

## **ЗАСНЕМАНЕ НА СТАДИОН „НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ“ С БЕЗПИЛОТНА ЛЕТАТЕЛНА СИСТЕМА И ПОСЛЕДВАЩИ СРАВНЕНИЯ МЕЖДУ ДВА ОТ НАЙ-ЧЕСТО ИЗПОЛЗВАНИТЕ СОФТУЕРИ**

**Веселина Господинова, Ралица Нейчева**

### **РЕЗЮМЕ**

Изследването представя въздушно безпилотно заснемане, на стадион „Национална Спортна Академия“. Целта е да се направят предварителни проучвания на състоянието на теренната покривка и в последствие ревитализиране на тартановата настилка. За заснемането е използвана безпилотна летателна система DJI Phantom 4 RTK. Фотограметричната обработка, е извършена в програмната среда на Agisoft Metashape и Pix4D Mapper. Направено е сравнение между софтуерите от гледна точка на характеристики на продуктите и получените резултати.

Ключови думи: въздушна фотограметрия, безпилотна летателна система, заснемане на стадион

## **SHOOTING OF STADIUM „NATIONAL SPORTS ACADEMY“ WITH UNMANNED AERIAL SYSTEM AND COMPARISON BETWEEN SOME OF THE MOST FREQUENTLY USED SOFTWARES**

**Veselina Gospodinova , Ralica Neycheva**

### **ABSTRACT**

The study presents uncrewed (unmanned) aerial shooting of the Stadium “National Sports Academy”. The purpose of the study is to make preliminary researches for the status of the terrain and subsequently to revitalize the tartan pavement. It was used a DJI Phantom 4 RTK uncrewed (unmanned) aerial system for the shooting. The photogrammetric processing was made in the Agisoft Metashape and Pix4D Mapper software environment. It was executed a comparison between the softwares in terms of features’ product and obtained results.

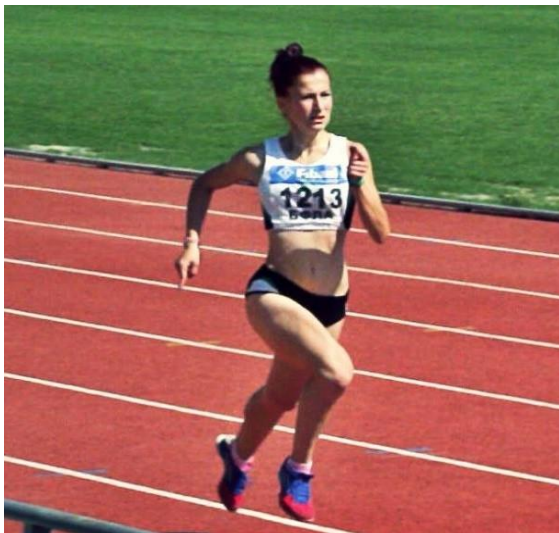
Keywords: aerial photogrammetry, uncrewed (unmanned) aerial system, shooting of stadium

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

Идеята за реализирането на настоящия проект, се породи от любовта към спорта, вървяща в тясна връзка, с любовта към геодезията и маркшайдерството. Удовлетворението се увеличи, в последствие, когато стана ясно, че изследванията могат да се обвържат и с практическа реализация. Личните наблюдения и коментари, относно обмислен ремонт на спортните сгради и съоръжения и в частност, пистата към официалния стадион „Национална Спортна Академия“, провокира идеята за съчетаване на личните и професионални интереси в обща цел. Използването на въздушна фотограметрия и в частност безпилотните летателни системи, е едно добро решение, за проучването на актуалното състояние на теренната покривка и в последствие - ревитализация на спортната настилка на стадиона.

Стадион „Национална Спортна Академия“ се намира в гр.София, община Столична, район Студентски. Тартановата писта е излята и създадена през 1992г., благодарение на усилията на тогавашния ректор – проф. Георги Кабуров [5]. Спортната Академия притежава едни от най-добрите лекоатлетически условия и съоръжения, а пистата е втората по качество в България, след тази на Национален стадион „Васил Левки“. Лекоатлетическата материална база, на територията на Национална Спортна Академия, се дели на три основни групи, спадащи към Кралицата на спорта. Официален стадион, съдържащ лекоатлетическа писта и естествено тревно игрище, предназначено за футбол, тартанова писта, със сектор за хвърляния, лекоатлетическа писта, със сектор за скокове и закрыта лекотлетическа писта. Тартанът, на официалния стадион, помещава и сектори за скокове и хвърляния, влизаци в изискванията за провеждането на национални и международни състезания. Съставът на сектора се подразделя на зона за хоризонтални и вертикални скокове.

В продължение на дълги години, лекоатлети от различен ранг, простиращ се от национално до професионално ниво, водят подготовката си, именно на този стадион, поради уединената обстановка и чистотата на въздуха, извираща сякаш от Витоша. Като пример могат да се посочат Ивет Лалова и Инна Ефтимова – състезателки, участвали на повече от една Олимпиади, избиращи голяма част от подготовката им да се проведе точно на тази писта [6]. Освен тренировки, стадион „Национална Спортна Академия“, от дълго време е арена за разнообразни спортни прояви, вариращи от детски, аматьорски до международни турнири. Студенти от Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ са участвали не веднъж в разнообразни прояви, на Национални университетски игри, на които са завоювани призови места утвърждавайки авторитета на университета.



а)



б)

Фигура 1. Кадри от: а) Международен турнир „Нови Звезди“ – София, 2013 г. (в ляво) и б) Национална студентска универсиада – София, 2018 г.(в дясно).

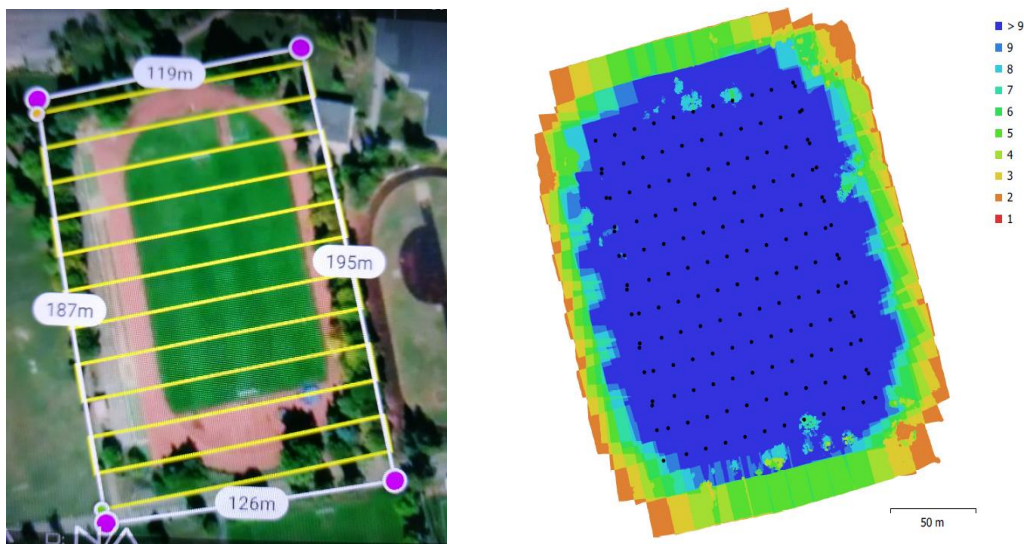
Тази лична връзка със спорта доведе до решението за заснемане на стадиона, използвайки безпилотна летателна система и в следствие до сравнение на двата най-комерсиални фотограметрични софтуера за обработка на въздушни изображения.

## 2. ФОТОГРАМЕТРИЧНО ЗАСНЕМАНЕ И ПОСЛЕДВАЩА ОБРАБОТКА

За заснемането на стадион „Национална Спортна Академия“ е използвана безпилотната летателна система - DJI Phantom 4 RTK, разполагаща с 20-мегапикселова камера. Тази система притежава 1' CMOS сензор, регулируема  $f/2.8 - f/11$  бленда и механичен затвор, благодарение на който се елиминира изкривяването на образите, при заснемане на бързодвижещи се обекти, както и при заснемане с висока скорост. БЛС тежи около 1,4 kg, а размерът ѝ по диагонал е 350 mm. Максималната височина на летене е 6000m, а скоростите, които развива са съответно: максимална скорост на издигане - 6 m/s при автоматичен полет, - 5 m/s при ръчно управление и максимална скорост на снишаване - 3 m/s. Максималната скорост при автоматичен полет на работа е 58 km/h, за приблизителното време на работоспособност – 30 min. Безпилотната летателна система, включва и контролер, съдържащ DJI GS RTK app приложение, чрез което се контролира БЛС, в двата възможни режима на аерофотозаснемане – автоматичен и ръчен. Тези режими, дават възможност да се зададе маршрут (план на летене), да се коригира скоростта на летене, надморската височина, както и настройките на камерата. По този начин може да се извърши автоматизирано картографиране или инспектиране на съответния работен процес.

В БЛС директно е интегриран RTK модул, предоставяйки в реално време данни за позициониране на ниво сантиметър, което позволява получаването на по-висока абсолютна точност на метаданните на изображенията. Благодарение на високата резолюция, Phantom 4 RTK може да постигне добра разделителна способност, при GSD (Ground Sample Distance) от 2.74 сантиметра, при височина на полета от 100 m надморска височина [2,3].

Аерозаснемането е реализирано в един полет, при височина на летене 60m, надлъжно и напречно застъпване 80% и надирен режим на заснемане. Плана на летене е представен на следващата фигура.



Фигура 2. Траектория на плана на летене (в ляво) и местоположение на проекционните центрове и припокриване на изображенията (в дясно)

С цел геореферирането на модела, в обекта са разположени 8 опорни точки, стабилизиращи с метални болтове и сигнализиращи с черно-бели марки с квадратна форма. Точките са избрани внимателно, разположени са равномерно върху обекта и са далеч от заобикалящата го растителност. За определянето на координатите им е използван мултисистемен, двучестотен ГНСС приемник СНСNAV – I50, в RTK режим на работа. Използваният контролер е HCE320, поддържащ Android и използващ теренния софтуер – LandStar7 [4,7]. Той спомага за лесно боравене и връзка с инструмента. Координатна система е WGS 84 (UTM - зона 34N).

Времето за планиране, стабилизиране, маркиране и измерване на опорните точки е около 1 h, а съставянето на плана на летене и извършването на самото заснемане на обекта отне около 20 min. Трябва да се има в предвид, че съоръжения като този стадион се експлоатират постоянно, поради това е добре да се предвиди малко повече време за този тип дейности.

Последващата фотограметрична обработка е извършена на един и същ настолен компютър чрез два независими програмни продукта - Agisoft Metashape Professional и Pix4D Mapper, използващи Structure from motion - SfM (Структура от движение) метода. Изборът на тези два софтуера не е случаен, обоснован е от факта, че това са специализирани фотограметрични софтуери с пълните възможности за обработка на въздушни изображения от рехав облак от точки до генериране на ортофото мозайка и са най-често използваните в бранша, т.е. най-популярните комерсиални решения.

Основните сравнения между софтуерите са направени на базата на следните показатели: **системни изисквания на софтуерите, цена, време, функционалност при обработката, точност на модела, брой точки в плътния облак, качество на текстурирани полигонални модели и ортофотомозайка.**

### 3. СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ СОФТУЕРИТЕ ОТ ГЛЕДНА ТОЧКА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОДУКТИТЕ И ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Всеки софтуер си има своите плюсове и минуси и няма еднозначен отговор кой софтуер е най-добър. Това зависи от конкретните задачи, които ще се решават и опита на оператора.

При избора на софтуерен продукт за фотограметрична обработка е необходимо да се познават системните му изисквания и технически характеристики. В таблица 1 са представени системните изисквания на двата соф

туера - Agisoft Metashape и Pix4D Mapper.

Таблица 1. Препоръчителни хардуерни изисквания [1]

Хардуер	Pix4Dmapper	Agisoft Metashape
Операционна система	Windows 8, 10, 64 bits	Windows 7 SP 1 or later (64 bit), Mac OS X Mountain Lion or later, Debian/Ubuntu with GLIBC 2.13+ (64 bit)
Процесор	quad-core or hexa-core Intel i7/Intel i9 /Threadripper/Xeon/	Intel Core i7 or AMD Ryzen 7 processor
Видео карта	GeForce GTX GPU compatible with OpenGL 3.2 and 2 GB RAM	Discrete NVIDIA or AMD GPU



XXXI МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ  
 “СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В  
 ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 05 ноември 2021 г.

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
 MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN  
 GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 05 November 2021

<b>Твърд диск</b>	<b>SSD</b>	-
<b>RAM</b>	14 GB RAM (от 100 и 500 снимки)	12 GB (при 100 -150 снимки)

Agisoft Metashape, е софтуерен продукт, изискващ по-ниски препоръчителни параметри за използване на програмата, в сравнение с Pix4D Mapper, което се вижда и от гореупоменатата таблица.

Както Agisoft Metashape така и Pix4D Mapper имат функции за обработка на цветни, топлинни и мултиспектрални изображения. И двата софтуера визуализират получените резултати и позволяват извличането на количествени данни от модела - разстояния, площи, обеми и извършване на виртуални проверки, което води и до генерирането на различни изходни формати.

Друг ключов параметър при избора на софтуер е цената.

Тя зависи от избора на лиценз, вариращ между варианти за: месец, година или перманентен. Веднъж закупен лиценз за Agisoft Metashape, остава постоянен и не се налага ежегодно подновяване. Програмният продукт предлага стандартна и професионална версия, включващи разнообразни функции насочена към решаването на различни инженерни задачи. И професионалната и стандарта версия на Agisoft Metashape извършват фотограметрична триангулация, генерират плътен облак от точки, числени (цифрови) модели и позволяват тяхното текстуриране. И двете версии поддържат камери тип „рибешко око“. Всички останали функции, като например класификация на облак от точки, експортиране на числени модели на релефа и повърхността, на ортофотомозайки, обработка на многоканални изображения, изчисляване на NDVI индекс и други са включени само в професионалната версия.

Таблица 2. Цени на Pix4Dmapper и Agisoft Metashape [1]

Продукт	Лиценз	Цена (USD)
Pix4Dmapper – вечен абонамент	Плаващ лиценз (1 устройство)	\$4990
Pix4Dmapper – годишен абонамент	Плаващ лиценз (2 устройства)	\$292/месечно
Pix4Dmapper – месечен абонамент	Плаващ лиценз (2 устройства)	\$350/месечно
Pix4Dmapper – вечен абонамент (професор)	Плаващ лиценз (2 устройства)	\$1990
Pix4Dmapper – вечен (учебен)	Плаващ лиценз (25 устройства)	\$6700
Agisoft Metashape - Професионално ниво	Постоянен лиценз (1 устройство)	\$3499
Agisoft Metashape - Стандартно издание	Постоянен лиценз (1 устройство)	\$179
Agisoft Metashape Професионално образование	Постоянен лиценз (1 устройство)	\$549

XXXI МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ  
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В  
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 05 ноември 2021 г.

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN  
GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 05 November 2021

Agisoft Metashape – Стандартно образование	Постоянен лиценз (1 устройство)	\$59
---	------------------------------------	------

Pix4D Mapper предоставя плаващ лиценз на официалния уебсайт, а закупуването на плаващ лиценз на Agisoft Metashape, може да стане от дистрибутори в страна, в която потребителят съжителства. И двата софтуера предоставят специални цени за образователните институции [1]. **Цените на Pix4Dmapper в сравнение с тези Agisoft Metashape са по-високи**, което се вижда и от таблица 2.

За повечето инженерни задачи **времето и функционалността при обработката** на данните е от изключително значение. Това е и следващият избран критерий за сравнение.

### Време и функционалност при обработката

За изследваният обект и при така зададените параметри на полета, общото време за фотограметрична обработка и от двата софтуера е идентично. То е представено в таблица 3.

Таблица 3. Продължителност на обработката при двата софтуерни продукта

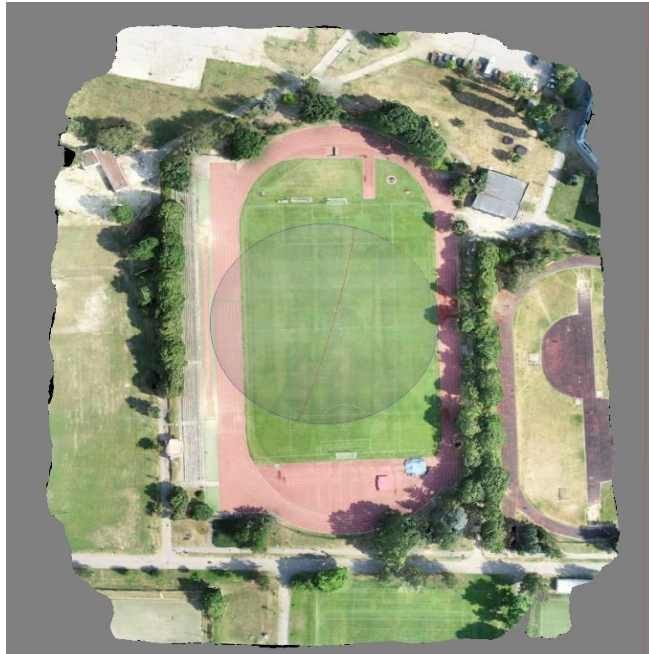
	Pix4D Mapper	Agisoft Metashape
Matching time		3m:06s
Alignment Time		1m:07s
Optimize		5s
Генериране на Depth Maps		7m:58s
Генериране на Point Cloud	21m:06s	6m:10s
Reconstruction		8m:48s
Генериране на 3D Textured Mesh	13m:47s	8m:02s
Генериране на Tiled model		19m:04s
Генериране на DEM\DSM	10m:43s	23s
Генериране на Ortomosaic	16m:58s	3m:43s
Total Processing Time	1h:2m:34s	58m:26s

Работната среда на Agisoft, е доста по-олеснена, с изкачащи менюта, съкращаващи търсенето на функции до минимум. Недостатък на програмата, е твърде многото въвеждане на предварителни параметри, за разлика от намалените до минимум в Pix4D. Agisoft е продукт, с олекотен режим на работа, подразделящ създаването на всяка повърхнина в отделен етап. Pix4D има по-тромава програмна среда, в която етапите на получаване на крайни продукти са финализирани в 3 стъпки. Положително качество на фотограметричния софтуер, е че функциите са систематизирани и не се изисква прекалено много въвеждане на параметри. В третата последна стъпка се генерират числени модели на повърхността, текстурирани модели, ортомозайки и други. Поради тази причина, продължителността на работа нараства, но сумарното време показва идентични резултатите за изследвания обект.



Дърветата и листата се считат за хомогенни текстури и сравнението им е сравнително трудно. При съпоставка на растителността, обграждаща изследваният обект резултатите от двата софтуера са идентични - дърветата изглеждат размазани.

Основно предимство на Agisoft Metashape е възможността за генериране на Tiled Model, който е едно добро решение при моделирането на градски/урбанизирани области. Той позволява визуализиране на големи триизмерни модели с висока разделителна способност. На следващата фигура е представен такъв модел.



Фигура 4. Числен / цифров Tiled (детайлен) модел

#### **Качество на ортофотомозайката**

Ортофотомозайките получени и от двата софтуера са с идентично качество.

При генерирането на ортофото мозайките и в двата софтуера е избрана максимална разделителна способност, която съответства на разделителната способност на изображенията. При зададените за обекта параметри на полета на летене, тя има стойност 1.64 cm.





XXXI МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ  
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В  
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 05 ноември 2021 г.

---

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN  
GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 05 November 2021

[5 ] <https://www.nsa.bg/bg/page,812>

[6 ] <https://www.nsa.bg/bg/page,14>

[7 ] <https://www.terralang.eu/i50/>

### **ДАННИ ЗА АВТОРИТЕ**

**доц. д-р инж. Веселина Господинова**  
**Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски",**  
**катедра "Маркшайдерство и геодезия",**  
**Студентски град, ул. „Проф. Боян Каменов", 1700 София,**  
**Телефон: +359899830236**  
**E-mail: veselina\_gospodinova80@abv.bg**

**инж. Ралица Нейчева**  
**Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски",**  
**катедра "Маркшайдерство и геодезия",**  
**Студентски град, ул. „Проф. Боян Каменов", 1700 София,**  
**Телефон: +359899627417**  
**E-mail: ralica1997@abv.bg**