

ПРИЛОЖИМОСТ НА ЛЮБИТЕЛСКИ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМИ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ (ДУЛС) ЗА РЕШАВАНЕ НА ПРИЛОЖНИ ЗАДАЧИ

Християн Цанков, Иван Парушев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, ch.tzankov@gmail.com, parushev92@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Използването на ДУЛС за решаване на разнообразни приложни задачи е изключително ново направление, което се развива активно и следва да се утвърди и наложи при решаването на редица задачи, свързани с наблюдение и изследване на земната повърхност, както и с непосредствено протичащи процеси и явления. Едно типично приложение е възможността да се генерират детайлни цифрови модели на терена, което е от изключителна важност при планиране, проектиране и мониторинг на инженерни и др. мероприятия.

Новите технологии и изключителната популярност на дроновете допринасят за появата на сравнително евтини мултикоптерни системи. Комбинирани със стандартна камера с висока резолюция (или друг вид сензор), те се явяват мощно средство за дистанционни изследвания. Налице са и редица бюджетни софтуерни решения за допълнителна обработка на получената по време на летателните мисии информация.

В настоящата работа са разгледани тестови примери проведени с квадрокоптер Phantom 3 Professional (P3P) на DJI, представляващ напълно готова за полет интелигентна система, конструирана основно за любителски цели.

Ключови думи: Дистанционни методи, дронове, геофизика, фотограмметрия, картография

APPLICATION OF NON-PROFESSIONAL REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEMS (RPAS) FOR SOLVING PRACTICAL PROBLEMS

Christian Tzankov, Ivan Parushev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, ch.tzankov@gmail.com, parushev92@gmail.com

ABSTRACT. The use of RPAS for solving different practical problems is a new approach which is actively developed and should be enhanced and affirmed in solving number of problems related to monitoring and studying Earth's surface, as well as currently ongoing processes or phenomena. A typical application is the ability to generate detailed digital terrain models, which is critical in planning, design and monitoring of engineering and others activities.

The modern technologies and the increasing popularity of the drones contributed the emergence of relatively inexpensive multicopter systems. Combined with standard high-resolution camera (or different type of sensor) they are converting into powerful tool for remote sensing. Additionally, there are a number of budget software solutions for further processing the data gathered during the flight missions.

The current paper presents case studies conducted with DJI Phantom 3 Professional (P3P) quadcopter. The P3P is a fully ready to fly intelligent system designed primarily for non-professional purposes.

Keywords: Remote sensing, drones, geophysics, photogrammetry, cartography

Въведение

Многобройните възможности за приложение на мултикоптерните системи в практиката ги превръща в изключително полезен инструмент за решаване на разнообразни задачи в различни сфери на науката и практиката. Освен за практически и комерсиални цели, ДУЛС навлизат масово и като средство за лично ползване и забавление. Тези две направления имат сериозен принос за разработката и развитието на летателните апарати през последните години. От друга страна, намаляването на размерите, увеличаването на изчислителната мощ и поевтиняването на микроелектрониката са довели до бум на пазара на дронове след 2010г.

От геофизична гледна точка ДУЛС се използват за дистанционни измервания на земната повърхност. Това ги поставя в областта на дистанционните методи на изследване, в която попадат наблюденията на Земята с

помощта на сателити или специализирани самолети и хеликоптери, но в различна и специфична ниша. Те могат да бъдат полезни за изследвания на малки височини (< 100 m), както и в трудно достъпни за друг вид летателна техника райони. Те са изключително подходящи за детайлни, локални и по-рядко регионални измервания. Разделителната способност на дрона зависи от техническите характеристики на използвания при наблюдението сензор, но в общия случай е по-висока от тази на сателитите и самолетите.

Едни от най-популярните приложения на ДУЛС са свързани с дистанционното заснемане на земната повърхност, както и със създаването на триизмерни теренни модели. Възможността за бърза, евтина и полуавтоматична реализация на тези задачи, без участие на пилот и специално обучен екип, дава значително предимство на ДУЛС.

Области на приложение

Най-общо, същността на дистанционните изследвания е в получаване информация за обекта, предмет на интерес, чрез измерване на негови характеристики от разстояние – без контакт с него, както и обработка на получената по този начин информация (Мардиросян, 2015). Съгласно това определение, комбинацията между сравнително евтините съвременни ДУЛС и стандартна камера с висока резолюция (или друг вид сензор) се явява мощно средство за дистанционни изследвания. Налице са и редица бюджетни софтуерни решения за допълнителна обработка на информацията.

Съвременните дронове са идеални за близко до земната повърхност картографиране при изключително високи нива на детайлност. Някои от най-важните области, в които снабдените със стандартна, спектрална или инфрачервена камера ДУЛС навлизат и се утвърждават все по-категорично са следните (Кисъов и Цанков, 2016):

- Строителство – мониторинг на процеса чрез периодично създаване на геореферирани орто-фото мозайки и цифрови повърхностни модели; изчисляване на обеми на насипи и изкопи; векторизиране и прехвърляне на данни към CAD и BIM софтуер и др.;
- Селско стопанство – мониторинг на растежа на посевите; определяне на растителния индекс NDVI, торене и др.;
- Минно дело – мониторинг на открития добив; наблюдение на отвали и насипища; изчисляване на обеми и изчертаване на контури; наблюдение на взривни полета и др.;
- Спешна помощ – бързи огледи при катастрофи; търсене на изгубени хора или жертви; спасителни мисии и др.;
- Изследване на рискови явления – наблюдение на свлачища; следене на наводнения; изследване на циклони и бури; пожари; вулкани и др.;
- Инспектиране на съоръжения – наблюдение и изследване състоянието на различни видове конструкции (сгради, покриви, мостове, язовирни стени, комини и др.); енергийна ефективност на сгради; изследване разположението и топлинните характеристики на соларни панели; инспектиране на електропроводи и тръбопроводи и др.;
- Въздушна фотограметрия – създаване на орто-фото мозайки и триизмерни модели; геодезични задачи; градско планиране; картографиране на обширни области; кадастър и др.;
- Мониторинг на околната среда – наблюдение на природни ресурси (гори, води и др.); изучаване местообитанията на видовете и тяхната миграция; геоложки наблюдения; наблюдение и мониторинг на замърсявания и др.;
- Недвижимо имущество – оглед на недвижимо имущество, околните сгради, имоти и инфраструктура; презентационни триизмерни модели на имоти и др.;
- Обучение.

В настоящата работа са представени накратко три примера, демонстриращи възможностите на любителска ДУЛС при решаване на разнообразни приложни задачи.

Технически характеристики на използваната любителска ДУЛС

По-нататък са разгледани три тестови примера, проведени с квадрокоптер Phantom 3 Professional (P3P) на DJI, представляващ напълно готова за полет интелигентна система, конструирана основно за любителски цели (фиг. 1). Използваният летателен апарат представлява квадрокоптер от среден клас. Гъвкавостта на управление, стабилността му във въздуха и вградената камера с висока резолюция окачена на триосна жирокопична стойка за стабилизация в реално време правят DJI P3P изключително подходящ инструмент за провеждане на разнообразни мисии свързани със заснемане, следене и картографиране.



Фиг. 1. DJI P3P по време на полет при тестово орто-фото заснемане

Техническите характеристики на използвания дрон са следните:

Квадрокоптер

- Тегло (с батерията и перките): 1280 g;
- Размер на диагонала (вкл. перките): 689 mm;
- Максимална скорост на издигане: 5 m/s;
- Максимална скорост на спускане: 3 m/s;
- Точност на зависване: вертикална - +/- 10cm
хоризонтална - +/- 1 m;
- Максимална скорост: 16 m/s (ATTI режим, без вятър);
- Максимална надморска височина: 6000 m;
- Работна температура: от 0°C до 40°C;
- GPS режим: GPS/GLONASS.

Камера

- Сензор: Sony EXMOR 1/2.3" еф. пикс.: 12.4 Мрх (абс. бр. пикс.: 12.76 М);
- Обектив: FOV 94° 20 mm (35 mm екв.) f/2.8, фокус в безкрайност;
- ISO: 100-3200 (видео) 100-1600 (фото);
- Скорост на затвора: 8 s -1/8000 s;
- Размер на изображенията: 4000 x 3000;
- Режими на снимане: единична снимка; серия: 3/5/7; авто-експозиция с брекетиране (АЕВ): 3/5; кадри с брекетиране и отклонение 0,7 eV; времеви серии;
- Режими на видеозапис: UHD: 4096x2160p 24/25, 3840x2160p 24/25/30; FHD: 1920x1080p 24/25/30/48/50/60; HD: 1280x720p 24/25/30/48/50/60;

- SD карта: Micro SD с максимален капацитет 64 GB (Class 10 или UHS-1);
- Максимален битрейт за видеото: 60 Mbps;
- Поддържани файлови формати: FAT32/exFAT; Фото: JPEG, DNG; Видео: MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264);
- Работна температура: от 0°C до 40°C.

Гимбъл:

- Контролиран обхват: ъгъл на наклона: от -90° до +30°;
- Стабилизация: 3-осна (тангаж, крен, отклонение от курса).

Тестови примери

Представените обекти са изследвани с квадрокоптер DJI P3P през първата половина на 2016г. При всички примери заснеманията са извършени с максимална резолюция на изображенията 12 Мрх, презастъпване 80% и вертикален наклон на камерата -90°. Показаните аерофото карти и триизмерни модели са създадени след обработка със стандартни програми за автоматична триизмерна фотограмметрия AgiSoft или Context Capture.

Обект „Дружба“

На 27.02.2016г. в района на кръстовището на бул. „Копенхаген“ и ул. „Обиколна“ в ж.к. Дружба 2 е проведено тестово орто-фото заснемане, съставено от две летателни мисии. Първата мисия е изпълнена при височина на полета 50 m над терена, а втората – при височина 40 m. В първия случай са заснети 49 ситуации по 6 успоредни профила, а във втория – 73 по 7 профила (фиг. 2).

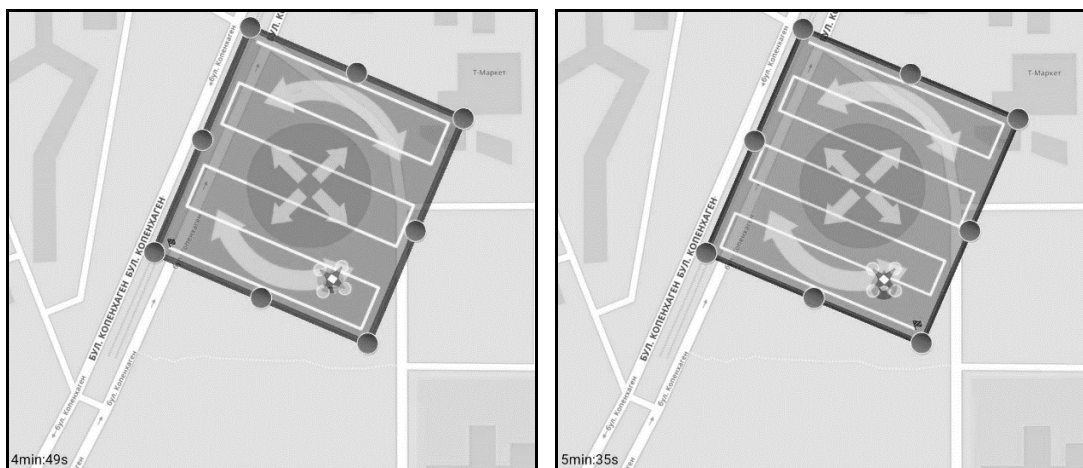
Данните от двете мисии са обработени с програма за автоматична триизмерна фотограмметрия Context Capture. За целта, изображенията са интегрирани в програмната среда, след което е извършена автоматизирана аеротриангулация, въз основа на общи елементи (контролни точки). Направен е статистически анализ и е оценено средно квадратичното отклонение на модела от изходните изображения. Като резултат е генериран цифров модел на терена, въз основа на който е създадена аерофото картата и триизмерен теренен модел (фиг. 3).

Аерофото картата се характеризира с изключително висока разделителна способност. Тя може да бъде използвана за: картографска основа, по която да бъдат отделени и векторизирани елементи от земната повърхност (пътища, шахти, дървета, стълбове и др.); извършване на геостатистически анализ на заснетия участък; планиране и проектиране на инженерни и др. мероприятия; следене и документиране развитието на дадена дейност (напр. строителство) и др.

След допълнителна диференциация на повърхностните обекти с помощта на аерофото картата (напр. разделяне на повърхностните нееднородности по типове), триизмерният теренен модел може да бъде използван за по-задълбочен геостатистически анализ. Освен това могат да бъдат изчислени приблизителните обеми на позитивни или негативни повърхностни форми. В конкретния случай моделът може да бъде използван като ориентир за мащаба на засипването на терена със строителни отпадъци. Забелязва се добре изразено структуриране на купчините в редици, което говори за организирано и мащабно депониране на отпадъците. Обемът на изхвърления материал също може да бъде изчислен, но за целта е необходимо при изчисленията да бъдат изключени позитивните форми, свързани с наличието на храсти и дървета, особено в северния и източния участък до пътя.

Обект „Кабиле“

Аерофото заснемането на терена е осъществено по време на десетдневна експедиция в средата на месец май, съгласно задача за издирване на археологически обекти с геофизични методи и въздушна фотография в района на НАР „Кабиле“, обл. Ямбол. Цялостното заснемане е осъществено чрез 10 летателни мисии. Първите седем мисии имат 1092 сцени и са изпълнени в началото на полетите работи. Те покриват по-голяма част от територията на НАР „Кабиле“, южния участък, площта, разположена източно от базата на археолозите и южните склонове на Зайчи връх. Височината на полетите е 50 m над изходната точка на мисиите. Последните три мисии (фиг. 4а) са изпълнени в края на експедицията и се състоят от 720 сцени. Две от тях обхващат източната територия на резервата при височина на полета 50 m, а третата при 100 m височина, покрива югозападния участък, включително и възвишението Зайчи връх. Именно, триизмерният модел създаден по данни от последните три мисии е представен в доклада (фиг. 4б).



Фиг. 2. План на мисиите от тестовото орто-фото заснемане при 50 m височина (вляво) и 40 m височина (вдясно)

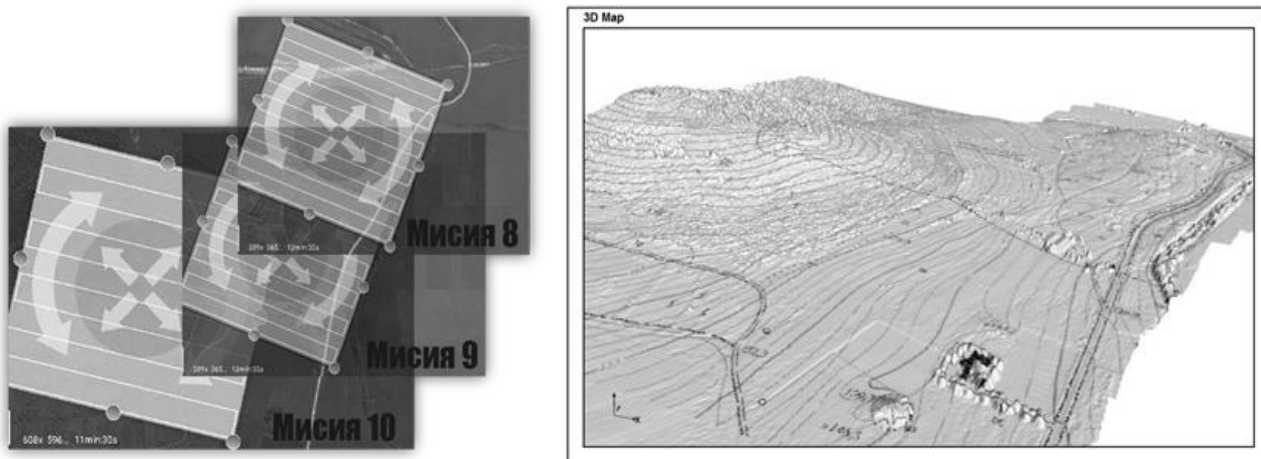


Фиг. 3. Орто-фото карта (вляво) и 3D модел на терена в района на обект „Дружба“ изграден чрез автоматизирана аеро-триангулация (дясно)

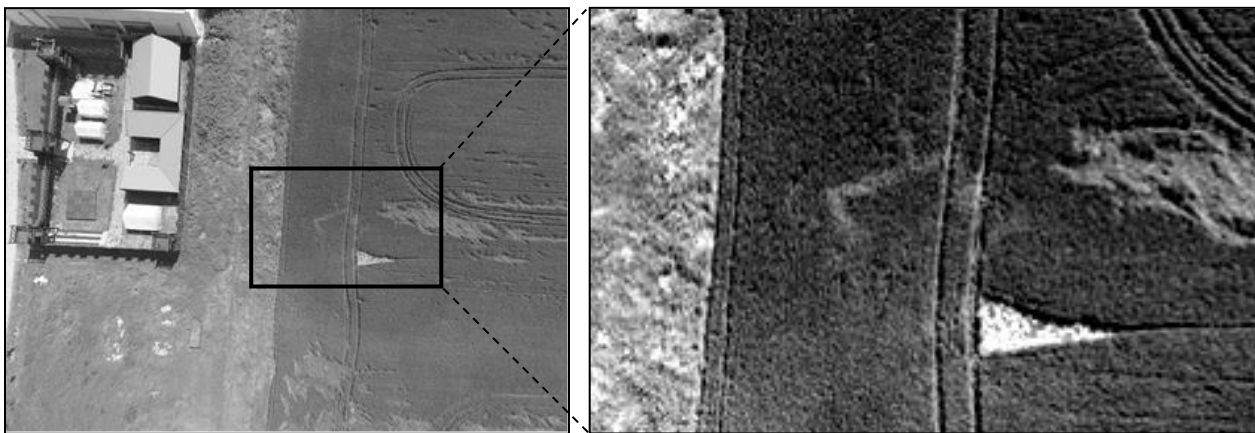
Допълнителен оглед на направените с дрона въздушни сцени, позволяват да бъдат набелязани някои подходящи за допълнителни изследвания площи. Така например, в нивите срещу южната граница на НАР „Кабиле“ е забелязан участък, в който промени в цвета на житото очертават правилна правоъгълна форма (фиг. 5). Тя може да бъде свързана с наличието на останки от структура с антропогенен характер, намираща се плитко под земната повърхност, с което оказва влияние върху развитието на посевите над нея. В няколко други сцени също са забелязани структурирани петна и оцветявания на почвата, които биха могли да бъдат от потенциален интерес при бъдещи археологически проучвания в района.

Обект „Ротондата“

В началото на месец юли във вътрешния двор между сградите на хотел Шератон и Президентството е извършено облитане на част от покривното пространство на северното крило на сградата на Президентството. Целта на изследването е търсене и локализиране на източника на теч, който се наблюдава на партера и нивото под вътрешния двор. Тъй като не са открити и предоставени подробни чертежи на сградата, а вертикалните улици, отвеждащи водата от покрива на сградата, са скрити във фасадата, се наложи използването на дрон за определяне местата на водостоците от вътрешната страна на крилото.



Фиг. 4. План на припокриване на последните три летателни мисии от обект „Кабиле“ (ляво) с изглед от създадения триизмерен модел, с наложена върху него топографска карта в мащаб 1:5000 (дясно)



Фиг. 5. Въздушна снимка на участък южно от римския лагер в НАР „Кабиле“ (ляво) с увеличен и обработен фрагмент (дясно), на който ясно се наблюдават следи от правоъгълна структура, очертана от особености в растежа на житните насаждения

Летателната мисия е осъществена за изключително кратко време (около 10 min), при което е направено видео и фото заснемане на 60 метрова отсечка от ръба на покрива, представляваща интерес за реализацията на задачата.



Фиг. 6. Участък от покрива на северното крило на сградата на Президентството, с локализираните местата на два от водостоците

След преглед на получените материали са локализирани пет водостока, с което поставената пред квадрокоптера задача е решена.

Заклучение

Представените кратки примери демонстрират уверено възможността за използване на дистанционно управляеми летателни системи от любителски клас за решаване на разнообразни по своята същност приложни задачи. Това е възможно, тъй като към настоящия момент са налице няколко основни фактора, водещи до създаването на висококачествени летателни системи на достъпни цени.

Първият основен фактор е наличието на добре развита технология за конструиране и управление на безпилотни мултикоптерни системи, в комбинация с относително лесно управление и техническа поддръжка. Относно опростените конструктивни решения и изисквания за безопасност, отсъствието на оператор на борда на летателната система е от съществен принос.

Друг важен фактор е значителното намаляване на цените на високотехнологичните летателни системи, което е повлияно от високия пазарен интерес, свързан с навлизането и използването на ДУЛС в най-разнообразни

сфери на познанието. Съществен принос има и любителският интерес към дроновете. Ниските цени на апаратурата са в пряка връзка и с падащите цени на микроелектрониката и оптичната техника.

Приложимостта на любителските ДУЛС за решаване на най-разнообразни приложни задачи произтича и от факта, че тази област на заобикалящата ни среда и възможността да се погледне света през очите на птица, доскоро бе практически недостижима за масите. Безграничните възможности, които един компактен безпилотен летателен апарат, снабден с най-обикновена камера, предоставя, тепърва ще бъдат развивани и описвани.

С представеното дотук се подчертава потенциалната възможност за използване на бюджетни любителски квадрокоптери за решаване на приложни задачи. Това не изключва отсъствието на опит на оператора, както и използването на неизправни летателни и навигационни системи.

Разбира се, необходимостта от по-висока точност, контрол и време за полет при редица практически задачи обуславя използването на специализирани, високоточни ДУЛС. При различните специализирани задачи и в зависимост от целта на изследването, освен с камера с висока резолюция, дронът може да бъде снабден и с други видове сензори, като напр. инфрачервена камера, мулти-спектрална камера, радиационен спектрометър, магнетометър, радио електро-магнитни сензори и др.

Литература

- Кисьов, Ат., Хр. Цанков. Приложение на дистанционно управляеми летателни системи (ДУЛС) за дистанционни изследвания. - *Сборник с доклади: XIV Национална младежка научно-практическа конференция*, С. ФНТС, 2016. - 66-72.
- Мардиросян, Г. *Основи на дистанционните аерокосмически технологии*. С., Изд. НБУ, 2015. - 240 с.
- Марков, Е., Н. Димитров, Ив. Парушев. Обзор на възможните приложения на безпилотни летателни системи в геофизиката. - *Сборник с доклади: 7-ма Национална конференция по геофизика „Геофизика 2015“*, С., ДГБ, 2015. - S2-O5.

Статията е рецензирана от гл. ас. д-р Деница Василева и е препоръчана за публикуване от кат. "Приложна геофизика".