



Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕТНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

(Самарский университет)

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) многовинтового типа востребованы во многих областях деятельности. Актуальным видится их применение для точной адресной доставки малогабаритных грузов как в городской среде с высоким уровнем урбанизации, так и на труднодоступной пересеченной местности. Полеты воздушных судов осуществляются в соответствии с полетными планами (картами), которые согласуются с контролирующими органами. С целью повышения оперативности формирования полетного плана и его согласования, видится разумным создание автоматизированной системы, обеспечивающей формирование полетных планов с контролем безопасности полетов БПЛА в заданных эшелонах и коридорах и отслеживания местоположения БПЛА на электронной карте.

Разработана транспортная геоинформационная система формирования полетных планов для БПЛА, которая предназначена для автоматизации работ по формированию полетных карт для осуществления перевозочной и сопряженной с ней деятельности в интересах перевозчиков и логистических организаций, собственников БПЛА, логистических диспетчерских центров управления полетами и перевозками. Автоматизация выполняется на основе геоинформационной системы ITSGIS, электронной векторной карты, модели транспортной сети и базы данных объектов транспортной инфраструктуры.

Полетная карта предназначена для формирования маршрута движения БПЛА (от одной посадочной платформы до другой) при перевозке малогабаритного груза от поставщика к потребителю с учетом штатных и нештатных ситуаций. Посадочная платформа предназначена для безопасного взлета и посадки БПЛА в условиях городской зоны, где присутствует сложность в определении пространственного положения БПЛА, ограничено пространство для маневрирования. Все посадочные платформы дислоцируются на электронной карте и включаются в полетную карту БПЛА (рис. 1). Посадочные платформы в разработанной системе по назначению подразделяются на следующие виды: взлета (исток), посадки (сток), подзарядки, ремонта (станции технического обслуживания) и посадки в критических ситуациях.

Система состоит из следующих модулей:

- модуль, обеспечивающий построение маршрутов в «ручном» и «автоматическом» режимах с контролем целостности и безопасности, ограничениях полетных зон (рис. 1);
- модуль формирования полетного плана в формате, совместимом с БПЛА;



- модуль формирования документации, необходимой для согласования полетного плана с контролирующими органами;
- модуль хранения истории выданных полетных планов;
- модуль для симуляции полета (рис. 2) в виде веб-приложения.

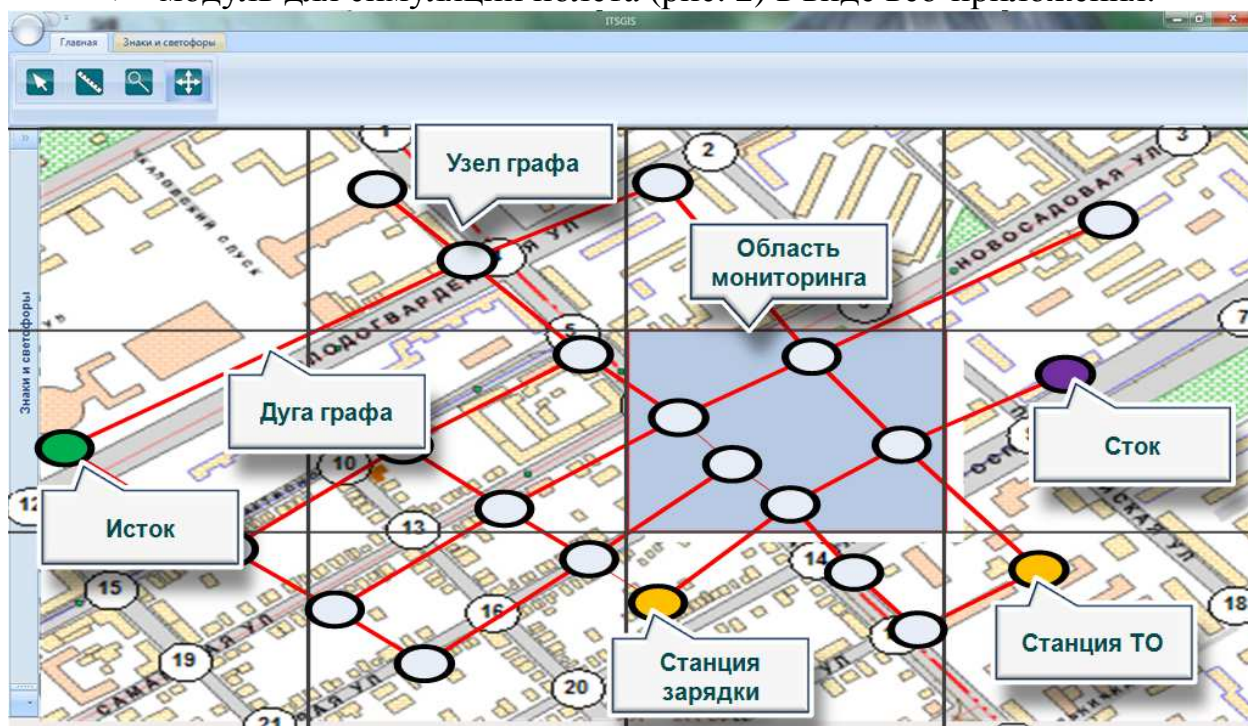


Рис. 1. Пример полетной карты для БПЛА в среде ITSGIS

Графовая модель транспортной сети для формирования маршрута движения БПЛА формируется из следующих сущностей.

Участок – участок транспортной сети, представленный набором координатных пар, описываемый единым набором физических параметров.

Узел – место разделения потоков БПЛА. Узел является вершиной ориентированного графа, канализирующего транспортные потоки, всегда лежит на стыке двух участков и показывает возможность движения с одного участка на другой в направлении, определяемом соответствующей дугой.

Дуга – элемент ориентированного графа, задающий направление движения транспортного потока на участке и содержащий соответствующие характеристики. Двум узлам поставлена в соответствие одна дуга, определяющая направление движения, либо две дуги, определяющие место разворота (смены направления движения). По одному участку может проходить несколько дуг (потоков), но дуга может находиться только внутри единственного участка.

На основе графовой модели полетных карт БПЛА в ITSGIS разработаны алгоритмы построения маршрутов (Дейкстры, Литтла, ветвей и границ, генетические, муравьиной колонии) для различных критериев оптимальности. При использовании алгоритмов в составе полетной карты, исполняемой управляющим устройством автопилота БПЛА, присутствует дополнительный критерий – минимальное время работы алгоритмов поиска оптимальных маршрутов, необходимое для эффективной работы системы посадки БПЛА в случае возникновения нештатной ситуации.



Сравнительный анализ работы алгоритмов проводился по предполагаемому времени прохождения БПЛА построенного маршрута при различных размерах графа транспортной сети и различных условиях полета. Весовые характеристики графа транспортной сети, правила переходов по дугам рассчитаны, известны и неизменны. Исследование проводилось за 30 циклов. На каждом цикле автоматически формируется граф транспортной сети с заданными характеристиками. Все испытания алгоритмов проводились в одинаковых условиях с использованием единого тестового комплекса оборудования.

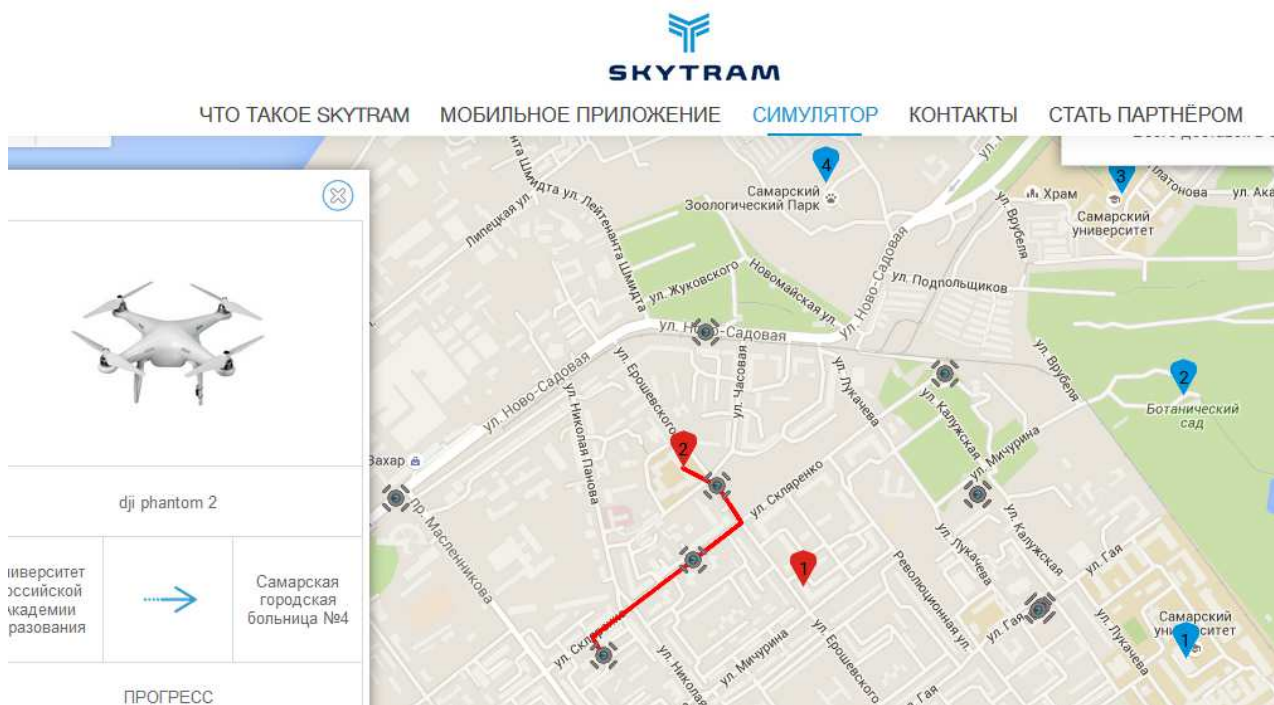


Рис. 2. Веб-приложение для симуляции полета БПЛА

Формирование полетного плана осуществляется с учетом следующих ограничений: грузоподъёмность, тип подвеса, вид продукции к перевозке, время полета, время ожидания посадки, время работы аккумуляторов, область выхода на маршрут, область ожидания очереди на посадку, расстояние до аварийной посадочной платформы, расстояние от запретных для полетов зон, скорость ветра, расстояние видимости, температура воздуха, атмосферное давление, осадки, время суток, уровень шума.

Дальнейшая работа будет направлена на построение составных маршрутов (облет БПЛА заданного количества точек на графе). Кроме этого, перспективным направлением развития видится переход от автономного управления маршрутом к динамическому, при котором выбор оптимальных маршрутов и своевременная их корректировка происходит в процессе полета БПЛА с учетом изменившейся ситуации в транспортной сети, а также с учетом возможных изменений критериев выбора маршрутов.



Литература

6. Амелин, К.С. Метод ориентирования сверхлегкого БПЛА при редком обновлении данных о его местоположении / К.С. Амелин // Стохастическая оптимизация в информатике. – 2014. – Т. 10, № 2. – С. 3-14.
7. Варельджян, К.С. Оптимизация траектории движения БПЛА в летающих сенсорных сетях / К.С. Варельджян, А.И. Парамонов, Р.В. Киричек // Электросвязь. – 2015. – № 7. – С. 20-25.
8. Головнин, О.К. Веб-ориентированная система информационной поддержки управления транспортной инфраструктурой / О.К. Головнин, А.Н. Имамудинов // Intelligent Technologies for Intelligent Decision Making Support : proceedings of the 4th International Conference, Vol. 1, Ufa, Russia, 2016. – P. 133-138.
9. Гончаров, В.С. Моделирование САУ для настройки и корректировки автопилота БПЛА / Гончаров В.С. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 7-1 (18-1). – С. 290-294.
10. Карцев, Н.В. Планирование траектории полета БПЛА / Н.В. Карцев, О.С. Салыкова // Образование и наука в современных условиях. – 2016. – № 1(6). – С. 266-268.
11. Куликов, Г.В. Оценка качества связи с БПЛА в условиях городской застройки / Г.В. Куликов, С.С. Тамбовский // Российский технологический журнал. – 2015. – № 1 (6). – С. 205-217.
12. Михеев, С.В. Учёт мультиколлинеарных атрибутов пространственно-распределённых данных, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов / С.В. Михеев, А.А. Федосеев, О.К. Головнин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 2 (5). – С. 1053-1057.
13. Михеева, Т.И. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы : материалы IV Междунар. научно-практической конф. – Казань : НЦБЖД, 2016. – С. 362-368.
14. Пискаев, К.Ю. Разработка информационной системы контроля БПЛА классической компоновки / К.Ю. Пискаев, Н.А. Гребенников, А.А. Кияев // Современные информационные технологии. – 2015. – № 21. – С. 134-140.
15. Степанов, Д.Н. Методики сопоставления особых точек в задаче визуальной навигации БПЛА / Д.Н. Степанов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2015. – Т. 4, № 4. – С. 32-47.
16. Ткачев, С.Б. Автоматическая генерация сложных пространственных траекторий БПЛА и синтез управлений / С.Б. Ткачев, А.П. Крищенко, А.Н. Канатников // Математика и математическое моделирование. – 2015. – № 1. – С. 1-17.