



СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ПРЕПЯТСТВИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Е. А. Гайдук, А. А. Добровольская, А. С. Костин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В данной статье рассматривается актуальная задача обнаружения посторонних объектов на объектах транспортной инфраструктуры и участков их повреждения. Рассмотрена необходимость применения беспилотных авиационных систем для исследуемой задачи. Описаны результаты исследования двух методов очистки некорректных данных при обнаружении препятствий на объектах транспортной инфраструктуры: постобработки и обработки в реальном времени. Разработанные алгоритмы были протестированы в симуляторе и полётной зоне. Проанализирована актуальность применения беспилотных авиационных систем для обнаружения повреждений на объектах транспортной инфраструктуры.

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

Для цитирования:

Гайдук Е. А., Добровольская А. А., Костин А. С. Сравнение методов обработки данных при обнаружении препятствий на объектах транспортной инфраструктуры // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(34), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2022 – с. 165-170. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-4-165-170.

COMPARISON OF DATA PROCESSING METHODS FOR DETECTING OBSTACLES AT TRANSPORT INFRASTRUCTURE FACILITIES

E.A. Gaiduk, A. A. Dobrovolskaya, A.S. Kostin

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article discusses the actual problem of detecting extraneous objects at transport infrastructure facilities and areas of their damage. The necessity of using unmanned aircraft systems for the task under study is considered. The results of the study of two methods of cleaning incorrect data when detecting obstacles at transport infrastructure facilities are described: post-processing and real-time processing. The developed algorithms were tested in the simulator and flight zone. The relevance of the use of unmanned aircraft systems for damage detection at transport infrastructure facilities is analyzed.

Keywords: unmanned aircraft system, identification of obstacles, transport infrastructure facilities, data processing.

For citation:

Gaiduk E. A., Dobrovolskaya A. A., Kostin A. S. Comparison of data processing methods for detecting obstacles at transport infrastructure facilities // System analysis and logistics.: №4(34), ISSN 2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2022 –p. 165-170. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-4-165-170.

Введение

Мы живём в век информации, с каждым днём объёмы её производства и потребления увеличиваются. При этом изобретено множество инструментов, позволяющих получать точные данные, в связи с чем встаёт вопрос их обработки, так как данные без их анализа являются случайным набором фактов, следовательно, не имеют высокой ценности для человека, потому что по такой базе тяжело сделать выводы. Одним из таких активно развивающихся инструментов являются беспилотные летательные аппараты, причём их технологические возможности очень широки. Обращаясь к компании Геоскан [1], занимающейся развитием этой сферы в России, с использованием беспилотных авиационных систем могут проводиться магниторазведка, воздушное лазерное сканирование, аэрофотосъёмка, тепловизионная съёмка — такое разнообразие методов позволяет использовать дроны практически в любой отрасли: от сельского хозяйства до производства [2]. Безусловно, это не могло обойти и сферу транспорта и логистики, так как беспилотные технологии открывают возможности получения оперативных данных о состоянии



пространственной инфраструктуры, особенно в регионах с низкой плотностью населения [3].

Такое широкое применение беспилотной авиации обосновывается готовностью государств инвестировать в эти технологии, так как подобные системы имеют ряд преимуществ:

- Возможность полёта на небольшой высоте, следовательно, получение более точных данных;
- Работа в отдаленных от центра и малонаселенных регионах;
- Экономия человеческого ресурса;
- Относительно быстрое решение задач;
- Автоматизация рутинных действий;
- Низкая стоимость аппаратуры и лётного часа, как следствие, высокая рентабельность.

Одна из актуальных логистических задач — обнаружение посторонних объектов на объектах транспортной инфраструктуры и участков их повреждения. Например, вместо неэффективного метода контроля технического состояния ЛЭП с использованием выездных бригад разрабатываются варианты мониторинга, основанные на аэрофотосъёмке. Если первый способ требует больших человеческих ресурсов, повышает вероятность травмы работников электричеством и является сравнительно медленным, то второй, частично автоматизированный, решает эти проблемы. Метод заключается в дистанционном мониторинге воздушных линий электропередач. Данные, собранные в процессе полёта дрона, передаются в диспетчерский пункт, в котором уже принимаются решения о реагировании на обнаруженные неполадки. Это повышает эффективность использования ЛЭП, так как позволяет отказаться от традиционных осмотров [4].

Кроме того, существуют вариант многофункциональных мобильных лабораторий (рис. 1) для мониторинга автомобильных дорог, оборудованные различными устройствами, в том числе летающими беспилотниками. Такие лаборатории могут проводить эффективный мониторинг в различных условиях, так как недостатки одних методов компенсируются другими [5].



Рис. 1. Многофункциональная мобильная лаборатория

Сравнительный анализ методик анализа данных при распознавании препятствий на объектах транспортной инфраструктуры

Разработано 2 варианта анализа поступающей базы данных: *постобработка и обработка в процессе*. Далее будет описываться алгоритм их работы и сравнение двух методов.



Использованные технологии:

- 3D-симулятор Gazebo, в котором проводилось тестирование разработанного кода до выхода в полётную зону для исследования на реальном дроне;
- Учебный программируемый квадрокоптер мультироторного типа COEX Клевер 4 [6]. Этот дрон способен вертикально взлетать, зависать в горизонтальном положении, вращаться по всем осям за счет расположения винтов: винты, крутящиеся в одном направлении, находятся по диагонали, следовательно, компенсируют поворот коптера при зависании и взлёте, а при поворотах и наклонах увеличивается количество оборотов на некоторых из них в соответствии со схемой. Основные составляющие коптера: полетный контроллер COEX Pix с полетным стеклом PX4, одноплатный компьютер Raspberry Pi 4, широкоугольная камера, лазерный дальномер STM VL53L1X.;
- Фреймворк ROS (Robotic Operating System), позволяющий осуществлять автономный полёт, разработанный для программирования в робототехнике. Он передаёт разработанную программу в систему коптера, используя сервисы — аналоги функций — и топики — выделенные шины для передачи данных [6]. Кроме того, ROS содержит библиотеку компьютерного зрения OpenCV.

Алгоритм обнаружения посторонних объектов

В обоих случаях обнаружение препятствий работает по одному принципу: дрон облетает выделенную зону по заданному маршруту [7] на постоянной высоте. Он определяет свои координаты в пространстве, в том числе координату по оси Z, используя телеметрию и опираясь на Agiso-метки. Высота, полученная с помощью телеметрии, сравнивается с высотой, полученной от лазерного дальномера, установленного в направлении Земли. В случае, если перепад высот более 20 сантиметров, данные о точке — её координаты и величина перепада — сохраняются. При этом данная точка не всегда является реальным препятствием: в некоторых случаях, среди которых “потеря” коптером agiso-меток, дрон подсакивает, из-за чего происходит запись данных о точке, в которой нет посторонних объектов, поэтому требуется дополнительная очистка базы данных.

В случае обработки данных в реальном времени, запускается функция проверки достоверности полученной информации, в ином — функция записи координат в финальную базу данных. При первом обнаруженном препятствии все координаты записываются в базу, затем, при дальнейшем обнаружении, происходит сравнение координат, после чего, если новая точка находится на расстоянии более 50 сантиметров от обнаруженных ранее препятствий, происходит запись новой строки в базу данных, менее — редактирование данных об одном из уже найденных препятствий. Далее запускается функция очистки базы данных в случае постобработки, а по окончании миссии в терминал выводится результат. Найденные объекты описываются несколькими координатами: *максимальной и минимальной координатами по осям X и Y, а также максимальной координатой по оси Z* [8].

Очистка базы данных в реальном времени

При обнаружении одной из точек потенциального препятствия запускается функция проверки. Так как сравнение высот с дальномера и телеметрии происходит с высокой интенсивностью, один и тот же объект засекается несколько раз вне зависимости от выбранной траектории, а в случае ошибочно найденного препятствия координата только одна — на этом и основана работа алгоритма. Работа происходит с 3 последовательно расположенными точками: вторая точка сравнивается с первой и третьей. Если она находится менее чем в 30 сантиметрах хотя бы от одной из них, можно сделать вывод, что эта точка является одной из точек препятствия, её координаты возвращаются в функцию записи в базу данных. Для этого создаётся временная база данных, куда сначала загружаются координаты 3 точек, затем уже происходит сравнение и удаление отработанных данных (Рис. 2). Один из



недостатков этого алгоритма: в финальной базе данных не отражаются координата последней точки последнего препятствия, что незначительно при больших масштабах повреждений, так как проверка производится часто.

```
def cleaning_base (data_b, telem1, diff):#removing bugs from the data base
#temporary_data_base = [x, y, height]
global temporary_data_base
if len(temporary_data_base)<3:
    temporary_data_base.append([round(telem1.x,3), round(telem1.y,3), round(diff,3)])

elif len(temporary_data_base)==3:
    temporary_data_base.append([round(telem1.x,3), round(telem1.y,3), round(diff,3)])
    if (abs(temporary_data_base[0][0]-temporary_data_base[1][0])<0.3 and abs(temporary_d
        return(temporary_data_base[0])

else:
    del(temporary_data_base[0])
    temporary_data_base.append([round(telem1.x,3), round(telem1.y,3), round(diff,3)])
    if ((abs(temporary_data_base[2][0]-temporary_data_base[1][0])<0.3 and abs(temporary_
        return(temporary_data_base[1])
```

Рис. 2а. Алгоритм обработки данных в реальном времени

xmin	xmax	ymin	ymax	height
0.76	1.226	1.112	1.593	0.941
1.842	1.924	1.644	1.976	0.583

Рис. 2б. Результат работы алгоритма

Очистка базы данных по окончании полёта

По окончании полётной миссии собранная база данных проверяется. Алгоритм использует уже описанный факт: в случае совпадения максимальной и минимальной координат в строке, описывающей одно из препятствий, строка удаляется, так как была найдена всего одна точка, а по каждому из объектов их обнаруживается несколько. Так проверяется каждая строка базы данных.

```
def cleaning_base (data_b):#removing bugs from the data base
data_base_length=len(data_b)
for i in range (data_base_length):
    if i==data_base_length:
        break
    if (data_b[i][0]==data_b[i][1] and data_b[i][2]==data_b[i][3]):
        del(data_b[i])
        data_base_length=data_base_length-1
```

Рис. 3а. Алгоритм постобработки данных

xmin	xmax	ymin	ymax	height
0.76	1.226	1.112	1.593	0.941
1.842	1.924	1.644	1.976	0.583

Рис. 3б. Результат работы алгоритма



Выводы

Оба разработанных алгоритма применимы в реальных условиях, но в разных ситуациях. Они одинаково показывают себя в симуляторе (рис. 4), основные различия возникают в полётной зоне. Вычислительной мощности Raspberry Pi не хватает на обработку данных в процессе полёта, из-за чего обнаруживается большое количество ошибочных точек, что говорит о необходимости оптимизации. Проблема решается искусственным торможением работы алгоритма: уменьшением количества проверок в единицу времени, в связи с чем появляется необходимость замедления полёта коптера для получения полного набора данных по каждому объекту. При использовании дронов с большими вычислительными мощностями эта проблема возникать не должна. При этом у данного метода есть значительное преимущество перед постобработкой: возможность вывода первых найденных объектов ещё в процессе полёта. Это может быть актуально при необходимости оперативного решения чрезвычайных ситуаций на больших площадях. В остальных же случаях эффективнее использовать алгоритм постобработки.

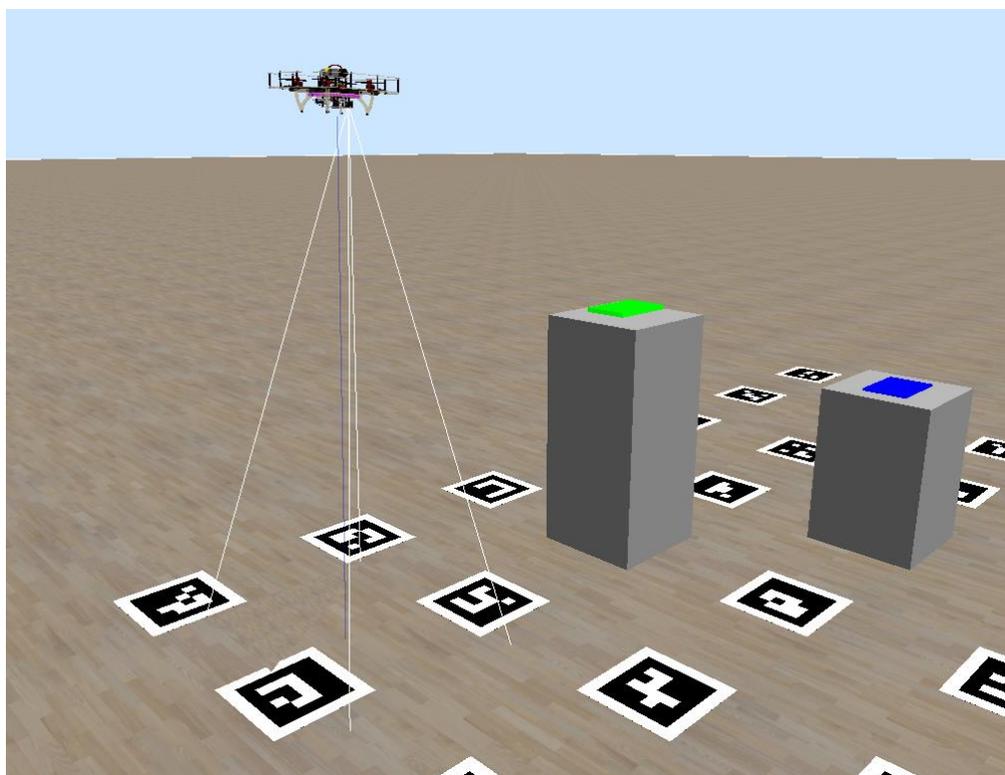


Рис. 4. Результат работы алгоритма

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Услуги компании Geoscan [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geoscan.aero/ru/services> (дата обращения 3.12.2022)
2. Просвирина Н. В. Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов / Н. В. Просвирина // Московский экономический журнал. – 2021. – с. 560-577
3. Федулин А. М. Перспективы применения крупноразмерных бпла при решении задач комплексного обследования территорий / Федулин А. М., Дрягин Д. М. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. - 2021 г – с. 271-281;
4. Виноградов А. В. Способ мониторинга технического состояния элементов воздушной линии электропередач / Виноградов А. В., Чернышов В. А., Семенов А. Е., Мороз А. О. // Агротехника и энергообеспечение. -2014 г. – с. 64-68.;



5. Цаль А. Ю. Совершенствование технических решений мониторинга автомобильных дорог и транспортных сооружений / Цаль А. Ю., Ермошин Н. А., Серeda П. О. // Инженерный вестник Дона - 2018 г. – с 139-151.;
6. Карпова Т. Ю. Эксплуатация беспилотных авиационных систем: учеб. пособие / Т. Ю. Карпова, А. С. Костин, Н. Н. Майоров, под ред. д-ра техн. наук Н. Н. Майорова. – СПб.: ГУАП, 2021.
7. Добровольская А. А. Применение цифровых моделей транспортных систем на микроуровне транспортного планирования / А. А. Добровольская, В. А. Фетисов // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии – ГУАП, 2022. – с. 59-64.;
8. 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.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гайдук Елена Александровна –

студент кафедры системного анализа и логистики
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, 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
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: angd999@gmail.com

Костин Антон Сергеевич –

ассистент кафедры системного анализа и логистики
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: anton13258@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gaiduk Elena Alexandrovna –

Student of the Department of System Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: gaiduk.e.a@yandex.ru

Dobrovolskaia Angelina Alexandrovna –

Assistant of the Department of Systems Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: angd999@gmail.com

Kostin Anton Sergeevich –

Assistant of the Department of Systems Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: anton13258@mail.ru