

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 110

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY

Book 2 – GEOGRAPHY

Volume 110

ИЗПЪЛНЕНИЕ НА МИСИЯ С БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ ЗА ПРИДОБИВАНЕ НА ПРОСТРАНСТВЕНИ ДАННИ

ВЛАДИМИР ФИЛИПОВ

Катедра Картография и ГИС
e-mail: vladeto_fulham@abv.bg

Vladimir Filipov. UNMANNED AERIAL SYSTEMS IMPLEMENTATION STAGES FOR ACQUISITION OF SPATIAL DATA

In the last 20 years, Unmanned Aerial Systems (UAS) photogrammetry as a spatial data collection method experienced vast social and scientific growth. Drone technology allows GIS professionals to work more efficiently. With an easy-to-deploy mapping UAV you can capture accurate aerial imagery and transform it into 2D orthomosaics (maps) and 3D models of small and medium-sized sites – all on demand and without needing any piloting skills. Whatever field you work in – forestry, asset management, environmental protection, agriculture, humanitarian, remote sensing, oil and gas or another – UAV’s can provide very real benefits, providing accurate data, quickly and cost-effectively. Different stages that must be committed to obtain spatial data are essential in implementing UAS mission. Therefore, the proper implementation of those stages will lead to better quality outcomes.

Key words: unmanned aerial systems, unmanned aerial vehicle, remote sensing, GIS, mission planner.

УВОД

През последните години дистанционните изследвания (ДИ) се утвърдиха като основен подход за набиране на разнообразна информация за пространствено-обособени обекти на и над земната повърхност. Тази тенденция се отнася вече не само за информацията с оперативно значение, но и за редовно използваната такава. Това обстоятелство се обуславя от безспорните качества на информацията, получавана по

дистанционен път, а именно: обективност, широк обхват и достъпност на средствата за нейната обработка. Независимо от това състояние обаче, усилията за разширяване на технологичната основа на дистанционните изследвания започнаха да изостават за сметка на растящите очаквания на обществото към възможностите на този подход при осигуряване на пространствена информация за разрешаването на широк кръг от задачи (Филипов, 2011).

Според Попов (2012), учените в областта на науките за Земята влагат конкретна специфика, когато се говори за дистанционни изследвания, а именно: съвкупност от технологии и научни методи за наблюдение от въздуха или от околоземното космическо пространство и получаване на данни и информация за земната повърхност, Световния океан и атмосферата.

В тази статия акронимът БЛА (безпилотен летателен апарат) се използва за представяне на летателно средство за многократна употреба, което се контролира без наличието на пилот на борда. Безпилотната летателна система (БЛС), от своя страна, се дефинира като БЛА, заедно с асоциираните към него елементи. Те включват полезния товар, наземна контролна станция, радио – и безжични канали за комуникация, помощно оборудване, системи за прекратяване на полета, оборудване за стартиране/приземяване на БЛС и др. (Chao, 2010).

БЛА следва да се разглеждат като непилотируеми летателни апарати за многократна употреба (van Blyenburgh, 1999). Тези апарати са дистанционно контролируеми, автоматични, полуавтоматични или комбинация от тези три възможности. Сравнявайки БЛА с пилотируемите летателни апарати (ПЛА), е очевидно, че основната разлика между двете средства за летене се състои в това, че в БЛА пилота не присъства на борда на летателния апарат. Това не означава непременно, че БЛА летят сами по себе си независимо и самостоятелно. В много случаи екипажът (пилот, втори пилот и т. н.), отговорен за управлението на БЛА, като численост надвишава този, отговорен за управлението на пилотируемите летателни апарати (Everaerts, 2008).

С разгръщането на големите възможности на БЛС идва и по-големия интерес от използването им за невоени цели. В днешно време могат да се разграничат два подхода, разработени за справяне с гореспоменатото предизвикателство.

Първият подход стеснява зоната на летене в рамките на ограничен участък от въздушното пространство. Този подход дава голяма свобода при работа в конкретната площ, но ограничава обхвата на мисиите, които могат да бъдат извършени от БЛС.

При втория подход се разчита БЛС да бъдат контролирани от пилот, който непрекъснато следи полетната траектория. По този начин се добавя необходимият интелект, за да могат БЛС да функционират в гражданското въздушно пространство. Това осигурява на въздухоплавателното средство високо ниво на оперативност за сметка на по-голямата отговорност върху пилота. Ако връзката в комуникациите между оператора и БЛС се загуби, това ще доведе и до загуба на оперативността, което не е желателно.

Нито един от двата подхода не може да реши едновременно предизвикателството за осигуряване на висока оперативност и по-лесна работа с БЛС. Необходимо е алтернативно решение, което е съставено от силните страни и на двата подхода и същевременно не носи техните ограничения. Логичното алтернативно решение е процесът на взимане на решения да бъде поставен на борда на летателния апарат. Този подход се

основава на увеличаване оперативността на борда, като по този начин се дава възможност на БЛС да извършват действия, които изпълнява и оператора, като същевременно по този начин се понижава фактора на човешката грешка (McManus, 2005).

Основната цел на настоящото изследване е да се представи процеса за придобиване на пространствена информация чрез използване на БЛС, като отделни, ясно различими и появяващи се в определена последователност, етапи. Ще бъдат представени също така и основни предимства и ограничения на безпилотни и пилотируеми летателни апарати за получаване на пространствена информация, както и основните компоненти на БЛС.

КОМПОНЕНТИ НА БЕЗПИЛОТНА ЛЕТАТЕЛНА СИСТЕМА

Според специализирания интернет портал uavs.org, БЛС не представлява единствено транспортно средство, което извършва полет. Всяка БЛС се състои от три основни компонента: летателен състав, полезен товар и наземна контролна система или станция (НКС) за управление на полета.

Летателният състав включва следните подкомпоненти:

- Корпус (фюзелаж) на въздухоплателното средство. Върху корпуса се монтират всички останали компоненти от летателния състав на БЛС, като той може да бъде изграден от дърво, метал, екструдирани полипропилен (пяна) или композитни материали. Корпусът включва още и повърхностите за контрол на полета на БЛА, които, от своя страна, се състоят от елерони, клапи, вертикално и хоризонтално кормило.

- Задвижващата система. Системите за задвижване на БЛА предоставят необходимата мощност на летателните апарати за задвижване в хоризонтална или вертикална посока. Двата основни типа агрегати за задвижване са електрически и горивни системи. Част от задвижващата система е пропелерът/ите, преобразуващ въртеливото движение в ламинарен въздушен поток, осигуряващ подемната сила.

- Система за управление на полета. Тази система осигурява възможността БЛС да следва предварително дефиниран летателен план или управляем полет, контролиран от НКС. По този начин се осигурява безопасното извършване на полета и избягването на препятствия.

- Система за навигация. Представлява електронна система, използвана за насочване БЛС, без необходимостта от пряка човешка намеса. Навигационната система или автопилотът се състои от хардуерна и софтуерна част. Въздухоплателните системи с автопилот са широко използвани в съвременния транспорт. При БЛС целта им е постоянно да насочват летателните апарати при следването на предварително дефинирания маршрут. Високотехнологичните системи за автопилот могат да ръководят летателната мисия във всичките ѝ фази: от разработване на летателен план, излитане, набиране на височина, осъществяване на полет по маршрут, снижаване и приземяване. Също така автопилотът трябва непрекъснато да комуникира с наземната контролна станция при необходимост за смяна на полетния режим, да получава информация от глобалната система за позициониране (GPS) за актуалната позицията на БЛА, да изпраща контролни команди до управляемите плоскости и задвижващата система на БЛА и др.

- Система за пренос на данни. Тази система обезпечава пренос на телеметрична информация от летателния състав към НКС и обратно. Добрата и непрекъсваема връзка между летателния състав и НКС зависи от правилно подбрани (разрешен за гражданско използване) честотен радиодиапазон на двойката модеми, мощността на излъчване, антените, както и чистотата на ефира в района на полет.

- Система за избягване на препятствия. Тя позволява на БЛС да променя самостоятелно (без команда от НКС) курса и височината на полета за избягване на непредвидени в първоначалния полетен план препятствия.

- Парашут. Използването на тази подсистема има два самостоятелни аспекта: от една страна, дава възможност за внезапно прекратяване на полета и безопасно приземяване на БЛС, а, от друга, разширява възможността за използване на БЛС в райони без подходящи за излитане и приземяване площадки.

Полезният товар на БЛС за невоени цели включва следните подкомпоненти:

- Електро-оптични или термовизионни системи за заснемане и видеонаблюдение в реално време или системи от типа Radar/Lidar. Това са едни от най-важните компоненти на БЛС с оглед на факта, че с тях се придобива желаната пространствена информация.

- Сензори за следене параметрите на околната среда, като: параметрите на състоянието на атмосферата, атмосферно замърсяване, радиация и др.

Системата/станцията за наземен контрол се използва за следене на статуса на летателната мисия в реално време, както и при желание за смяна на нейните параметри. Чрез наземната контролна станция могат да се решават непредвидени ситуации по време на полет като следствие от загуба на връзка с автопилота на БЛС. Тя включва следните подкомпоненти:

- Антенен комплекс. Повечето БЛС имат повече от една безжична връзка за комуникация. Например RC (*remote connection*) връзка за следене безопасността на полета, Wi-Fi връзка за пренос на голям обем от данни, връзка за предаване на телеметрични данни с цел мониторинг от земната повърхност и др.

- Софтуер за следене на функционирането на летателния състав и съставяне на летателен план. Обикновено за всеки конкретен модел на автопилот е разработен специализиран софтуер за контрол.

- Монитор/и за визуализиране на телеметрична и видео информация. В зависимост от сложността на мисията, освен компютърния екран може да се използва допълнителен монитор/и за пристигащата от борда информация от полезния товар в реално време.

- Катапулт. Професионалните БЛС обикновено се окомплектоват с катапулт за стартиране на полет, което, от една страна, повишава надеждността на стартирането, а, от друга, преодолява ограничението за наличие на площадка за излитане с необходимите за разбег на съответните летателни апарати размери.

- Екип за експлоатация на БЛС. Осъществяването на мисии с БЛС обикновено изисква наличието на екип в състав: *ръководител на мисията* – отговаря за изпълнение на мисията, разработва летателния план и осъществява контрол на летателния апарат по време на мисията; *член на екип по поддръжка на хардуера* – отговаря за подготовка на летателния състав и работа със сензор за видеонаблюдение в реално

време. Всички членове на полевия екип участват в изграждането на мрежа от наземни контролни точки върху територията, предвидена за видеозаснемане.

В зависимост от сложността на съответната предвидена за изпълнение мисия, много често екипът се състои от 2 (но не по-малко) или повече членове (в случай на демонстрационни мисии). Всеки член на екипа трябва да притежава необходимата подготовка.

ЕТАПИ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА МИСИЯ С БЛС ЗА ПРИДОБИВАНЕ НА ПРОСТРАНСТВЕНИ ДАННИ

Успешното прилагане на БЛС за придобиване на пространствена информация зависи от наличието на специализирана техника, подготвен екип за нейната експлоатация, но и от познаването на особеностите за осъществяване на различни по специфика, обем и дислокация мисии. На фиг. 1 е показана последователността на различните етапи при изпълнение на мисия с БЛС за придобиване на пространствени данни.

За повечето етапи в настоящото изследване ще бъде представена както теоретична обосновка, така и практически дейности, извършени в хода на различни научно-изсле-



Фиг. 1. Етапи на мисия с БЛС

Fig. 1. Stages through mission with UAS

дователски и практико-приложни проекти от Университетския център за въздушно наблюдение (УЦВН) при Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

ПОДГОТОВКА НА МИСИЯТА

Този етап е камерален и има за цел да определи главните задачи, обхвата на територията за обследване, летателните средства, с които ще се осъществява мисията, възможните площадки за излитане и кацане на летателния апарат, възможните препятствия (далекопроводи, сгради, дървета и др.), времето на деня за изпълнение на летателния план, височината на полета, очакваните резултати. В хода на този етап се коментира метеорологичната обстановка (особено в случай на необходимост от неотложно изпълнение на мисията, например в случай на природна или антропогенна кризисна ситуация). Често в рамките на този етап се разработват примерни летателни планове и се генерират симулации на изпълнения на мисията за осмисляне на поведението на летателния/те апарат/и и възможността за поява на непредвидени препятствия.

ПОЛЕВИ ЕТАП

След дислоциране на екипа на предвидената позиция за излитане/кацане се пристъпва към установяване на мрежа от *наземни контролни точки* (НКТ). Тази дейност се изисква при мисии по ортофото заснемане. Броят и разположението на наземните контролни точки зависи от големината, формата на предвидената за заснемане територия, както и от степента на вертикална разчлененост на релефа. Минималният брой НКТ е 3, но при по-голяма територия и по-пресечен релеф е необходимо установяването на по-голям брой НКТ. Мястото за установяване на наземна контролна точка трябва да е на открито, по възможност на хоризонтален терен. В избраната позиция се поставя маркер със светъл цвят (по възможност бял), прикрепва се неподвижно към повърхността и се заснема неговото географско положение (X, Y, Z) с точност не по-малка от неговите размери (фиг. 2). Големината на маркера (най-често с квадратна форма) е добре да е поне 5 пъти по-голяма от предвидената пространствена разделителна способност, с която ще се заснемат изображенията, т. е., ако предвидената пространствена разделителна способност (ПРС) е 0,05 m, маркера за НКТ следва да е с размери не по-малки от 0,25×0,25 m. Възможно е за контролни точки да служат елементи от средата, например скални късове, бетонни елементи и др., които ще бъдат ясно различими на изображенията с предвидената пространствена разделителна способност. Препоръчително е установяването на НКТ по краищата на предвидената за заснемане територия, както и в най-високите и най-ниските места. В случаите на заснемане на значителна по площ територия, при което ще се наложи заснемането ѝ в отделни полети, трябва да се предвиди установяване на общи за различните полетни планове НКТ. Това ще гарантира коректното съединяване на индивидуалните изображения в единна ортофото-мозайка за цялата предвидена територия.



Фиг. 2. Разпознаване на наземна контролна точка (мисия „Къмпинг градина“)

Fig. 2. Detection of ground control point (mission “Gradina Camp”)

РАЗРАБОТВАНЕ НА ПОЛЕТЕН ПЛАН

Към днешна дата съществуващите софтуерни инструменти за разработване на полетен план за БЛС са развити в сферата на военната индустрия, разузнаването, роботиката, изкуствения интелект и др (Eisenbeiß, 2009). Основният фокус на изследване лежи върху екстравагантните „маневри“, като: преобръщания и завъртания на БЛА (Abbeel, 2007), избягване на сблъсъци във въздуха (Bellingham 2003; Pettersson 2004), автоматично следене на обекта за наблюдение (Nordberg, 2002), както и полетни режими от типа „следвай ме“ (*follow me*) (Mikrokopter, 2009). По тази причина са разработени инструменти, които функционират в локална 3D-среда, където статичните и пасивните препятствия могат да бъдат предвидени. Така разработчиците на мисии за БЛА са в състояние своевременно да изработват безконфликтни полетни траектории (Sasiadek, Duleba, 2000).

Разработването на полетен план е свързано с изясняване на основните му параметри: височина на полет (зависи от изискуемата ПРС), процент на презастъпване на изображенията (съобразно геометрията на заснемане от използвания сензор), посока на прелитане над територията (препоръчително е прелитането по дължина, ако формата на територията не е квадрат), скорост на летене (зависи от летателните качества на

използвания летателен апарат както и от скоростта на вятъра в момента на полет). При разработване на полетен план трябва да се укаже точката на излитане (*home position*) и нейната абсолютна надморска височина. В зависимост от използвания модел автопилот, полетният план може да се извършва на зададената височина, която се калкулира от надморската височина на точката за излитане. При изпълнение на полетен план на фиксирана височина над пресечена местност със значителни различия на надморската височина в отделните участъци, сензорът ще заснема изображения с различна ПРС. Това може да се отрази на качеството на генерираната ортофото-мозайка или дори да компрометира нейното изпълнение. В такива случаи е необходимо или територията, предвидена за заснемане, да се раздели на участъци с по-малки разлики в надморската височина, или да се разработи така полетния план, че прелитанията да се осъществяват на една и съща височина. Важен елемент от полетния план е определянето на процента на презастъпване на отделните изображения, които ще се заснемат от сензора. Настройката предполага избор на странично и надлъжно презастъпване. От избрания процент за странично презастъпване зависи броя на прелитанията над територията. Обикновено този процент се установява на 50%, но опитът показва, че при наличие на излишен летателен ресурс е добре да се увеличи до 60–70%, за да се гарантира безпроблемно съединяване на изображенията в ортофото-мозайка. При ниска височина на полет (например ≥ 100 m) прекомерното увеличаване на страничното презастъпване ще доведе до прекомерно намаляване на разстоянието между надлъжните прелитания (*tracks*) и затрудняване на летателния апарат да следва коректно летателния план. Надлъжното презастъпване също би следвало да е в границите на 60–70%, но прекомерното увеличаване на този параметър може да не позволи на сензора (при полет на малка височина) да изпълнява всички предвидени тригерирания съобразно полетния план.

Независимо че полетният план може да бъде разработен в етапа на подготовка на мисията, необходимо е неговото валидиране на терена непосредствено преди изпълнение на мисията. Това има за цел съобразяване с: посоката на преобладаващия вятър в момента на полет, площадката за излитане, позицията на Слънцето над хоризонта и др.

На фигура 3 е показан примерен летателен план: полетът ще се осъществява на височина 150 m, със скорост 15 m/s; заснемането ще се извършва със SONY NEX5R с ПРС 0,0479 m и припокриване на изображенията в двете посоки 80%. Всяко индивидуално изображение при заснемане от тази височина ще покрива територия с размери 219,4×146,3 m, ако зрителната ос е по нормалата в момента на тригериране на камерата. Общото разстояние на полета ще е 2,01 km, което със зададената скорост ще се осъществи за 2,47 min. Разстоянието между отделните прелитания (4 на брой) ще е 48,88 m, а тригерирането на камерата ще се осъществява на всеки 1,95 s, като за цялата мисия ще се заснемат 66 изображения.

ПРЕДПОЛЕТНА ПРОВЕРКА

Този етап при изпълнението на мисии с БЛС често се пренебрегва, което нерядко води до възникване на проблеми по време на полет или дори до тотални щети на летателния състав.



Фиг. 3. Конструирани на примерен летателен план за ортофотозаснемане

Fig. 3. Example flight construction for ortofoto data acquisition

Предполетната проверка следва да се проведе в три аспекта:

- *Механична проверка.* Тя е насочена към: проверка на механичната цялост на конструкцията на летателния апарат; закрепване на неподвижните и особено на подвижните детайли, възли и друго оборудване; проверка на състоянието на пропелера/пропелерите, проверка на тръбата на сензора за измерване на скорост (тръбата на Пито), позиция на антените за пренос на телеметрична и видео информация и др.
- *Електрическата проверка* е насочена към проверка на такива агрегати и възли от конструкцията на БЛС, които се активират чрез електрически импулси, като: отваряне на отсека на парашута, функциониране на навигационните светлини, задействане/управление на колесника, въртене на стабилизиращата система на сензора и др.
- *Функционална проверка.* Тя е насочена към установяване на нормалното функциониране на основните подсистеми на БЛС: задвижване на управляващите плоскости на летателния състав; пълна мощност/максимални обороти на задвижващия блок (електромотор, ДВГ); функциониране на сензорите за заснемане/наблюдение; функциониране на жирокопи, акселометри, компас, GPS; функциониране на модемите за пренос на телеметрична и видео-информация и др.

Предполетната проверка трябва да се провежда преди всеки индивидуален полет, независимо че от една полетна площадка в един ден могат да се извършват многократни полети.

Не във всяка ситуация извършването на пълноценна предполетна проверка гарантира безавариен полет! Проверката може само да намали риска от възникване на аварийна ситуация по време на полет. Съществуват редица фактори, имащи отношение

към възможността за осъществяване на безопасен и успешен полет, като: качествени материали и компоненти при изграждане на БЛС, прецизна настройка на полетните параметри на автопилота, съобразени с конкретния летателен модел, коректно съставяне на полетен план и др. Всичко това изисква висока квалификация на екипа, осъществяващ мисии с БЛС. И накрая, въпреки спазването на всички изисквания по експлоатация на БЛС, остава риск, който следва да бъде покрит от застраховка. Към момента на изготвяне на настоящата разработка в България все още не действа общ регулаторен механизъм по отношение на БЛС, но е препоръчително осигуряването на застраховка „Гражданска отговорност“ поне за пилотиращия член на екипа, както и поставянето на обозначителни надписи върху фюзелажа на летателния апарат.

ОСЪЩЕСТВЯВАНЕ НА ПОЛЕТНИЯТ ПЛАН

Осъществяването на полетния план и придобиването на предвидения брой изображения или видеозаснемане става чрез: стартиране на полета, контрол на изпълнение на летателния план и заснемането, приземяване на летателния апарат. Опитът на автора в провеждането на значителен брой мисии показва, че е много полезно предварителното изследване на радиоизлъчванията в зоната на полет в диапазона, в който работят модемите за пренос на телеметрична и видеоинформация на БЛС. При наличие на такива излъчвания, модемите трябва да се пренастроят на нова честотна лента, ако в полевия екип има член с необходимата компетенция. След стартиране на полета се извършва непрекъснато следене чрез наземната контролна станция за неговото изпълнение от автопилота на БЛС. В случай на отклонение от летателния план или неизпълнение на някои от неговите параметри (височина и скорост на полет, следване на маршрута, осъществяване на заснемане и др.), трябва незабавно да се прекъсне автоматичното изпълнение на летателния план, връщане и приземяване на летателния апарат, анализ на записа от телеметричната информация от полета и установяване на причините за възникналите отклонения. Едва след това може да се пристъпи към повторение на полетния план. След приземяване на летателния апарат се проверява наличието на необходимия (предвидения в летателния план) снимков или видеоматериал и неговото качество. При необходимост летателният план може да се повтори.

На фиг. 4 са представени последователно заснети аерофото-изображения със застъпване от 80% над територията на Варненския залив. По-високият процент на пре-



Фиг. 4. Последователно заснети изображения с презастъпване 80%

Fig. 4. Consecujively captured images with 80% overlapping

застъпване на изображенията дава и по-голяма сигурност, че получените изображения ще удовлетворят крайната цел на конкретната мисия, а именно – генериране на прецизен модел на повърхността.

КАЧЕСТВЕНА И КОЛИЧЕСТВЕНА ПРОВЕРКА НА ПОЛУЧЕНИТЕ ДАННИ

Качествената и количествената проверка на получените данни в реално време е важна задача, тъй като придобиването на данни често е ограничено във времето и повторното изпълнение на цялата мисията може да бъде невъзможно.

Количествената проверка на получените данни е основана на това, че автоматичното/ръчното заснемане от сензора по време на полета може да не е било активирано или да не функционира по зададения алгоритъм. Ако това е факт, се установява липса на получена информация и при възможност се пристъпва към повторно изпълнение на мисията.

Качествената проверка на информацията дава възможност още на терен да се установи дали получените данни дават отговор на поставените цели преди изпълнение на мисията с БЛС.

ОБРАБОТКА НА ЗАСНЕТИЯ МАТЕРИАЛ И ИЗВЛИЧАНЕ НА НЕОБХОДИМАТА ИНФОРМАЦИЯ

За разлика от изображенията, реализирани при сателитните дистанционни изследвания, покриващи стотици или хиляди km², заснемането от ниска височина предполага получаването на определен брой изображения, които след обработка се интегрират в т. нар. ортофото-мозайки за цялата заснета територия. Така например при заснемане на 1 km² от височина 150 m със сензор 16MP и припокриване на изображенията в двете посоки 60%, са необходими 198 изображения (всяко покриващо 219×146 m от земната повърхност). Ако мисията предвижда генериране на модел на повърхността, трябва да се предвиди в летателния план увеличаване на припокриването до 80% в двете посоки, а броят на изображенията ще нарасне на 792.

Същинската обработка на резултатите от мисия по заснемане с БЛС обикновено се изпълнява в камерални условия, защото изисква значително компютърно време за обработка и прецизно разпознаване и включване в обработката на наземните контролни точки. При малки по продължителност полети и придобиване на ограничен брой изображения обаче, е възможно първоначалните стъпки от обработката да се извършат на терен. Това ще гарантира положителния резултат от същинската обработка, а при необходимост полета може да се повтори за акумулиране на допълнителен брой изображения.

Във всички мисии, изпълнени от УЦВН за придобиване на пространствени данни чрез БЛС, получената информация се обработва от специализиран софтуер (лицензиран от УЦВН с научни цели), както и от софтуери с отворен код, като например QantumGIS.

ВЕРИФИЦИРАНЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Верифицирането на получените резултатите е важен процес. След приключване на генерирането на предвидените в задачата продукти (ортофото-карти, тематични карти на растителен индекс, модели на повърхността, модели на релефа и др.) обработката завършва с верификация на получените резултати чрез съпоставяне на резултатите с топографски карти и актуалните сателитни изображения. В случаите на произвеждане на цифров модел на повърхността/релефа, е препоръчително теренна верификация с прецизно GPS измерване, независимо че софтуерните пакети за обработка предвиждат генерирането на статистически отчет.

На фиг. 5 и 6 е показан процеса по верификация на точността на получената пространствена информация за землището на с. Песнопой, община Калояново. На фиг. 5 е показано ортофото-изображение от цифровата ортофото-карта (ЦОФК) (2012). На фиг. 6 върху ЦОФК е показана и получено от мисия с БЛС ортофото-изображение за същата територия. При верификацията на получените пространствени данни от БЛС се установи висока точност в рамките на 0,1 m.



Фиг. 5. Ортофото-изображение а на земеделска площ от землището на село Песнопой, община Калояново

Fig. 5. Ortho-image from agriculture area around village Pesnopoly, Kaloyanovo municipality



Фиг. 6. Верифициране на точността на получените пространствени данни от БЛС, чрез наслагване на изображенията едно върху друго

Fig. 6. Verifying the accuracy of the spatial data by overlaying one image over another

ИНТЕГРИРАНЕ НА ПОЛУЧЕНАТА ПРОСТРАНСТВЕНА ИНФОРМАЦИЯ В ЕДИННА ГИС-БАЗА ДАННИ

След получаване и верифициране на необходимата пространствена информация е необходимо същата да бъде интегрирана в обща ГИС-база данни. За целта е нужно наличната информация да бъде в еднаква координатна система, която за целите на проучването е WGS84 UTM 35 N. След интегриране на данните те могат да бъдат разделени на две големи групи: векторни и растерни данни, като растерните са и фокусът на настоящето изследване, докато векторните служат повече като помощни и ориентировъчни.

СРАВНЕНИЕ ПРИ ПОЛУЧАВАНЕ НА ПРОСТРАНСТВЕНИ ДАННИ ОТ БЕЗПИЛОТНИ И ПИЛОТИРУЕМИ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ

Предимствата и ограниченията при използване на пилотируеми и БЛС за получаване на ортофото-изображения от ниска височина могат да се видят в табл. 1.

Предимства и недостатъци при използване на пилотируеми и безпилотни летателни системи за получаване на пространствена информация

Advantages and disadvantages of using manned and unmanned aerial systems for spatial data acquisition

Подход на заснемане	Предимства	Ограничения
Пилотируем режим	<ul style="list-style-type: none"> заснемане на по-голяма територия незначителни геометрични деформации незначителни ограничения за полезния товар 	<ul style="list-style-type: none"> необходимост от съгласуване на полетния план с ГВА ограничен брой площадки за излитане/приземяване ограничена пространствена разделителна способност висока цена на заснемането необходимост от специален лиценз
Безпилотен режим	<ul style="list-style-type: none"> възможност за осъществяване на полет в определен момент възможност за полет под долната граница на облачната покривка заснемане с ПРС под 0,01 m липса на необходимост от специализирана площадка за излитане/приземяване 	<ul style="list-style-type: none"> относително малка територия на заснемане в един полет ограничен капацитет на полезен товар необходимост от по-гъста мрежа от наземни контролни точки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последните две десетилетия се наблюдава все по-голям интерес към придобиването на пространствени данни от БЛС. Основните фактори, които водят до това заключение, са ниската себестойност на получената информация, сравнително бързото придобиване, както и високата точност на получените данни.

При осъществяване на научно-изследователската и практико-приложната дейност на екипи от Университетския център за въздушно наблюдение беше формиран опит, позволяващ параметризирането на различните етапи от придобиването на пространствени данни чрез БЛС. Пропускането/формализирането на някой от етапите при изпълнени на конкретната мисия може да доведе до компрометиране на качеството и количеството на предвидените за получаване пространствени данни.

С оглед на все по-голямото разнообразие на летателни апарати, тяхната окомплектовка със специализиран полезен товар може да предложи различни типове БЛС на потребителите. Те могат да избират от ниско- до високобюджетни, такива с отворен код на софтуера, комерсиализирани, ръчно управлявани, управлявани от автопилот и др. В зависимост от желаната крайна цел може да бъде избрана подходяща БЛС според необходимостта от получаване на информация в реално време и точността на интегрираните сензори.

При изпълнението на мисия с БЛС за придобиване на пространствени данни трябва да се направи разграничаване между осемте основни етапа и да се отдели необходимото внимание за отделните процедури. Това в значителна степен ще повиши вероятността за пълноценно реализиране на поставените задачи, както и съхранението на летателната техника.

Независимо че цената на данните, придобити от БЛС и софтуерните пакети за цифрова обработка, запазват цената си, възможността за получаване на разнообразна пространствена информация повишава интереса към тяхното използване. Този подход за получаване на информация започва да навлиза все по-широко в различни аспекти на научните изследвания и при практико-приложните дейности. Тенденцията в развитието на тези технологии е насочена към непрекъснатото увеличаване на популярността, цената и достъпността им. Това, от своя страна, налага разширяване на образователните и квалификационни дейности, свързани с използването на БЛС.

И накрая не трябва да се изпуска и друг важен момент от използването на БЛС – застраховане на дейността. Той трябва да се оценява в два аспекта:

Застраховане на БЛС срещу повреди. Засега такава застрахователна дейност е затруднена поради липсата на действащ регулаторен механизъм и невъзможност за сертифициране на летателните апарати/получаване на държавен регистрационен номер.

Застраховане на полетната дейност тип „Гражданска отговорност“ срещу увреждане на трети лица. Наличието на такава застраховка е много важно в случаите на използване на БЛС извън линията на пряка видимост или в населени места и трябва да се прилага за всеки член на екипа, който пилотира летателен апарат.

SUMMARY

The article summarizes the structure and the composition of the main components of Unmanned Aerial Systems for collecting spatial data. Presented are the main three component categories of UAS and is discussed their role and importance as a complex systems and relatively new tool for capturing geographical information.

In this article can be found theoretical and practical information on different mission stages in implementing Unmanned Aerial Systems for acquiring spatial data.

The given examples are from various UAS missions, performed with software, hardware and technical staff from the University center for air surveillance at Sofia University “St. Kliment Ohridski”.

Additionally in the article can be found information on the advantages and limitations of using Unmanned and Manned aerial vehicles for acquisition of spatial information.

In the last 20 years, Unmanned Aerial Systems (UAS) photogrammetry as a spatial data collection method experienced vast social and scientific growth. Drone technology allows GIS professionals to work more efficiently. With an easy-to-deploy mapping UAV you can capture accurate aerial imagery and transform it into 2D orthomosaics (maps) and 3D models of small and medium-sized sites – all on demand and without needing any piloting skills. Whatever field you work in – forestry, asset management, environmental protection, agriculture, humanitarian, remote sensing, oil and gas or another – UAV’s can provide very real

benefits, providing accurate data, quickly and cost-effectively. Different stages that must be committed to obtain spatial data are essential in implementing UAS mission. Therefore, the proper implementation of those stages will lead to better quality outcomes.

ЛИТЕРАТУРА

- Попов А. 2012. Географски Информационни Системи. С.
- Филипов А. 2011. Използване на безпилотни летателни системи (БЛС) като платформи за дистанционни изследвания. – *Геомедия*. С.
- Abbeel, P., Coates, A., Quigley, M. Ng, A. Y. 2007. An application of reinforcement learning to aerobatic helicopter flight. – In: NIPS, 19.
- Bellingham, J. S., Tillerson, M., Alighanbari, M. and How, J. P. 2003. Cooperative path planning for multiple UAVs in dynamic and uncertain environments. – In: 42nd IEEE Conference on decision and control, Maui, Hawaii (USA).
- Chao, H. 2010. Cooperative remote sensing and actuation using networked unmanned vehicles.
- Everaerts, J. 2008. The use of unmanned aerial vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping. – In: The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B1, 1187–1192.
- Eisenbeiß, H. 2009. UAV photogrammetry.
- McManus, I. 2005. A multidisciplinary approach to highly autonomous UAV mission planning and piloting for civilian airspace.
- Nordberg, K., Farneback, G., Forssén, P.-E., Granlund, G., Moe, A., Wiklund, J. and Doherty, P. 2002. Vision for a UAV helicopter. – In: Workshop on aerial robotics. Lausanne, Switzerland.
- Pettersson, P.-O. and Doherty, P. 2004. Probabilistic roadmap based path planning for autonomous unmanned aerial vehicles. – In: 14th Int'l Conf. on automated planning and scheduling. Whistler, British Columbia, Canada.
- Sasiadek, J. Z. and Duleba, I. 2000. 3D local trajectory planner for UAV. – In: Journal of intelligent and robotic systems, 29, 191-210.
- van Blyenburgh, P. 1999. UAVs: An overview. – In: Air & Space Europe, I, 5/6, 43–47.
- Микрокоптер. 2009. Микрокоптер corporate website. www.mikrokoetter.de/ucwiki/. (accessed April 8 2009).
- UAS components, www.uavs.org

Постъпила април 2017 г.