

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА БЕЗПИЛОТНИТЕ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ ЗА ТЕМАТИЧНО КАРТОГРАФИРАНЕ

Я. Липийска¹

Ключови думи: безпилотни летателни апарати, фотограметрия, картографска обработка на данни

Научна област: тематично картографиране

РЕЗЮМЕ

Тематичното картографиране е най-широката област от картографията. БЛА, известен още като безпилотен самолет или дрон, е въздухоплавателно средство без пилот на борда. Неговият полет се контролира или автономно от бордови компютър, или чрез дистанционно управление от оператор. БЛА са с ниска цена и лесна експлоатация. Приложими са за малки територии и редица задачи.

Използването на БЛА за фотограметрични нужди предлага едно сравнително ново, евтино и професионално решение.

Чрез БЛА могат да се извършват геодезически измервания и бързо да се обновава топографска информация.

1. Въведение

Проектът условно може да се раздели на 2 части – фотограметрична и картографска част. Фотограметричната част се подразделя на няколко етапа – заснемане с БЛА, обработка на данните, стереовекторизиране на необходимите елементи и формиране на модел на терена. Картографската част се състои в създаване на цифрови картографски продукти.

¹ Яна Ангелова Липийска, инж., кат. „Фотограметрия и картография”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1046, e-mail: yana_angelova@abv.bg

2. Фотограметрична част

2.1. Заснемане с БЛА

Територията за летеене е съобразена със заданието и се намира в землището на село Герман, община София. Територията е с размери 1,70 x 1,09 km и площ около 1,80 km². Тя е с разнообразен характер (урбанизирана, неурбанизирана част и горска територия) и релеф (равнинен, хълмист и полупланински). Надморската височина на обекта е в границите от 585 до 690 метра. В територията попада и част от фотограметричния полигон на УАСГ.

Аерозаснемането бе извършено с БЛА модел *SwingletCam* на швейцарската компания **SenseFly**. БЛА *Swinglet CAM* е лидер в своя клас. *Swinglet CAM* е иновационен минидрон с камера с висока разделителна способност.

Swinglet CAM разполага с 12 MP камера с фокусно разстояние 24 – 120 mm. Това позволява да се достигне размер на пиксела на терена от 2 cm при височина на летеене от 50 m. Височината на полета може да достигне до 1500 метра, което съответства на 60 cm размер на пиксела.

Изцяло комплектуван *Swinglet CAM* тежи 0,5 kg. Размахът на крилата 80 cm.

Swinglet CAM може лесно и компактно да се транспортира заедно с всички необходими аксесоари. Работи с презареждаеми литиево-йонни батерии. С една батерия се осъществява полет от около 30 минути.

Малкото тегло и високотехнологичният полимер, от който е създаден, го правят едновременно безопасен и надежден. *Swinglet CAM* излита директно от ръцете на оператора и каца със спираловидно движение. Това на практика означава, че излитането и кацането могат да се осъществят навсякъде.

Системата разполага с вграден автопилот с жирокоп, акселерометър, сензори за налягане и GPS, който да изпълнява и контролира зададения летателен план.

Върховите технологии, използвани при *Swinglet CAM*, позволяват полуавтоматично и дори напълно автоматично получаване на високоточна векторна и графична пространствена информация. Тази информация се получава бързо, евтино и при необходимост периодично.

Swinglet CAM може да заснема при почти всички метеорологични условия – при лоша видимост и дори нощем.

За целта на проекта бяха извършени 5 полета в период от 3 дни с височина на летеене 150 m, което съответства на размер на пиксела 4 cm. Заснемането беше извършено при лоши метеорологични условия – вятър със средни стойности от 4 m/s и валежи.

Преди аерозаснемането бяха маркирани 12 опорни точки, разположени равномерно върху територията. Опорните точки бяха измерени с GPS марка *Trimble*, модел R8 в режим Real Time Kinematics.

2.2. Фотограметрична обработка на снимките

В резултат на аерозаснемането бяха получени 597 снимки с надлъжно застъпване не по-малко от 70% и напречно застъпване не по-малко от 40%. Получени бяха и данните от инерциалните системи на БЛА.

От получените снимки беше формиран цялостен блок. При формирането на блока бяха премахнати част от снимките, основно препокриващи се между различните полети и снимки в краищата на редиците. Като резултат блокът е от 382 снимки, разделени в 22 ивици.

Блокът бе обработен по строг фотограметричен метод със специализиран софтуер за цифрова фотограметрия *PHOTOMOD* на фирма „Ракурс” (Русия).

Първият етап от обработката бе определяне на елементите на вътрешното ориентиране. От паспорта на камерата са взети необходимите данни. Преди аерозаснемането бе извършено калибриране на камерата.

За определяне на взаимното положение на снимките са използвани свързващи точки. Използваният фотограметричен софтуер предлага възможност за автоматично определяне на свързващите точки. Използван бе такъв алгоритъм, че след приключването му резултатите са коригирани и допълнени ръчно.

Опознати са измерените опорни точки. При изравняването на блока бе получена необходимата точност по положение и височина.

2.3. Получени резултати от фотограметрична обработка

Формиран бе дигитален модел на терена. Програмата *PHOTOMOD* позволява автоматично формиране на модел на терена. Размерът на клетката на повърхнината трябва да е кратен на размера на пиксела на ортофотото. Избрана е повърхнина с размер на клетката 0,5x0,5 m. За формирането на модела на терена се използват автоматично генерирани точки по повърхността. За целите на задачата бе формиран дигитален модел на повърхността, т.е. конкретната повърхнина включва в себе си растителната покривка и сградите. С помощта на наличните филтри са премахнати точки, намиращи се на малки обекти – превозни средства, единични дървета, пътни знаци и др. След филтрирането общият брой на точките е над 4 млн.

Формирана бе и повърхнина, включваща всички стереокартирани елементи. На тази повърхнина бе извършена линейна интерполация, за да се отстранят евентуални зони без данни.

Беше извършено стереокартиране на всички елементи от техническата инфраструктура, на всички сгради, огради, елементи от релефа и други характерни обекти. Създадена бе кодировка на обектите и на всеки картиран елемент бе присвоен код.

В системата *PHOTOMOD* е включен модул *StereoVector*. Той позволява създадените кодирани обекти да се експортират директно в картографския софтуер.

На заснетата територията бе създадено ортофото изображение с размер на пиксела 10 cm.

Като резултат от фотограметричната обработка бяха получени ортофото план и триизмерна векторна информация.

2.4. Проверка на информацията

На всеки етап бе извършена проверка. Получените резултати показват, че повърхнината е формирана коректно.

С формираната повърхнина бе създаден ортофото план на района с размер на пиксела 10 cm. Проверката за формирания ортофото план е два вида – визуална и количествена. Визуалната включва контролиране на линиите на срязване на снимките. Графичната се изразява в сравняване на координатите на опорните точки, измерени върху ортофото плана и реалните им координати, измерени на терена с GPS. Извършено е сравнение между картираната векторна информация и получения план.

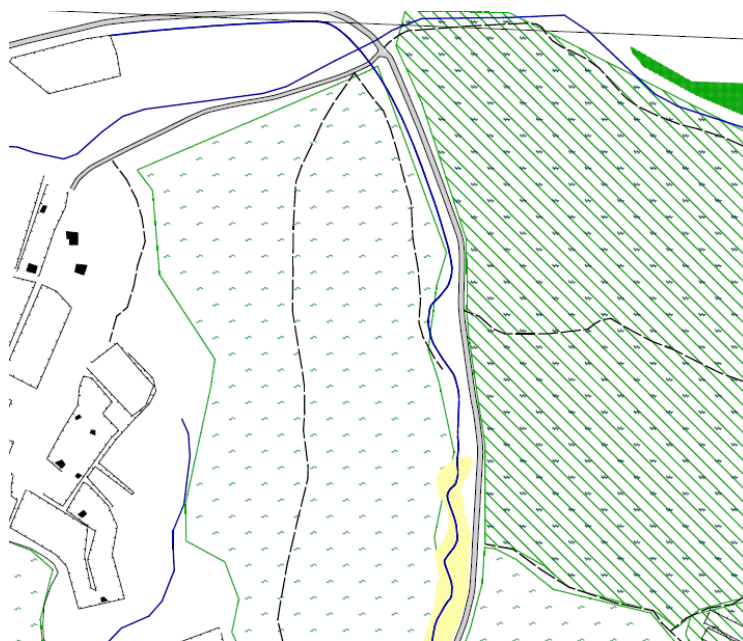
Следващият етап е извършване на картографска обработка. За целта се използва софтуерът *ГИС „Карта 2011”*, разработен от **Конструкторско бюро „Панорама” (Русия)**.

3. Картографска част

3.1. Въвеждане на информацията в картографския софтуер

Връзката между фотограметричната система *PHOTOMOD* и картографската ГИС „Карта 2011” се извършва чрез вграден модул. Вграденият модул *StereoVector* използва същия класификатор, който е създаден в ГИС „Карта 2011” – т.е. картираните обекти са във формата на картографската програма. На практика това премахва необходимостта от допълнителна обработка при въвеждане на информацията или използване на преформатиращ или прекодиращ софтуер. По този начин максимално се намалява рискът от загуба и/или дублиране на информация, както и непълното и/или некоректното ѝ въвеждане.

Част от получената векторна информация в програма ГИС „Карта 2011” е показана на фиг. 1.



Фиг. 1

3.2. Картографска обработка на информацията

Получената информация е пространствено вярна, но трябва да бъде извършена картографска обработка. Обработката се налага, за да се изчисти графиката от грешки и да бъде изградена топологична свързаност на обектите. Обработката на данните бе извършена в среда на ГИС „Карта 2011”.

Проверките са задължителен входен контрол на информацията. Първоначално бе извършена автоматизирана корекция – изтриване на линии с нулева дължина и полигонови обекти с нулева площ, изтриване на дублиращи се обекти, дублирани точки или такива, разположени в близост една до друга (от предварително зададен толеранс) и др. Впоследствие бе извършена проверка и корекция в полуавтоматичен режим. Про-

верката е за самопресичане на обектите, съединяване в една точка на обекти от различен тип, наличие на задължителни семантични характеристики и др.

Извършена бе и проверка на формираната повърхнина – наличие на „празни“ клетки, прекалено големи разлики със стойностите на съседни клетки и др. Не са констатирани грешки.

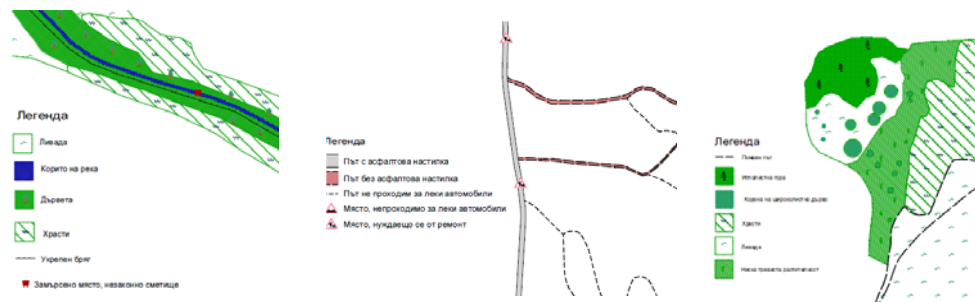
3.3. Получаване на продукти с картографско качество

Вярната и изчистена от грешки информация е основата на тематичната карта. Малкият размер на пиксела позволява информацията да се използва за различни цели. Голямата детайлност позволява да се изработят следните карти:

- карти на пътната мрежа – местоположение на пътищата, ширина на пътя и/или платното, вид настилка, наличие на дупки и др.;
- карти на растителността – вид на дървесината, големина на короната, височина на дървото, наличие или липса на сеч, растителна покривка и др.;
- карти на водните течения – възможни обекти, местоположение на водните обекти, състояние на речните корита, наличие на бентове, замърсяване и др.

На основата на електронните карти и резултатите от различните видове мониторинг могат да се създават тематични карти, даващи допълнителна информация за анализ и приемане на управленчески решения. За нагледно представяне на данните могат да се създават следните тематични модели: векторни, растерни и матрични. Съществуват цветови картограми и специални условни знаци за построяване на тематични карти по различни семантики, създаване на диаграми на картата според стойностите на семантичните характеристики или стойностите на избрани полета от таблиците на базите данни. При създаването на картограми съществува възможност за пропорционално и непропорционално разпределение на диапазоните от стойности на атрибутните характеристики.

Показани са извадки от получените тематични карти на фиг. 2.



Фиг. 2

4. Заключение и изводи

БЛА са сред най-актуалните технически средства. Използването им за тематично картографиране е приложимо, както доказва настоящата разработка.

Стереокартирането на елементи е най-точният начин за определяне на местоположението на даден обект, но изисква определен опит, познания и много време. Стереокартирането на елементи по полученото ортофото отнема по-малко време. За да се

оптимизира работата, е възможно да се картират само основните елементи, които се използват в почти всички карти – хидрография, характерни обекти от релефа, пътна мрежа. Всички останали елементи се векторизират от ортофото плана. По този начин се оптимизира един от най-продължителните етапи при създаването на карти.

Използването на аероснимки с малък размер на пиксела на местността дава голямо количество разнородна информация. Използването на информацията е въпрос на необходимост. В зависимост от поставената задача се извличат необходимите данни.

Производството на карти е творчески процес. За една добра карта не е достатъчно само да има налична информация. Задача на картографа е да я представи във вид, който е нагледен и информативен и за неспециалисти.

При работа с БЛА трябва да се имат предвид особеностите на летателния апарат и да се съблюдават неговите възможности. Използваният БЛА не позволява височина на летен над 1500 метра. Най-сериозният проблем при голяма височина на летен е силата на вятъра. Малките размери на апарата го правят неустойчив на силен вятър. При такива полети снимките са силно завъртени и по трите оси.

Най-съществената пречка при масовото използване на БЛА за фотограметрични и картографски цели е големият брой снимки за сравнително малка територия. Това изисква използването на специализиран софтуер за строга фотограметрична обработка и кадри, обучени да работят с него.

Необходимо е да се осигури предаване на данните в единен стандарт на основата на GML.

Изработените цифрови карти трябва да отговарят на всички съвременни международни стандарти и практики, в пълно съответствие с директивата на ЕС за инфраструктура на пространствени данни INSPIRE и стандартите на ISO от серията 19100.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ангелова, Я.* „Безпилотни летателни апарати и възможностите им за тематично картографиране“. Геомедия 2/2014.
2. *Кацарски, И.* 2002. Основи на фотограметрията (Записки). ГИС София ЕООД, София, България.
3. *Малджански, П.* Архитектурна фотограметрия (записки) – http://www.uacg.bg/UACEG_site/acadstaff/userfiles/study_bg_424_ARCHITECTURAL_PHOTOGRAMMETRY.pdf.
4. *Маринов, Б. Д., Христова, Г. Е.* 2001. Цифрова фотограметрична технология за документиране на архитектурни обекти. София, България.
5. *Маринов, Б. Д.* 1997. Дигитални фотограметрични работни станции и приложението им за целите на кадастъра. Сборник Доклади на Международен симпозиум „Съвременни технологии в кадастъра“, София, България.
6. <http://www.gisinfo.net/edu/edu.htm>.
7. <http://www2.racurs.ru/download/docs/eng>.

Постъпила: април 2015 г.

RESEARCH ON USING UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR THEMATIC CARTOGRAPHY

Y. Lipiyska¹

Keywords: *unmanned aerial vehicles, photogrammetry, cartographic data management*

Research area: *thematic cartography*

ABSTRACT

Thematic cartography is the widest field of cartography. UAV, known as an unmanned aircraft or drone is an aircraft without a pilot on board. Its flight is controlled either autonomously by onboard computer or by remote control from the operator. UAVs are low cost and easy to operate. They are used for small areas and vast number of tasks.

The use of UAVs for photogrammetric needs offers a relatively new, inexpensive and professional solution.

UAV can be used to perform surveys and quick update of topographical information.

¹ Yana Lipiyska, Eng., Dept. "Photogrammetry and Cartography", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: yana_angelova@abv.bg

