

DOI:

## ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕТНОГО ЗАДАНИЯ БПЛА В УСЛОВИЯХ ГРУППОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Трефилов П.М., Мамченко М.В., Кулагин К.А.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия, г. Москва  
ул. Профсоюзная д.65*

*petertrfi@gmail.com, markmamcha@gmail.com*

*Аннотация: В статье описан обобщенный процесс построения виртуального полигона с интегрированной геоинформационной системой для моделирования полетных заданий беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Возможности полигона позволяют формировать полетные задания для одиночных БПЛА и их групп и экспортировать отработанные задания для проведения натурных полетов.*

Ключевые слова: БПЛА, полигон, моделирование, виртуальная среда, групповое управление.

### Введение

На сегодняшний день подавляющее большинство существующих беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) потребительского сегмента являются дистанционно управляемыми, т.е. подразумевает наличие оператора, осуществляющего непрерывный контроль полета БПЛА. Подобный подход не актуален при применении беспилотной авиации для решения продолжительных по времени повседневных задач, например, мониторинга местности большой площади, распыления удобрений и др. [1].

Другим недостатком наличия оператора в контуре управления БПЛА является человеческий фактор, наиболее негативно влияющий на исход полета. Причинами неудачных полетов, закончившихся авариями, в основном являются неправильно поданные оператором команды на БПЛА, слабый уровень подготовки операторов, а также игнорирование условий окружающей среды, перепадов высот и особенностей рельефа местности.

При построении полетных заданий необходимо учитывать, что оператору и вычислительному устройству на борту БПЛА необходимо получать и обрабатывать большое количество данных, поступающих с датчиков (телеметрия, энергоёмкость и другие). Зачастую эта информация разнородна, что усложняет архитектуру системы и вычислительные процессы, а также нагрузку на оператора. Оптимизировать управление и сэкономить ресурсы возможно с помощью моделирования параметрической среды в виртуальном полигоне.

### 1 Постановка задачи

Основными задачами статьи являются формирование требований, предъявляемых к функциональным возможностям подобного виртуального полигона для отработки полетных заданий как одиночных БПЛА, так и их групп, описание процесса построения виртуального полигона, описание особенностей использования виртуального полигона для формирования полетного задания группы БПЛА.

Сама концепция виртуального полигона подразумевает в первую очередь наличие адекватного компьютерного моделирования реальной местности, в том числе для визуализации процесса формирования полетного задания. При использовании виртуального полигона должна быть реализована функция экспорта маршрута, пройденного виртуальным БПЛА, в полетное задание для реального летательного аппарата. В связи с этим требуется не только создать виртуальную карту реальной местности, но и осуществить привязку реальных географических координат. Осуществление множества виртуальных полетов БПЛА позволит на практике получить оптимальный маршрут для экспорта в реальный летательный аппарат.

При моделировании окружающей среды в виртуальном полигоне должны также учитываться динамика движения БПЛА, его габариты и энергоёмкость, сетевая инфраструктура передачи данных, а также физические особенности объектов моделирования и среды (рельеф, погодные условия, возмущающие воздействия и другие). Учитывая динамику изменения среды проведения натурных экспериментов и факторов внешних влияний, оптимальным решением должна стать разработка полигонной базы с фиксированными и изменяющимися условиями виртуальной окружающей среды.

В виртуальном полигоне должна присутствовать возможность программирования существующих и разрабатываемых алгоритмов управления, технического зрения, навигации и взаимодействия с

окружающей средой для их адекватного тестирования в виртуальной среде, максимально приближенной к реальной.

В целях отработки вопросов группового управления должна быть реализована возможность планирования полетных заданий для группы БПЛА и их экспорта в реальные летательные аппараты.

Кроме того, виртуальный полигон должен иметь функции виртуального тренажера для подготовки и обучения операторов БПЛА.

## 2 Описание решения

Авторами был разработан виртуальный полигон, удовлетворяющий вышеуказанным функциональным требованиям. В частности, в виртуальном полигоне были реализованы сценарии группового управления, моделирование траектории движения БПЛА и их взаимодействия в группе [2]. Детальное описание процесса создания и возможностей разработанного виртуального полигона представлены в следующих разделах.

### 2.1 Выбор движка виртуального полигона

Для формирования виртуального полигона необходимо выбрать базовое программное обеспечение ("движок"), на котором будет реализовываться параметризация. На сегодняшний день наиболее популярными "движками" являются:

- Unreal engine – многоплатформенная среда с программированием на языке C++, используется в основном для разработки компьютерных игр;
- Unity – среда разработки компьютерных игр и сцен с собственной средой виртуализации и разработки, отличается в лучшую сторону межплатформенной поддержкой и модульностью систем и компонентов;
- Rage – виртуальная среда разработки игр от компании Rockstar Games. Имеет встроенные наборы инструментов для работы с графическими, физическими, звуковыми и анимационными моделями, а также готовые реализации игрового искусственного интеллекта и сетевого гейминга;
- Serious Engine – платформа для разработки игр с встроенной системой HDR-рендеринга, поддержкой попершинного освещения и затенения, а также шейдерных эффектов.

Каждая из представленных сред обладает своими преимуществами и недостатками. Например, Rage имеет закрытый исходный код, а Serious Engine применяется в основном для разработки графических, а не физических моделей. Рассматривая Unreal engine и Unity, можно отметить, что значительным преимуществом первого "движка" будет лучшее программное сжатие виртуальных моделей при сохранении их качества. Таким образом, за основу виртуального полигона был взят "движок" Unreal engine [3].

### 2.2 Построение виртуальной среды

Выбрав "движок", необходимо сформировать ландшафт, который будет использоваться в виртуальной среде. Для приближения к реальным условиям использовался ортофотоплан и модель Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Ортофотоплан формировался с помощью квадрокоптера (высота полета 100 м) с 70% перекрытием изображения для достижения наибольшей точности съемки ландшафта, при этом каждое изображение имело привязку к GPS координатам. Таким образом, на основании угловых точек с привязкой GPS координат, была сформирована карта высот, полученная со спутниковых изображений с точностью до 1 м. Затем полученный ортофотоплан накладывался на полученную карту высот, формируя рельеф виртуального пространства. Используемый подход имел довольно низкую точность, поэтому сформированная виртуальная модель имела ряд неточностей ("артефактов"). Для приближения к реальным условиям техногенные объекты масштабировались исходя из их реальных значений высот (рисунке 1).

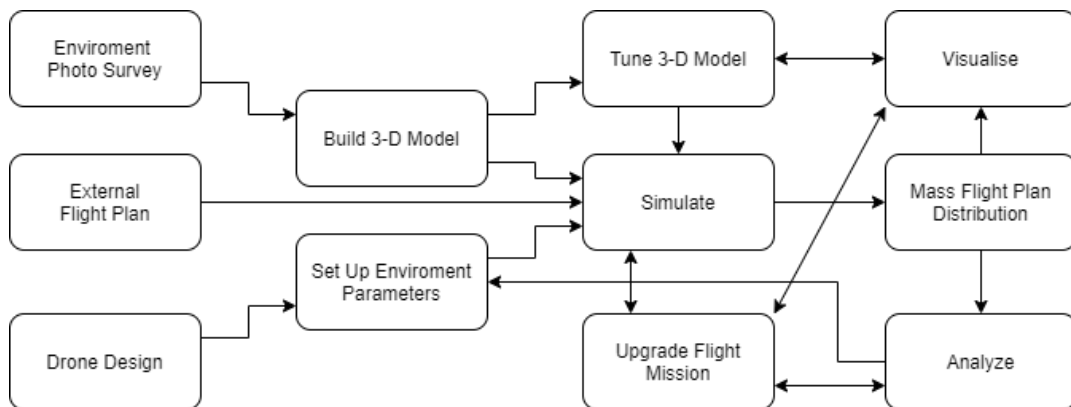


*Рис.1. Сгенерированная модель виртуальной среды*

В среде виртуального полигона учитывается физик объектов, в том числе воды и твердых поверхностей. В дальнейшем планируется доработка погодных условий.

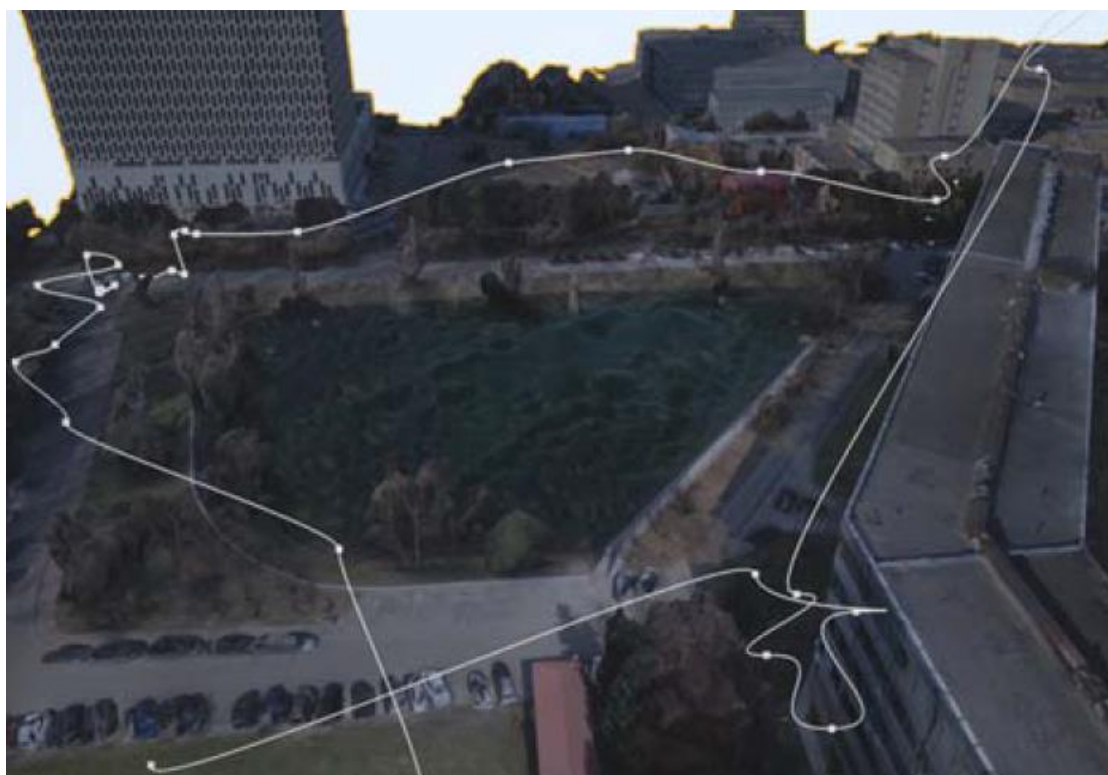
После формирования среды и масштабирования объектов была создана модель виртуального БПЛА, включающая в себя массогабаритные характеристики, динамику и инерцию движения, полученные при производстве натуральных экспериментов, а также параметры энергоемкости аккумуляторной батареи БПЛА. Следует отметить, что в виртуальном полигоне были использованы модели реально существующих БПЛА.

Полный процесс формирования виртуального полигона представлен на рисунке 2.



*Рис.2 Моделирование виртуального полигона*

Процесс управления БПЛА может осуществляться как с помощью клавиатуры, так и иных устройств ввода, в том числе пультов управления, джойстиков и сканируемых систем ввода. Вывод графической информации может производиться как на монитор, так и на очки или шлем виртуальной реальности. Виртуальная среда, максимально приближенная к реальной, и привязка к GPS координатам, позволяет программно осуществлять преобразование полета виртуального БПЛА в полетное задание для реального БПЛА, учитывая скорость, динамику объекта, а также рельеф местности. Отличительной особенностью предложенного виртуального полигона является то, что полетное задание может быть выгружено в реальный БПЛА, тем самым возможна проверка адекватности модели. При необходимости сформированное полетное задание можно воспроизвести в виртуальном полигоне в виде линии маршрута полета и при необходимости скорректировать направление и скорость БПЛА (рисунок 3).



*Рис.3. Визуализация полетного задания*

## 2.2 Реализация группового управления

Для реализации группового управления в виртуальном полигоне реализована возможность формирования движения группы по системе однорангового взаимодействия. Подобный подход подразумевает формирование самоорганизующейся сети на основе БПЛА. Метод коллективного управления заключается в том, что каждый БПЛА самостоятельно управляет процессом своего функционирования, т. е. определяет свои действия, а также согласовывает эти действия с другими агентами группы для наиболее эффективного (с минимальными затратами и максимальной выгодой для группы) решения целевой задачи [4].

Используемый режим формирования миссий для группы БПЛА подразумевает корректировку сразу нескольких маршрутов с общей привязкой (синхронизации) по времени. Для точного определения высоты полета в натурных испытаниях следует использовать станцию дифференциальной коррекции. В настоящее время в виртуальном полигоне в целях упрощения не используется модель погрешности для прерывания связи, а модель погрешности поправки спутниковой навигационной системы использована в виде белого шума.

В части группового управления виртуальный полигон позволяет формировать полетное задание для движения группы БПЛА по линейной траектории из начальной точки в конечную. Настройки программы позволяют произвольно задавать дистанцию между ними, выбирать количество «рядов» в группе, а также скорость движения группы. Кроме того, реализовано простое задание координат начальной и конечной точек маршрута движения группы. Пролет группы БПЛА в виртуальном полигоне (Рис.4) осуществляется в составе формации, при этом после завершения пролета возможно выгрузить маршрут движения каждого дрона группы и сформировать полетное задание для группы реальных БПЛА на для выполнения аналогичного передвижения на реальной местности.



Рис.4. Пролет группы БПЛА в виртуальном полигоне

## Выводы

Использование созданного авторами виртуального полигона позволяет не только повысить эффективность подготовки операторов БПЛА, но и снизить стоимость и временные затраты при подготовке к натурным полетам за счет их моделирования в условиях, максимально приближенных к реальным.

Разработанный виртуальный полигон позволяет визуализировать и формировать полетные задания не только для одиночных БПЛА, но и для отработки группового управления БПЛА при одноранговом взаимодействии.

В дальнейшем в виртуальной среде планируются доработки в области радиоэлектронной борьбы, усложнение модели прерывания сигналов между дронами в группе и со спутников GPS, реализации возможности произвольной настройки параметров окружающей среды (ветер, влажность и т.д.). Кроме того, будет усовершенствована среда визуализации виртуальных полетов и полетных данных, а также повышена эргономика управления виртуальным БПЛА.

## Литература

1. Трефилов П.М., Мещеряков Р.В., Кулагин К.А., Сенчук Д.В., Галин Р.Р., Мигачев А.Н. Виртуальный полигон как инструмент отработки сценариев полета беспилотными летательными аппаратами / Труды 1-й Всероссийской научно-практической конференции "Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития" (Воронеж, 2019), 2019. С. 167-170.
2. Трефилов П.М., Кулагин К.А., Мигачев А.Н. Применение виртуальных полигонов для отработки сценариев группового управления БПЛА мультикоптерного типа / Труды 16-й Всероссийской школы-конференция молодых ученых «Управление большими системами» (УБС'2019, Тамбов). Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. С. 156-159.
3. Wang S., Chen J., Zhang Z., Wang G., Tan Y. and Zheng Y. "Construction of a virtual reality platform for UAV deep learning," 2017 Chinese Automation Congress (CAC), Jinan, 2017, pp. 3912-3916
4. Леонов А. В. Роевой интеллект для управления БПЛА в FANET / А. В. Леонов, В. А. Чаплышкин. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 12 (116). — С. 314-317.