

ПРИЛОЖЕНИЕ НА БЕЗПИЛОТНИТЕ ЛЕТАТЕЛНИ ПЛАТФОРМИ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Милен Чанев¹, Павел Попов², Кристиан Александров³

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: mchanev@space.bas.bg;

²Регионален исторически музей- Плевен
e-mail: pavelpopov@mail.bg

³Експерт географски информационни системи
e-mail: kristian.kr.aleksandrov@gmail.com

Ключови думи: БЛА, фотограмметрия, мултиспектрални данни, археология

Резюме: Аерокосмическите методи традиционно намират голямо приложение в археологията. Проблемът при тях е, че са скъпи и с ниска времева и пространствена разделителна способност. С развитието на технологиите през последните години системите за безпилотни летателни апарати (БЛА) стават все по-подходящи за прилагане в археологията [Rinaudo et al. 2012]. Последните подобрения в БЛА платформите и анализа на обработката на изображения могат да бъдат използвани в подкрепа на археологическите изследвания. През последното десетилетие в литературата се съобщава за увеличеното използване на сензори за дистанционно наблюдение и техните продукти за археологически науки и проучвания на културното наследство [Argyrou et al. 2023]. В този доклад са представени част от възможностите, които БЛА и представят за археологически изследвания. Необходимо е да се спомене, че в доклада не са разглеждани всички типове сензори и данни, които могат да се предоставят от БЛА платформите. Данните от БЛА помагат на археолозите за онагледяване на фактичката обстановка, както в самите археологически обекти така и за забелязване на детайли, невидими от земята и позиционирането им в околния ландшафт. Данните придобити от БЛА се доказват като много ценни при археологически изследвания, но са необходими още изследвания в тази област.

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL PLATFORMS IN ARCHAEOLOGICAL RESEARCH

Milen Chaney¹, Pavel Popov², Kristian Aleksandrov³

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mchaney@space.bas.bg

²Regional Historical Museum – Pleven
e-mail: pavelpopov@mail.bg

³Expert geographic information systems
kristian.kr.aleksandrov@gmail.com

Keywords: UAV, photogrammetry, multispectral data, archaeology

Abstract: Aerospace methods have traditionally found great use in archaeology. The problem with them is that they are expensive and have low temporal and spatial resolution. With the development of technology in recent years, unmanned aerial vehicle (UAV) systems have become increasingly suitable for application in archeology [Rinaudo et al. 2012]. Recent improvements in UAV platforms and image processing analysis can be used to support archaeological research. In the last decade, the increased use of remote sensing sensors and their products for archaeological sciences and cultural heritage studies has been reported in the literature [Argyrou et al. 2023]. This report presents some of the opportunities that UAVs present for archaeological research. It should be mentioned that the report does not cover all types of sensors and data that can be provided by UAV platforms. UAV data helps archaeologists to visualize the actual situation, both in the archaeological sites themselves and to notice details invisible from the ground and their positioning in the surrounding landscape. Data acquired by UAVs is proving to be very valuable in archaeological research, but more research is needed in this area.

Въведение

Използването на БЛА платформи в археологията става все по-разпространено заради бързината на проучването която предоставя, разходите и точността на получените данни [Brutto et al. 2012]. Употребата на технологията на БЛА е много подходяща за археолозите, тъй като тя позволява да се обследват големи площи с и да се получат данни с много висока пространствена разделителна способност. Получените данни са много подходящи за планиране прилагането на традиционните методи в археологията. Данните от БЛА платформите, могат да се използват за съставяне на ортофото карти, цифрови модели на терена или Digital Terrain Model (DTM). Като при последваща обработка на данните помагат да послужат за документиране и идентифициране на археологически райони. Като друго голямо предимство е, че тези платформи могат да носят на борда си различни видове сензори, включително мултиспектрални, инфрачервени и термични [Themistocleous et al. 2014]. Употребата на БЛА намира много голямо приложение при документиране и наблюдение, както при археологически обекти, така също и при културното историческо наследство. Изображенията получени от БЛА платформи са с голяма разделителна способност. Този тип изображения с висока разделителна способност намират приложение за бързото генериране на 3D цифрови модели на различни археологически обекти, които се използват за реконструкция на обектите [Themistocleous, K. 2020]. Според Самрапа (2017) употребата на БЛА с монтирани на тях различни видове сензори намира приложение в археологическите изследвания в няколко области:

- Триизмерна (3D) документация на археологически разкопки;
- 3D проучване на паметници и исторически сгради;
- Проучване на археологически обекти и ландшафти;
- Въздушно проучване на територии;
- Археологическо проучване на гористи местности;
- Ортофото заснемане с БЛА;

Като допълнение ние посочваме и създаване на дигитален модел на терена DTM на обследваната територия.

Употребата на БЛА при археологически изследвания има и приложение при популяризирането им чрез създаването на цифрови близнаци на обектите освен, че помага на археолозите по-добре да изследват строителните технологии от миналото, но БЛА технологията допринася за опазването на културното наследство, като предоставя нови дигитални възможности, както в образованието, така и в туристическия сектор, дава и нови изследователски пътища за разбиране, и преживяване на древни структури [Stanga et al. 2023].

Приложение на ортофото заснемане с БЛА в археологията

Ортофото заснемането предоставя изображения, при които са направени различни геометрични корекции. В получените изображения са премахнати всички изкривявания, дължащи се на ъгъла на камерата и на релефа, като по този начин изображенията съчетават в себе си, както характеристиките на изображението на снимка, така и геометричните качества на карта. Ортофото изображенията стават много предпочитани в археологически изследвания, тъй като те предоставят, топографска информация и много подробен картинен изглед за изследвания район [Wemegah & Amisshah 2013; Liu et al. 2018; Korumaz & Yildiz 2021]. Като основни предимства на метода на ортофото заснемането заради, които археолозите предпочитат да го прилагат в своите изследвания се посочват:

- Методът е гъвкав и позволява информация, която може лесно да се споделя;
- Съдържа всичко от оригиналната снимка;
- Изработва се за кратко време;
- Предоставя актуална информация;
- Има геометричната точност на карта;
- Има всички визуални характеристики на изображение

Основни предимства на приложение БЛА в археологическите изследвания се посочват и бързото, прецизно и евтино събиране на данни, без да се уврежда археологическият район, като същевременно се избягват и човешките грешки, които често възникват при класическото топографско заснемане in situ. С наличните масови БЛА технологии към момента, които са сравнително лесно достъпни и правейки сравнение с конвенционалната технология на ортофото заснемане се прави извода, че БЛА са по-удобни за събиране на данни за малки площи [Senkal et al. 2021]. Развитието през последните десет години на БЛА технологиите дадоха и голям тласък на развитието на ортофото заснемането с БЛА, както и приложението на тази технология в археологическите проучвания.

Основни предимства за прилагане в археологията на БЛА технологията са: достъпността, бързината и нивото на точност, която предоставят изображенията получени от БЛА. Ортофото

заснемането с помощта на БЛА придобива голямо значение за археологическите проучвания, тъй като технологията е бърза, много по-евтина в сравнение с класическата въздушна фотография и предоставя изображения с много висока разделителна способност [Korumaz & Yildiz 2021]. При археологическите проучвания е възможно да се използват фабрично произведени модели БЛА или такива, които са произведени по поръчка с определени технически спецификации. За проучване на селище от късната бронзова епоха в района на Халандрица, Западна Гърция Nikolakopoulos et al, (2017) използват два типа БЛА единият е квадрокоптер на DJI Phantom 3 Advanced, който е с един кардан и носи една Red Green Blu камера (RGB) и един поръчков БЛА апарат, който е хексакоптер оборудван с два кардана, на които са монтирани две RGB екшън камери с пространствена разделителна способност 12 MP. Хексакоптера е оборудван и с Global Navigation Satellite System (GNSS) модул, който е с точност на позициониране е 2.5 m хоризонтално и 0.8 m вертикално. За оценка на точността на получените данни от заснемането с БЛА са направени и заснемане с двучестотен GPS Leica GS08 Plus с RTK корекции. Направено е и сравнение между получените данни от двата типа БЛА и изображения получени от класическата въздушна фотограметрия. Едните получени от квадрокоптера с една камера, а другите от хексакоптера с две камери. като първата е насочена в надир, а втората по друг ъгъл с цел за обследване на територията и в различни аспекти. Целта на изследването е да се сравни качеството на получените два типа данни от двата БЛА платформа и от класическата въздушна фотограметрия, и да се определи, коя технология е по-подходяща да замени класическото топографско заснемане. При проучването екипът е установил точност на продуктите, получени от БЛА, която достига до 99,6% в сравнение с класическите топографски методи. Друго проучване проведено в Р. Турция при което е използван БЛА тип крило марка SmartPlanes Freya с монтирана на борда RGB камера марка Ricoh GR, която има пространствена разделителна способност от 16 MP, докладва за достигната точност от 95% [Korumaz & Yildiz 2021].

За подобряване на резултатите от заснемането с БЛА, когато при заснемането не са използвани (Real Time Kinematic) RTK корекции се препоръчва да се комбинират данните от БЛА с контролни наземни точки с цел подобряване точността на измерванията [Senkal et al. 2021]. Необходимостта от комбиниране на данни получени от БЛА с контролни наземни точки се потвърждава и при проучване възможностите за приложение на нискобюджетни БЛА системи. Посочва се, че при използване на DJI Phantom позициите, получени от аерофотография, произведени с некоригирани GPS-геотагове, вариат най-много от местоположенията на контролните наземни точки, установена е и грешка във вертикална посока, което се обяснява с факта, че данните за надморската височина са получени от неточни GPS. За да се увеличи ефективността от заснемането с БЛА система е необходимо да се използва платформа с RTK, която ще осигури GPS данни, които ще помогнат да се премахне най-бавната част от работния процес на картографиране с БЛА платформа: поставяне и записване на контролни наземни точки [Hill, A. 2019]. БЛА платформи, които предоставят възможност за направата на ортофото мозайки с висока пространствена разделителна способност без използването на контролни наземни точки, е много ценно, тъй като значително намалява времето, прекарано на терен [Kaimaris & Tsokas 2023]. Понякога получените ортофото изображения съдържат данни или по-точно пиксели от археологически обекти или зони, които пречат на интерпретацията на данните. Най-често става въпрос за различни видови обекти като дървета, сгради, коли и хора, а понякога и за изкривяване, замъгляване или пиксели с липсващи данни. Най-новите тенденции в преодоляването на сегментацията на този тип данни са използването на методите на дълбокото обучение, като се достига до 90% точност на данните [Gök et al. 2023]. Това дава основание да се смята, че прилагането на БЛА технологията за ортофото заснемане и за археологически изследвания за доста надеждна, която може да замени класическото топографско заснемане *in situ* и класическата въздушна фотограметрия.

Употребата на БЛА при изследване на археологически обекти дава и някои допълнителни предимства, от които могат да се възползват широк кръг от експерти. Моделирането което може да се прави от получените данни позволява в моделите да се добавят различни параметри като по този начин могат да се тестват теории на различни експерти. 3D моделирането направено от БЛА данни подпомага работата на експертите в областта на строителната археология, като им дава възможност по-добре да разберат връзките между идентифицираните стратиграфски единици. Този тип данни способстват за предоставянето на тези модели на експерти от различни краища на планетата, които могат да участват в реставрацията на различни археологически обекти [Stanga et al. 2023].

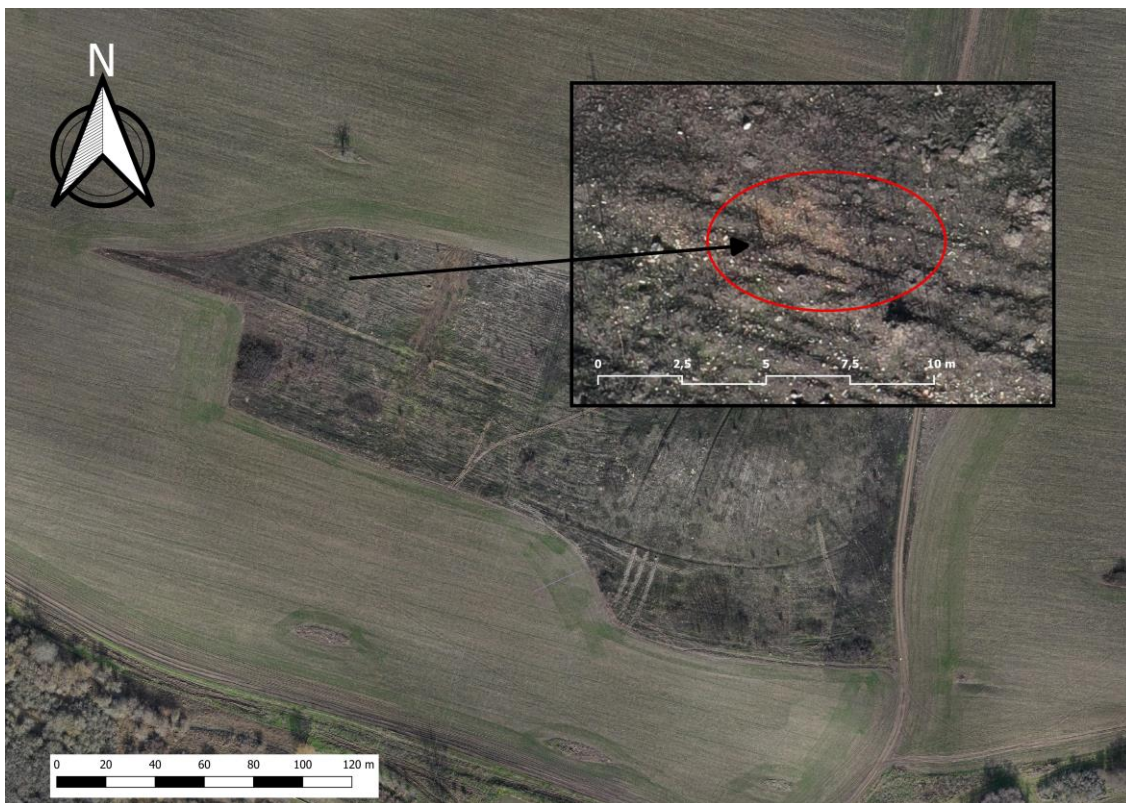
През 2022 г. при теренни археологически проучвания извършени от колектива на дклда на територията, на община Плевен. Освен стандартните методи използвани по време на археологическите издирвания, беше използван и БЛА с цел прецизна документация на откритите археологически обекти. Регистрираните от екипа археологически обектите бяха заснети с два

БЛА DJI Mavic are 2 с монтирана RGB камера като заснемането беше приложено единствено спрямо обекти, които отговарят на предварително зададени критерии. Те трябва да попадат в обработваема площ и да е налично достатъчно количество археологически материал по повърхността. С цел да могат резултатите да бъдат съпоставяни използвахме еднакви параметри на полета. Планирането на полетите се извърши през платформата DroneLink на височина 120 m, а камерата беше в позиция надир. По време на обхода бяха регистрирани общо 12 археологически обекта, от които само 5 попадат в обработваеми площи, които в момента на заснемане се извършваха различни агротехнически мероприятия. От събраната ортофото документацията заедно с генерираните DEM (Digital Elevation Model) спомогнаха за онагледяване на фактическата обстановка, както в самите археологически обекти така и за забелязване на детайли, невидими от земята и позиционирането им в околния ландшафт. Заснемането с БЛА на археологическите обекти спомогна за правилното и по-бързо определянето на техните граници. На Фиг. 1 и 2 е представено ортофото заснемане съответно в м. Тръстаря и м. Смърдля.



Фиг. 1. Ортофото заснемане на археологически обект с БЛА в м. Смърдля, общ. Плевен

На Фиг. 1 е представена ортофото заснемането с БЛА в м. Смърдля, голямо наличие на варовикови блокове, които са част от градежа на сгради. Разположението на варовиковите блокове не може да ни даде точна информация за плановете на сградите, но по тяхното групиране може да се определи до известна степен площта на сградите. Голямата пространствена разделителна способност която ни предоставя заснемането с БЛА позволи да се разграничат различни детайли от археологическите останки по повърхността. На изображението ясно се отличават големи петна от керамични фрагменти, които при проверка на терен се оказаха фрагменти от керемиди, сигурен индикатор за покривно покритие.



Фиг. 2. Ортофото заснемане на археологически обект с БЛА в м. Тръстара, общ. Плевен

Фигура 2 показва, че в източният край на нивата цвета на седимента драстично се променя. В тази част откритият по време на теренната работа археологичен материал е малко или почти липсва, което е индикатор за граница обекта.

Приложение на БЛА с мултиспектрални камери в археологията

При археологическите проучвания в областта на фотограметрията все повече се използват мултиспектрални сензори в комбинация с RGB. Тези сензори са в състояние да открият количеството енергия, отразено от обекти на земната повърхност в различните дължини на вълните на електромагнитния спектър [Ronchi et al. 2023]. В археологическите проучвания все повече намират приложение и данните получавани от мултиспектрални камери монтирани на БЛА платформи. Този тип данни намират голямо приложение за откриване на аномалии в зоните на археологически изследвания. Методът придобива популярност сред археологическите среди заради неговата икономическа достъпност както и бързината на събиране на данните, и тяхната лесна обработка. Изброените до тук предимства на метода доведоха до неговото широко използване в археологията през последните години, като най-широко приложение намира при идентифицирането и характеризирането на археологически структури, заровени в обработваеми полета [Agudo et al. 2018; Ronchi et al. 2020; Ronchi et al. 2023]. Разликата между RGB и мултиспектралните камери, е че първите се използват, когато изследваната територия е открита и не е покрита от растителност например различни едногодишни посеви, храстови формации и/или дървета. Мултиспектралните сензори се използват, когато изследваната територия е покрита с различна растителност. Чрез тези данни получени от БЛА, е възможно да се открият разлики между зони с различна жизненост на растителността и да се създадат различни карти с вегетационни индекси, които да показват аномалии в растителността [Limongiello et al. 2016; Parrinello & Picchio 2019; Kalayci et al. 2019; Ronchi et al. 2023].

Климатичните изменение настъпили през последните десетилетия оказват сериозно влияние на състоянието на археологическите обекти. Същевременно увеличаващият се туристопоток допринася за деградацията и манипулирането на археологическите обекти. Мултиспектралните данни получени от БЛА платформи успешно се прилагат като неинвазивен метод, който може да помогне за откриването, наблюдението и смекчаването на щетите върху уязвими обекти от културното и историческо наследство.

Комбинирането на двата типа данни RGB и мултиспектрални се посочва като най-добрият метод за наблюдение на износването на растителността, причинено от посетители [Holleesen et al. 2023].

Въпреки, че са необходими още изследвания по въпроса мултиспектралните данни получени от БЛА платформи намират приложение, за пространствен и спектрален анализ, за разпознаване на археологически останки и тяхното картографиране. Установено е, че мултиспектралните сензори монтирани на БЛА платформи и усъвършенстваните техники за обработка на изображения могат да бъдат иновативни в археологическите изследвания. мултиспектралните данни предоставят по-добри възможности в сравнение с класификацията с RGB изображения по отношение разпознаване на археологически останки и тяхното картографиране [Argyrou et al. 2023].

След изработването на цифрови повърхностни модели и ортофото мозайки, както и създаването индексни карти поучени от мултиспектрални данни в комбинация с RGB данни от БЛА система WingtraOne GEN II, която притежава и RTK модул са установени 123 гроба, в района на Архаичният Акропол на Европос, важен археологически обект, в северна Гърция, който е бил обитаван от 7 век пр. н. е. до 4 век сл. н. е. които са били неизвестни до този момент на археолозите в северна Гърция [Kaimaris & Tsokas 2023]. Използването на различни видове данни получени от БЛА и сателитни платформи са спомогнали на археолозите за проучване на древният град Метапонтно много важен град във формиращата се панорама на италианската Магна Греция и също така е един от най-важните и най-добре запазени археологически обекти в Южна Италия. Сателитните данни са допринесли за археологически разкрития в ландшафтен мащаб, както и в мащаб на обект, като палео-канални, канализационна система и главни пътища а, данните получени от БЛА платформа са спомогнали за откриването на малки елементи като второстепенни пътища, къщи, съоръжения и др. [Abate et al. 2023]. Използването на мултиспектрални данни от БЛА може да позволи разработването на полуавтоматични процедури за откриване на археологически обект. Това може да се постигне чрез визуален анализ и статистическа валидация. Сензора Sequoia е ефективен при откриването на заровени археологически структури, показвайки тясно съответствие с резултатите от геофизични проучвания и потвърдени от разкопки [Carmona et al. 2020].

Заклучение

Основни предимства на приложение БЛА в археологическите изследвания се посочват и бързото, прецизно и евтино събиране на данни, без да се уврежда археологическият район, като същевременно се избягват и човешките грешки, които често възникват при класическото топографско заснемане *in situ*.

Прилагането на БЛА технологията за ортофото заснемане и за археологически изследвания е надеждна технология, която може да замени класическото топографско заснемане *in situ* и класическата въздушна фотограметрия.

БЛА технологията е по-бърз и евтин метод, който може да бъде прилаган за изследвания и на малка територия и може да предоставя данни на експертите археолози от различни видове сензори.

За да се увеличи ефективността от заснемането с БЛА система е необходимо да се използва платформа с RTK, която ще осигури GPS данни, които ще помогнат да се премахне най-бавната част от работния процес на картографиране с БЛА.

Мултиспектралните данни получени от БЛА помагат, за пространствен и спектрален анализ, за разпознаване на археологически останки и тяхното картографиране.

Мултиспектралните сензори се използват, когато изследваната територия е покрита с различна растителност.

Данните придобити от БЛА помагат за онагледяване на фактическата обстановка, както в самите археологически обекти така и за забелязване на детайли, невидими от земята и позиционирането им в околния ландшафт.

Данните придобити от БЛА се доказват като много ценни при археологически изследвания, но са необходими още изследвания в тази област.

Литература:

1. Abate, N., Roubis, D., Sogliani, F., Vitale, V., Sileo, M., Arzu, P., Lasaponara, R. & Masini, N. (2023). Integrated use of GIS and remote sensing techniques for landscape-scale archaeological analysis: the case study of Metaponto, Basilicata, Italy. *Exploration Geophysics*, pp. 1–12.
2. Agudo, P. U., Pajas, J. A., Pérez-Cabello, F., Redón, J. V., & Lebrón, B. E. (2018). The potential of drones and sensors to enhance detection of archaeological cropmarks: A comparative study between multi-spectral and thermal imagery. *Drones*, 2(3), p. 29.

3. Argyrou, A., Agapiou, A., Papakonstantinou, A., & Alexakis, D. D. (2023). Comparison of Machine Learning Pixel-Based Classifiers for Detecting Archaeological Ceramics. *Drones*, 7(9), 578.
4. Brutto, M. L., Borruso, A., & D'Argenio, A. (2012). БЛА Systems for Photogrammetric Data Acquisition of Archaeological Sites. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1(1_suppl), pp. 7–13. doi:10.1260/2047-4970.1.0.7.
5. Campana, S. (2017). Drones in archaeology. State-of-the-art and future perspectives. *Archaeological Prospection*, 24(4), pp. 275–296.
6. Carmona, J. Á. S., Quirós, E., Mayoral, V., & Charro, C. (2020). Assessing the potential of multispectral and thermal БЛА imagery from archaeological sites. A case study from the Iron Age hillfort of Villaviejas del Tamuja (Cáceres, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 31, 102312.
7. Gök, G., Kùçük, S., Kurt, M., & Tarı, E. (2023, July). A U-Net Based Segmentation and Classification Approach over Orthophoto Maps of Archaeological Sites. In *2023 31st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1–4). IEEE.
8. Hill, A. C. (2019). Economical drone mapping for archaeology: Comparisons of efficiency and accuracy. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 24, pp. 80–91.
9. Hollesen, J., Jepsen, M. S., & Harmsen, H. (2023). The Application of RGB, Multispectral, and Thermal Imagery to Document and Monitor Archaeological Sites in the Arctic: A Case Study from South Greenland. *Drones*, 7(2), 115.
10. Kaimaris, D., & Tsokas, D. (2023). Application of UAS with Remote Sensing Sensors for the Location of Marks in the Archaeological Site of the Europos, Greece. *Remote Sensing*, 15(15), p. 3843.
11. Kalayci, T., Lasaponara, R., Wainwright, J., & Masini, N. (2019). Multispectral contrast of archaeological features: A quantitative evaluation. *Remote Sensing*, 11(8), p. 913.
12. Korumaz, S. A. G., & Yıldız, F. (2021). Positional accuracy assessment of digital orthophoto based on БЛА images: an experience on an archaeological area. *Heritage*, 4(3), pp. 1304–1327.
13. Limongiello, M., Santoriello, A., Schirru, G., Bonaudo, R., & Barba, S. (2016, October). The Amphitheatre of Avella: from its origin to digital. In *II International Conference Metrology for Archaeology, MetroArcheo*.
14. Liu, Y., Zheng, X., Ai, G., Zhang, Y., & Zuo, Y. (2018). Generating a high-precision true digital orthophoto map based on БЛА images. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(9), p. 333.
15. Nikolakopoulos, K. G., Soura, K., Koukouvelas, I. K., & Argyropoulos, N. G. (2017). БЛА vs classical aerial photogrammetry for archaeological studies. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, pp. 758–773.
16. Parrinello, S., & Picchio, F. (2019). Integration and comparison of close-range SfM methodologies for the analysis and the development of the historical city center of Bethlehem. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, pp. 589–595.
17. Rinaudo, F., Chiabrande, F., Lingua, A., & Spanò, A. (2012). Archaeological site monitoring: БЛА photogrammetry can be an answer. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39(B5), pp. 583–588.
18. Ronchi, D., Limongiello, M., & Barba, S. (2020). Correlation among earthwork and cropmark anomalies within archaeological landscape investigation by using LiDAR and multispectral technologies from БЛА. *Drones*, 4(4), p. 72.
19. Ronchi, D., Limongiello, M., Demetrescu, E., & Ferdani, D. (2023). Multispectral БЛА Data and GPR Survey for Archeological Anomaly Detection Supporting 3D Reconstruction. *Sensors*, 23(5), p. 2769.
20. Senkal, E., Kaplan, G., & Avdan, U. (2021). Accuracy assessment of digital surface models from unmanned aerial vehicles' imagery on archaeological sites. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6(2), pp. 81–89.
21. Stanga, C., Banfi, F., & Roascio, S. (2023). Enhancing Building Archaeology: Drawing, БЛА Photogrammetry and Scan-to-BIM-to-VR Process of Ancient Roman Ruins. *Drones*, 7(8), p. 521.
22. Themistocleous, K. (2020). The use of БЛАs for cultural heritage and archaeology. *Remote Sensing for Archaeology and Cultural Landscapes: Best Practices and Perspectives Across Europe and the Middle East*, pp. 241–269.
23. Themistocleous, K., Agapiou, A., King, H. M., King, N., & Hadjimitsis, D. G. (2014). More than a flight: the extensive contributions of БЛА flights to archaeological research—the case study of curium site in cyprus. In *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection: 5th International Conference, EuroMed 2014, Limassol, Cyprus, November 3-8, 2014. Proceedings 5* (pp. 396–409). Springer International Publishing.
24. Wemegah, D.T.; Amissah, B.M. (2013). Accuracy Checks in the Production of Orthophotos. *J. Environ. Earth Sci.* 2013, 3, 14–21 ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online).