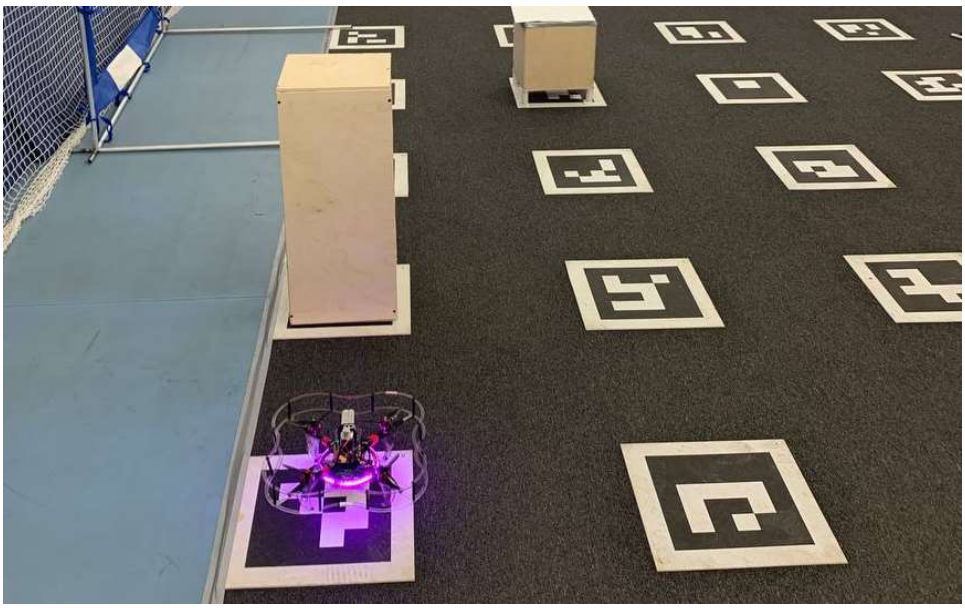

Рис. 4. Застройка полётной зоны

Коптер был расположен в точке с координатами (0; 0), по траектории он несколько раз перемещался от одного края поля до другого, после чего смещался на 45 сантиметров правее, тем самым последовательно облетая поле, причём над каждой тумбой он пролетал по одному разу. В результате выполнения автономного полета, в терминал из базы данных были выведены 3 препятствия (рис. 5).

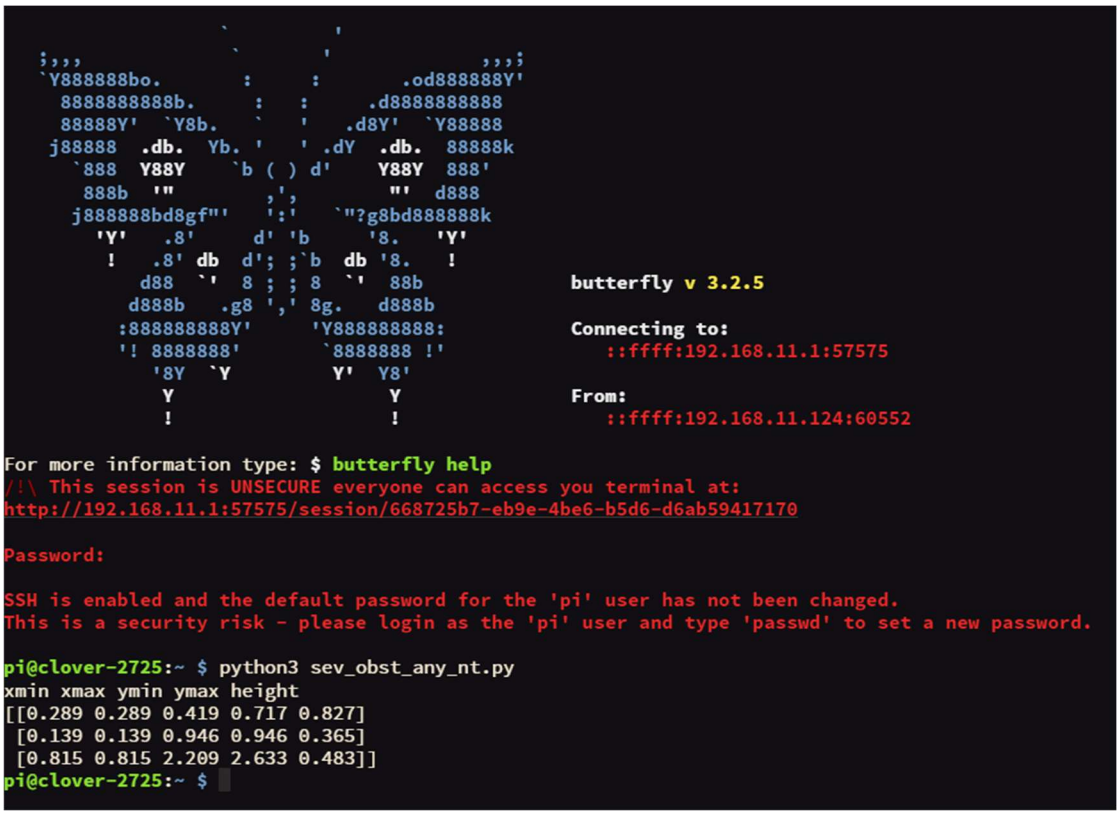

Рис. 5. Результаты запуска в полётной зоне

Заключение

В ходе работы было проведено исследование методов применения идентификации на объектах транспортной инфраструктуры и обоснована эффективность применения беспилотных авиационных систем для данной задачи.

На основе теоретического анализа представлено практическое исследование. Получен алгоритм, позволяющий быстро получить общие данные об объектах на территории. Разработано полетное задание для беспилотной авиационной системы, которое было протестировано в виртуальной среде и в летном поле лаборатории беспилотных авиационных систем ГУАП. Методика не предполагает постобработки полученной информации – основная работа происходит в процессе полёта, при этом траектория полёта может быть любой. Это показывает эффективность разработанного метода и значимость его применения для решения прикладных задач на объектах транспортной инфраструктуры. Тем не менее, код требует доработки, так как при запуске в реальной среде появляются неточности, связанные с особенностью работы систем позиционирования дрона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценки рынка беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. URL: https://inlnk.ru/O1ejP4 (дата обращения 19.05.2022);
2. Detecting objects in drone imagery: a brief overview of recent progress [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/346745419_Detecting_objects_in_drone_imagery_a_brief_overview_of_recent_progress (дата обращения 19.05.2022);
3. Насколько сильно штормы и ураганы влияют на железные дороги [Электронный ресурс]. URL: https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/naskolko-silno-shtormy-i-uragany-vliyayut-na-zheleznye-dorogi/ (дата обращения 19.05.2022);
4. Последствия урагана на Московской железной дороге [Электронный ресурс]. URL: https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=59498 (дата обращения 19.05.2022);
5. Т. Ю. Карпова, А. С. Костин, Н. Н. Майоров Эксплуатация беспилотных авиационных систем: учеб. пособие; под ред. д-ра техн. наук Н. Н. Майорова. – СПб.: ГУАП, 2021. 48–65 с.;
6. Работа с лазерным дальномером [Электронный ресурс] URL: https://clover.coex.tech/ru/laser.html (дата обращения 19.05.2022);

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гайдук Елена Александровна –
студент кафедры системного анализа и логистики
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: gaiduk.e.a@yandex.ru

Добровольская Ангелина Александровна –
Ассистент кафедры системного анализа и логистики
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: angd999@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gaiduk Elena Alexandrovna –
student of the Department of System Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, RUSSIA
E-mail: gaiduk.e.a@yandex.ru

Dobrovolskaia Angelina Alexandrovna –
Assistant of the Department of System Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, RUSSIA
E-mail: angd999@gmail.com