

ОБЛЕТ ДРОНАМИ-КВАДРОКОПТЕРАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

А. Н. КРАСОВСКИЙ,
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой,
О. А. СУСЛОВА,
аспирант, заведующая лабораторией,
Уральский государственный аграрный университет
(620075, ул. К. Либкнехта, д. 42; тел.: 8 (343) 221-40-29)

Ключевые слова: квадрокоптер, дрон, гнездо, цель, облет, видеосеанс.

В статье рассматривается облет целей и их наблюдение с помощью квадрокоптеров (дронов), снабженных видеокамерами. Предполагается, что сигнал с видеокамер, установленных на дроне, может передаваться в некоторый удаленный пункт – центр наблюдения и управления. Цели для облета представляют какие-либо объекты сельскохозяйственных угодий – поля, амбары, фермы и т. д. Необходимым условием является присутствие вдоль рассматриваемых сельскохозяйственных угодий линий электропередач типа ЛЭП-500 или других модификаций либо просто проводов под напряжением, натянутых между столбами. Во всяком случае, наличие каких-либо конструкций типа ферм или столбов играет важнейшую роль в решении поставленной задачи. Предполагается, что на указанных конструкциях будут базироваться так называемые гнезда – места подзарядки аккумуляторных батарей дронов. В работе рассматривается случай, когда в схеме облета, наблюдения и управления участвуют несколько дронов – от трех и более. Схема облета такова, что из центра управления, удаленного от сельскохозяйственного угодья сколь угодно далеко, подается сигнал дрону, базирующемуся в гнезде, расположенном как можно ближе от предлагаемой цели обследования. Дрон, управляемый из центра, направляется к указанной цели и ведет видеосъемку с передачей видеоизображения наблюдателю, находящемуся в центре управления. После этого дрон возвращается к месту своего базирования в гнездо. Предлагается оптимизировать время полета, которое, вообще говоря, определяется энергетическими запасами квадрокоптера. Модель облета квадрокоптером сельскохозяйственного угодья была протестирована авторами статьи с использованием имеющегося дрона-квадрокоптера.

OVERFLIGHT OF AGRICULTURAL LANDS BY DRONES-QUADROCOPTERS

A. N. KRASOVSKII,
doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of department,
O. A. SUSLOVA,
graduate student, head of laboratory,
Ural State Agrarian University
(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg; tel.: +7 (343) 221-40-29)

Keywords: quadcopter, drone, nest, target, overflight, video session.

The problem of fly-around goals and monitoring of them by quadcopters (drones) equipped with video cameras is considered in the article. It is assumed that the signal from the cameras mounted on the drones can be transferred to some remote location – the center of monitoring and control. Objectives for the flyby are any objects of agricultural land – fields, barns, farms, etc. A prerequisite is the presence of farmland considered along power lines, such as 500 kV transmission line or other modifications, or simply live wires strung between the pillars. In any case, the presence of any type of farm structures or pillars is crucial in addressing this problem. Namely, it is assumed that these structures will be based so-called nests – places recharging batteries drones. In this paper we consider the case when the circuit flyby, monitoring and control involve several drones – three or more. Driving flyby is that from the control center, remote from the farm land as far as desired, an alarm drones based in the nest, located as close as possible on the proposed objectives of the survey. Drone controlled from center goes to this purpose and leads video recording with video observer located in the control center. After that, the drone returns to the site of his home into the appropriate slot. Some optimization problem of flight time, which is generally determined by the energy reserves quadcopters provides. The model of overflight of some agricultural area was simulated by authors with using drone-quadrocopter.

Положительная рецензия представлена В. В. Стружановым,
доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Института машиноведения УрО РАН.



Рассмотрим некоторое сельскохозяйственное угодье (поле, ферму и т. д.), на котором расположено некоторое количество объектов и вдоль которого проходит линия проводов под напряжением, имеющая промежуточные крепления, например, на столбах. Изобразим это условно на рис. 1. Предположим, что в нашем распоряжении имеется некоторое количество дронов-квадрокоптеров (рис. 2). Не вдаваясь в конструктивные особенности, отметим лишь, что дрон-квадрокоптер – это небольшая, легкая конструкция квадратной формы, по углам которой расположены четыре винта, способные направлять дрон как вверх, так и по горизонтали. Фактически это маленький вертолет (англ. helicopter). Дрон снабжен видеокамерами, вмонтированными в его корпус, способными проводить наблюдение и видеосъемку в вертикальной и в горизонтальной плоскостях. По периметру корпус дрона снабжается «защитой», например, каучуковым жгутом, оберегающей его корпус от ударов при столкновениях. На системе управления полетом дрона остановимся ниже, а сначала приведем обоснование предлагаемой схемы облета целей, входящих в сельскохозяйственное угодье.

На столбах (желательно на каждом) устанавливаются «гнезда». Конструктивно гнездо – это место, где располагается в покое дрон с выключенными двигателями, оно снабжено зарядным устройством, «запитанным» от электропроводов, протянутых вдоль столбов. Ориентировочно напряжение сети должно быть в пределах 220 вольт, хотя допускается зарядка аккумулятора дрона и от электрической сети с большим напряжением. При этом количество гнезд на столбах может и даже должно быть больше количества имеющихся в наличии дронов. Это объясняется тем, что, возвращаясь с «задания» по съемке объекта и имея, вообще говоря, маленький запас энергии и «летного времени», дрон может полететь не на место своей постоянной дислокации, а к ближайшему гнезду для подзарядки, если только оно не занято другим квадрокоптером. После под-

зарядки дрон может перелететь на базовое место. Понятно, что дрон не обладает интеллектуальными способностями и решить такую задачу самостоятельно не может. Эту задачу для него и выбор траектории движения, оптимальной по затратам на полет времени, осуществляет оператор или автоматизированная электронная система, находящиеся в центре управления. Чтобы подчеркнуть трудность решаемой, а в некоторых случаях и не имеющей решения задачи, заметим, что каждый дрон-квадрокоптер имеет определенный ресурс времени полета, определяемый полностью заряженным аккумулятором. В большинстве доступных по стоимости конструкций это время между зарядками составляет 10 мин. Таким образом, на время полета до цели и возвращения обратно до ближайшего гнезда (рис. 3) в распоряжении дрона и, конечно же, оператора, руководящего его управлением, имеется всего 10 мин. В случае полного расходования этого ресурса времени и недолета дрона до гнезда он просто совершает посадку и «ждет дальнейших указаний». Это означает, что либо к нему выезжает кто-либо и забирает его, либо приезжает специалист и доставляет его до ближайшего гнезда для подзарядки аккумулятора. Также полет дрона может сопровождаться какой-либо техникой, снабженной генератором, например, автомобилем.

Остановимся более подробно на центре управления. Конечно, центр управления дроном не имеет ничего общего с центром управления, например, космическими полетами и даже диспетчерской службой аэропорта. Мы рассматриваем случай использования дронов в сельской местности, например, в условиях функционирования некоторого небольшого кооперативного хозяйства. В административном здании данного хозяйства, даже, может быть, на столе руководителя этого хозяйства или одного из его сотрудников установлен монитор компьютера, соединенного через сеть Интернет с видеокамерами каждого дрона из числа имеющихся в распоря-

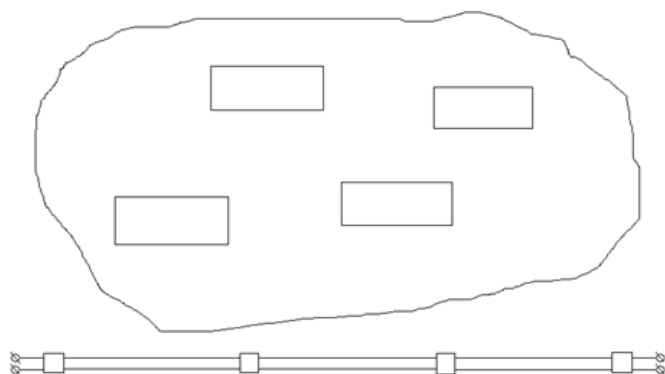


Рис. 1. Сельскохозяйственное угодье



Рис. 2. Дрон-квадрокоптер с видеокамерой

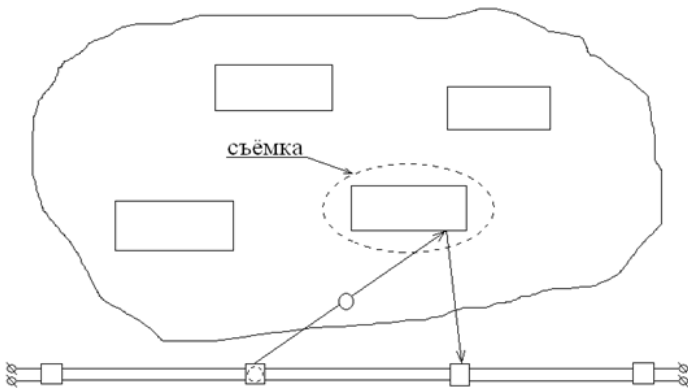


Рис. 3. Полет до цели, съёмка и возвращение



Рис. 4. Центр наблюдения и управления

жении. Руководитель дает команду оператору, находящемуся в этом же помещении (рис. 4), направить дрон для наблюдения или видеосъемки какого-либо объекта. Оператор выбирает дрон, расположенный в непосредственной близости от объекта, и направляет его туда. При этом предполагается, что аккумулятор дрона полностью заряжен и в нашем распоряжении 10 мин. Руководитель видит на мониторе, как летит дрон над угодьем, приближается к объекту и проводит его наблюдение. Если объект полностью не входит в «кадр», дрон либо может быть поднят на большую высоту для «захвата картинки» всего объекта, либо производит облет объекта. Предположим, что на все время наблюдения и съемки ушло 7 мин. Оператор сообщает руководителю, что дрон необходимо вернуть к ближайшему гнезду для подзарядки аккумулятора. В некоторых случаях зарядное устройство (электросеть) может находиться в самом объекте или непосредственной близости от него. В этом случае оператору нет необходимости возвращать дрон до ближайшего гнезда на столбе, просто от электросети или генератора произвести зарядку аккумулятора и при необходимости продолжить наблюдение за объектом. Конечно, при подзарядке на мониторе руководителя интересующей его картинки объекта не будет. В остальных же случаях оператор вынужден направлять дрон из хозяйства (например, поля) к ближайшему столбу с гнездом, и на этот полет остается всего 3 мин. Если оператор знает,

что на обратный путь требуется большее время, он вынужден сократить время нахождения дрона над объектом.

Может показаться, что представленная схема облета несовершенна. Но, во-первых, рассмотрена модель облета в первом приближении с использованием простейших квадрокоптеров, имеющих небольшую стоимость. Во-вторых, линии электропередач со столбами обычно идут не на большом удалении от объектов, за которыми следует вести наблюдение (видеосъемку). И, наконец, в каждом конкретном случае можно сделать оценку – будет ли достаточным применение дронов данного класса. Известно, что в настоящее время имеется большой спектр дронов различной «мощности». Под мощностью дрона мы понимаем такие его характеристики, как дальность и максимальная высота полета, максимальное время полета. Например, широко известны сейчас дроны, применяемые в военном деле. Такие дроны, вплоть до беспилотных самолетов, достаточно больших габаритов, могут совершать длительные разведывательные перелеты над территорией противника. Авторы статьи ограничились простейшей моделью и разработали некоторую схему процесса облета дронами-квадрокоптерами сельскохозяйственных угодий.

Авторы благодарят генерального директора научно-производственного центра «VIDICOR», доктора физико-математических наук В. В. Прохорова за ценные советы.

Литература

1. Ардентов А. А., Бесчастный И. Ю., Маштаков А. П. и др. Алгоритм вычисления положения БПЛА с использованием системы машинного зрения // Программные системы: теория и приложения. 2012. № 3. С. 23–29.
 2. Белинская Ю. С., Четвериков В. Н. Управление четырехвинтовым вертолетом // Наука и образование. 2012. № 5. С. 157–171.
 3. Белоконь С. А. и др. Управление параметрами полета квадрокоптера при движении по заданной траектории // Автометрия. 2012. № 5. С. 32–41.
 4. Будаи Б. Т., Красовский Н. А. К вопросу о повышении точности измерения координат // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2008. Т. 6. № 69. С. 85–91.
- www.avu.usaca.ru



5. Будаи Б. Т., Красовский Н. А. Оценка параметров «смаза» изображения в замкнутых контурах управления оптико-электронных систем // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. Т. 3. № 80. С. 166–174.
6. Золотухин Ю. Н. и др. Управление траекторным движением группы мобильных роботов: моделирование и эксперимент // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2010) : материалы X Междунар. конф. Новосибирск, 2010. С. 101–106.
7. Степанов Д. Н., Тищенко И. П. Задача моделирования полета беспилотного летательного аппарата на основе системы машинного зрения // Программные системы: теория и приложения. 2011. № 4. С. 33–34.
8. Бристо П.-Дж., Каллу Ф., Виссир Д., Пети Н. Навигация и технология управления дронами // 18-й Мировой конгресс ИФАК. Милан, 2011. С. 1477–1484.
9. Энгель Дж., Стурм Дж., Кремерс Д. Точный фигурный полет квадрокоптера, использующего бортовое оптическое и инерционное зондирование // Труды симпозиума по оптическому управлению мобильными роботами Международной конференции интеллектуальных роботосистем (ВиКоМоР). 2012. 13 окт.
10. Меллингер Д., Кумар В. Генерация минимальной траектории оснастки и управление квадрокоптерами // Труды Международной конференции по робототехнике и автоматике. 2011. Май.

References

1. Ardentov A. A., Beschastnyi I. Yu., Mashtakov A. P. Algorithm for calculating the position of the UAV using machine vision systems // Software Systems: Theory and Applications. 2012. № 3. P. 23–29.
2. Belinskaya Yu. S., Chetverikov V. N. Management four screw helicopter // Science and Education. 2012. № 5. P. 157–171.
3. Belokon S. A. et al. Control of the parameters of flight quadcopters when moving along a predetermined path // Autometry. 2012. № 5. P. 32–41.
4. Budai B. T., Krasovskii N. A. On the issue of improving the accuracy of measurement of coordinates // Scientific and technical sheets of St. Petersburg State Polytechnic University. Computer science. Telecommunications. Management. 2008. Vol. 6. № 69. P. 85–91.
5. Budai B. T., Krasovskii N. A. Estimation of the image «smear» parameter in the closed circuit control of optoelectronic systems // Scientific and technical sheets of St. Petersburg State Polytechnic University. Computer science. Telecommunications. Management. 2009. Vol. 3. № 80. P. 166–174.
6. Zolotukhin Yu. N. et al. Management of group movement trajectory of mobile robots: modeling and experiment // Actual problems of electronic instrument (APEP 2010) : proceedings of the X Intern. conf. Novosibirsk, 2010. P. 101–106.
7. Stepanov D. N., Tishchenko I. P. The problem of modeling the flight unmanned aircraft based on machine vision // Software Systems: Theory and Applications. 2011. № 4. P. 33–34.
8. Bristeau P.-J., Callou F., Vissiere D., Petit N. The navigation and control technology inside the drone micro uav // 18th IFAC World Congress. Milano, 2011. P. 1477–1484.
9. Engel J., Sturm J., Cremers D. Accurate figure flying with a quadcopter using onboard visual and inertial sensing // Proceedings of the Workshop on Visual Control of Mobile Robots (ViCoMoR) at the IEEE/RJS International Conference on Intelligent Robot Systems (IROS). 2012. Oct. 13.
10. Mellinger D., Kumar V. Minimum snap trajectory generation and control for quadrotors // Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 2011. May.