



АНАЛИЗ ЗАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ДРОНОВ

А. С. Костин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В данной статье рассмотрена возможность применения дронов для идентификации и анализа загруженности транспортно-пересадочных узлов в городской среде. В статье обоснована необходимость анализа загруженности транспортно-пересадочных узлов, ввиду неравномерности загруженности транспорта. Классические модели оценки загруженности не позволяют учитывать динамику процесса. Полученные ручными расчетами данные содержат ошибки и требуют длительной обработки. Использование данных от камер позволяет решить проблему анализа загруженности, но в часы пик данную задачу решить с высокой точностью не получается. Для решения анализа загруженности предлагается использование данных, полученных от дронов (от беспилотной авиационной системы). Для реализации данного решения в статье был представлен список необходимых комплектующих, которые должны быть на дроне, приведен пример исходного кода для реализации автономного полета, приведен пример реализации схемы облета транспортно-пересадочных узлов при помощи специального программного обеспечения.

Ключевые слова: дрон, машинное зрение, транспортно-пересадочные узлы, автономный полет, транспортная система

Для цитирования:

Костин А. С. Анализ загруженности транспортных пересадочных узлов при помощи дронов // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №3(29), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП. - 2021 – с. 43–49. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-3-43-49.

ANALYSIS OF TRAFFIC CONGESTION AT TRANSPORT TRANSFER HUBS USING DRONES

A. S. Kostin

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article considers the possibility of using drones to identify and analyze the congestion of traffic-transfer hubs in the urban environment. The article substantiates the need to analyze the congestion of traffic-transfer hubs, due to the unevenness of traffic congestion. Classical models of congestion estimation do not allow taking into account the dynamics of the process. The data obtained by manual calculations contain errors and require lengthy processing. Using the data from cameras allows solving the problem of congestion analysis, but it is not possible to solve this problem with high accuracy during peak hours. The use of data obtained from drones (from an unmanned aerial system) is proposed to solve the congestion analysis problem. To implement this solution, the article presented a list of necessary components that a drone should have, an example of the source code for the implementation of an autonomous flight, an example of the implementation of the traffic-transfer hubs overflight scheme using special software.

Keywords: drone, machine vision, transport hubs, autonomous flight.

For citation:

Kostin A. S. Analysis of traffic congestion at transport transfer hubs using drones // System analysis and logistics.: №3(29), ISSN 2077-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p.43–49. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-3-43-49.

Сегодня транспортные системы городов находятся в непрерывном развитии и модернизации. Увеличение численности транспортных средств, численности населения городов, рост инфраструктуры городов, внедрение новых высокоскоростных беспроводных сетей, вынуждает и создает условия для внедрения качественно новых решений. Особый интерес сегодня вызывают решения на основе новых беспилотных технологий.

Пассажи́рские перевозки представляют собой одну из основных отраслей экономики каждого города. Одной из главных проблем предприятий пассажирского транспорта является недополучение доходов, что в итоге сказывается как на качестве самих перевозок и выбору транспортных средств, работающих на маршруте, так и на обслуживании пассажиров.



Наверное, перед всеми предприятиями стоит вопрос повышения эффективности работы и экономии ресурсов, поэтому учет количества пассажиров [1] становится одной из важнейших задач.

На данный момент большинство перевозчиков не имеют достоверной информации о количестве перевозимых пассажиров по часам суток на автотранспорте. Это вызывает определенные трудности в планировании графика движения, т. к. неизвестно, сколько необходимо задействовать автобусов на маршруте для перевозки [2]. На практике можно применить краткосрочное прогнозирование пассажиропотока, которое позволит вычислить с некоторой вероятностью загруженность маршрута на ближайшее время и за счет прогноза позволит корректировать количество автобусов на линии. Особую сложность представляют остановки нескольких номеров автобуса, так как пассажиропоток между ними распределен неравномерно [2]. Конечно, ручные методы подсчета пассажиров сегодня уже неэффективны. Дополнительно необходимо исследование эффективности размещения остановок на маршруте. Рассмотрим определенные детерминанты людей на городских остановках (табл. 1).
Таблица 1-Основные детерминанты пассажиропотока на остановках городского транспорта

№	Название основного критерия
1	Сезонные, погодные условия
2	Денежные доходы населения
3	Особенности занятости пассажиров: род занятий и временные интервалы пребывания, целевые установки
4	Распределение пассажиров по возрастному составу
5	Уровень безработицы
6	Уровень культуры населения
7	Предпочтение определенным видам транспорта

Для определения количества пассажиров, перевозимых единицей городского транспорта, существуют следующие способы:

1. Ручной метод подсчёта пассажиров как на остановках, так и в автобусе;
2. Контактно-турникетный способ предполагает вести подсчет перевозимых пассажиров при помощи установки в салоне автобуса специальных турникетов;
3. Способ подсчета пассажиров с помощью определенных датчиков. Сегодня на рынке присутствует различные аппаратные решения [3];
4. Способ подсчета пассажиров с помощью инфракрасных датчиков (активного и пассивного типа);
5. Способ подсчета пассажиров с использованием датчиков, позволяющих получать 3D изображение пространства;
6. Способ подсчета пассажиров с помощью видеокамер в салоне автобуса. Данное решение можно применить и для подсчета пассажиров на остановках.

Каждый из рассмотренных методов имеет возможность работы как в режиме реального времени, так и в режиме «черного ящика», сохраняя информацию на носитель. При этом имеются конструктивные особенности размещения системы датчиков, что обуславливает сложности внедрения.

Для решения задачи подсчета пассажиров предлагается использование решений на базе беспилотных авиационных систем [4]. Решение состоит в использовании дронов и последующем анализе результатов видеозаписей с остановок. Решение использование



дронов позволяет следить за большими скоплениями людей в том числе и на остановках. В результате интеграции мобильных приложений, беспроводных сетей и программных систем дроны могут оказывать помощь при подсчете пассажиров на остановках и мониторинге ситуаций [2]. Решения на основе беспилотных авиационных систем благодаря мобильности позволят собрать данные в режиме реального времени, собрать данные по интенсивностям изменения количества людей на остановках.

Сам же метод идентификации подвижных объектов при помощи БПЛА заключается в том, что БАС получает информацию о маршруте и остановках, которые нужно исследовать и выполняет полетное задание.

В некоторых реализациях БПЛА будет связываться с другими БПЛА, которые находятся относительно недалеко друг от друга для получения информации, используемой для планирования маршрута. Эта информация может храниться на сервере автономной базовой станции и/или динамически распределяться между ближайшими БПЛА [5].

Когда БПЛА достигает заданной точки исследования, он исследует место при помощи машинного зрения, производит подсчет объектов, затем перемещается к следующей точке, тем самым продолжая выполнение полетного задания. После завершения полетной миссии БПЛА может вернуться в базовый пункт или в другое место для получения другого задания, зарядки батарей и т. д.

Далее более конкретно рассмотрим некоторые основные элементы системы идентификации подвижных объектов, такие как: интерфейс задания полетной миссии (Рис. 1).

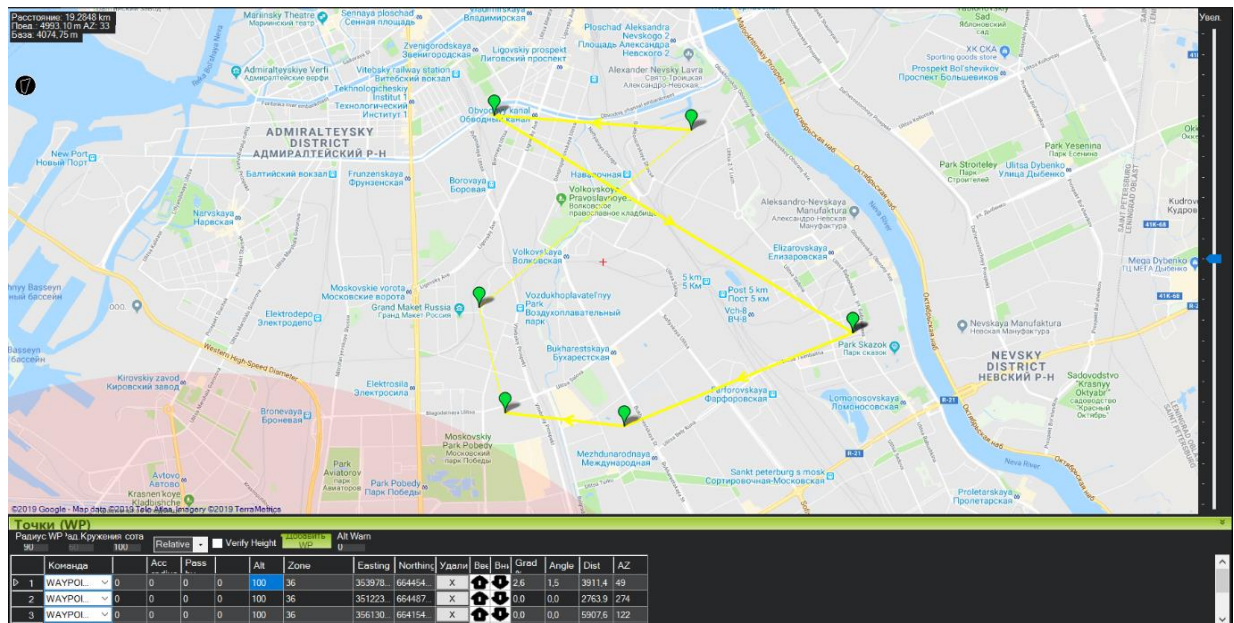


Рис. 1. Концепт графического интерфейса [5]

На рисунке 1 изображен пример графического интерфейса оператора БАС. В качестве программы для формирования полетного задания используется Mission Planner. Mission Planner представляет собой наземный пункт управления с открытым исходным кодом. Данное ПО можно использовать в качестве утилиты настройки конфигурации, или в качестве дополнительного средства динамического контроля для автономного летательного аппарата. Ниже перечислены лишь некоторые возможности программы Mission Planner:

- Загрузка аппаратно-программного обеспечения (программного обеспечения) в плату автопилота (серия Pixhawk), который управляет вашим летательным аппаратом [6,7].
- Начальная установка, выбор конфигурации, и точная настройка вашего летательного аппарата для получения оптимальных рабочих характеристик [6].



- Планирование, сохранение и загрузка отдельных полетов в ваш автопилот с обычным вводом путевых точек методом «point-and-click» (указал и щелкнул) на картах Google или на других картах [6].
- Загрузка и анализ журналов полетов, создаваемых вашим автопилотом.
- Взаимодействие с пилотажным имитатором на ПК для создания полномасштабного аппаратно-программного имитатора БПЛА.
- Располагая соответствующим аппаратным обеспечением телеметрии, вы можете:
 - Отслеживать состояние своего летательного аппарата в процессе эксплуатации.
 - Вести журналы телеметрических измерений, содержащие гораздо больше информации, чем журналы данных встроенного автопилота [6].
 - Просматривать и анализировать журналы телеметрических измерений.

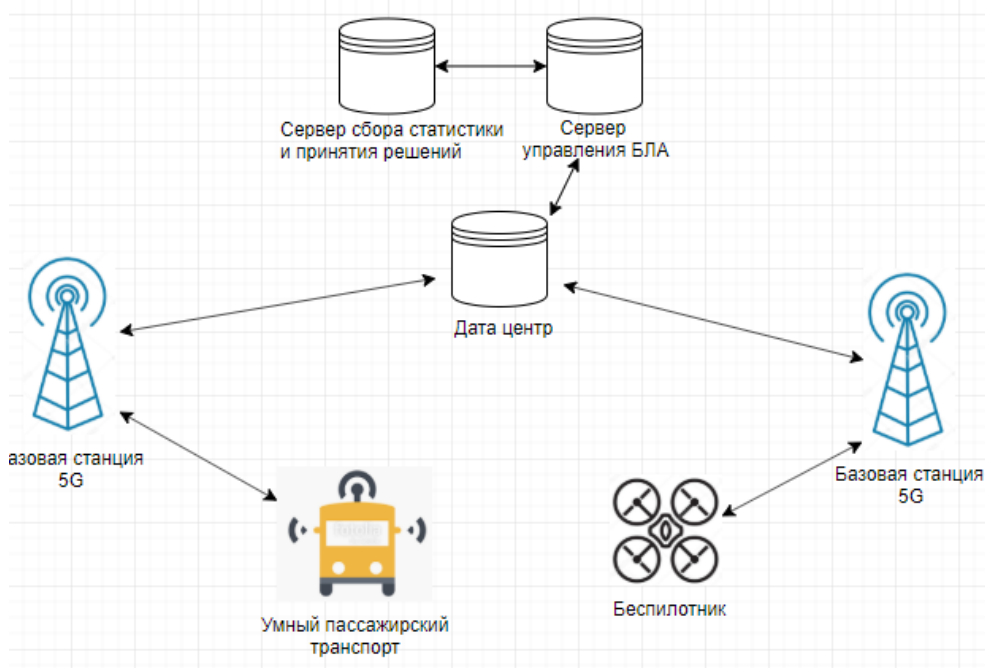


Рис. 2. Структура ячеистой сети обмена данными между БПЛА и объектами инфраструктуры

На рисунке 2 изображена блок-схема информационно-управляющей среды БПЛА, которая включает в себя БПЛА, сервер сбора статистики и принятия решений, сервер управления БПЛА и дата центр. Дата центры образуют вычислительную сеть, состоящую из серверов, которые доступны через ячеистую беспроводную сеть. Как показано на рисунке 21, дата центры могут включать в себя один или несколько объединенных серверов. Эти серверы могут быть расположены, например, как серверные стеки, которые используются в центрах обработки данных. Кроме того, серверы включают в себя систему управления БПЛА [5,6].

Беспроводная ячеистая сеть может использоваться для обеспечения связи между беспилотными летательными аппаратами (например, для обмена информацией о погоде, информацией о местоположении, зонах посадки), системой управления беспилотными летательными аппаратами и т. д. [5].

В некоторых случаях, если БПЛА теряет связь с другими БПЛА через беспроводную ячеистую сеть, он может активировать альтернативный метод беспроводной связи для восстановления соединения. Например, если БПЛА не может связываться с любыми другими БПЛА через ячеистую сеть, он может активировать канал сотовой и/или спутниковой связи для получения необходимой информации из системы управления БПЛА. Если альтернативный метод связи не активировался, то дрон может автоматически и автономно



перемещаться в указанное место (например, в ближайшую автономную базовую станцию) [5,7].

При решении данной задачи принимается использование дронов. Для аппаратной части предлагаемого решения необходимо использование следующих элементов, приведенных в табл. 2

Таблица 2 - Необходимые комплектующие для работы дрона в режиме поиска и распознавания объектов

№	Комплектующие	№	Комплектующие
1	Raspberry Pi 4	4	Плата питания 5В 3А
2	RaspberryPiCamera v2	5	Аккумулятор
3	SD-card	6	Полетный контроллер (PixHawk 2.4.8)
4	Дрон, квадрокоптер	7	GPS-Антенна

Данное аппаратное обеспечение устанавливается на беспилотник, который дистанционно управляется оператором. На рисунке 3 приведен фрагмент исходного кода на языке Python, при помощи которого осуществляется автономная навигация дрона и распознавание объектов при помощи машинного зрения.

```
import rospy
from clover import srv
from std_srvs.srv import Trigger
from mavros_msgs.srv import CommandBool
import math
import pigpio

rospy.init_node('flight')

get_telemetry = rospy.ServiceProxy('get_telemetry', srv.GetTelemetry)
navigate = rospy.ServiceProxy('navigate', srv.Navigate)
land = rospy.ServiceProxy('land', Trigger)
arming = rospy.ServiceProxy('mavros/cmd/arming', CommandBool)

def navigate_wait(x=0, y=0, z=0, yaw=float('nan'), speed=0.5, frame_id='', auto_arm=False, tolerance=0.20):
    navigate(x=x, y=y, z=z, yaw=yaw, speed=speed, frame_id=frame_id, auto_arm=auto_arm)

    while not rospy.is_shutdown():
        telem = get_telemetry(frame_id='navigate_target')
        #print(telem.z)
        if math.sqrt(telem.x ** 2 + telem.y ** 2 + telem.z ** 2) < tolerance:
            break
        rospy.sleep(0.2)

def landing(frame_id):
    rospy.sleep(7)
    navigate_wait(x = 0, y = -0.05, z = 0.55, yaw = math.radians(90), speed = 0.15, frame_id=frame_id, tolerance=0.1)
    print('landing')
    land()
    rospy.sleep(0.5)
    arming(False)

print("[INFO] loading model...")
net = cv2.dnn.readNetFromCaffe(args["prototxt"], args["model"])
CONSIDER = set(["person", "bus"])
objCount = {obj: 0 for obj in CONSIDER}
frameDict = {}
lastActive = {}
lastActiveCheck = datetime.now()
ESTIMATED_NUM_PIS = 4
ACTIVE_CHECK_PERIOD = 10
ACTIVE_CHECK_SECONDS = ESTIMATED_NUM_PIS * ACTIVE_CHECK_PERIOD
```

Рис. 3. Фрагмент исходного кода

В итоге данное аппаратное и программное обеспечение устанавливается на беспилотник, который дистанционно управляется оператором. Дрон собирает информацию о людях на остановках, происходит подсчет, и передает данные на центр управления или сервер мониторинга обстановки. Для анализа изображения необходимо на языке Python сделать обработку и описать распознавание на основе нейронной сети [4].

Подобранные комплектующие позволяют использовать RaspberryPi для того, чтобы запрограммировать автономный полет БАС. Чаще всего программа для автономного полета



пишется на языке Python. Программа может получать телеметрию (заряд батареи, ориентацию, расположение и т. д.) и отправлять команды: полететь в точку, установить ориентацию, угловую скорость и т. д. На рисунке 4 приведен результат работы исходного кода с применением описанной выше аппаратной платформы дрона.



Рис. 4 – Пример реализации идентификации объектов при помощи машинного зрения

При интеграции беспилотной авиационной системы в существующую систему управления городского пассажирского транспорта, появится возможность получить информацию о загруженности городских остановок общественного транспорта, а также эффективно перераспределять городской транспорт по перегруженным маршрутам в реальном времени. Однако на текущий момент существуют определенные сложности интеграции дронов в подобную сеть. В первую очередь это связано с безопасностью применения летающих дронов в городской среде, требуется большая работа, связанная с адаптацией методов навигации, увеличение времени полета, а также внесение изменения в методы регулирования полетов внутри города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пассажирские автомобильные перевозки: Учебник / Л. Л. Афанасьев, А. И. Воркут, А. Б. Дьяков — М.: Транспорт, 1986. — 220 с.
2. Костин А. С., Майоров Н. Н. Анализ пассажиропотока остановок городского транспорта на основе использования беспилотных авиационных систем // Организация и безопасность дорожного движения. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 367–372.
3. Королева Н. В., Левченко А. С. Состояние и перспективы развития рынка беспилотных авиационных систем гражданского назначения // Актуальные научные исследования в современном мире. 2016. № 11–2 (19). С. 77–79.
4. Основные концепции нейронных сетей / Каллан Р.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 291с.
5. Костин А. С., Еленин Д. В. Методы доставки грузов при помощи беспилотных летательных аппаратов. // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №1(23). – СПб.: ГУАП., 2019 – с. 55–64
6. Missionplanner [Электронный ресурс] // Геофизическая аппаратура, программное обеспечение и оборудование для геологоразведочной отрасли - Режим доступа: <http://www.agtsys.ru/catalog/product/view/271/88> (дата обращения: 07.09.2021).
7. Майоров Н. Н. Основы автономного управления беспилотными авиационными системами для решения транспортных задач: учебно-методическое пособие / Д. В. Еленин, А. С. Костин, Н. Н. Майоров - Санкт-Петербург: ГУАП, 2020. - 71 с.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

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 AUTHOR

Kostin Anton Sergeevich —

Assistant of the Department of System Analysis and Logistics

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, BolshayaMorskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: anton13258@mail.ru