

DOI: 10.32347/2076-815x.2023.82.341-349

УДК 528.7

Чумак О.В.,

chumak.ov@knuba.edu.ua, ORCID:0000-0001-9510-0140,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ЗА ДАНИМИ БПЛА ЗНІМАННЯ

В останні декілька років інтенсивно вживаються заходи щодо моніторингу та інвентаризації культурної спадщини України. Важливим аспектом є збереження таких об'єктів та передача наступним поколінням. Важливо при виконанні робіт з моніторингу використовувати таку методiku та технологію, що в подальшому дасть можливість виконувати і ряд інших задач, по відношенню до певного конкретного об'єкту, на основі отриманих раніше даних. Тому у даній роботі запропонований метод моніторингу культурної спадщини за допомогою БПЛА- знімання. В результаті описано технологію знімання та запропоновано технологічні схеми застосування безпілотних літальних апаратів для моніторингу об'єктів культурної спадщини. Очевидно, що результатом БПЛА-знімання є хмара точок, як вихідний етап для подальшого опрацювання та вирішення питань не тільки з моніторингу такого об'єкта, а і наповнення національної інфраструктури геопросторових даних, створення креслень для реконструкції об'єкту, та низка інших питань, які можна реалізувати маючи хмару точок певного об'єкту.

У роботі запропоновано застосування методології IDEF0-діаграми в програмі VPwin (AllFusion Process Modeler). Створено технологічну схему застосування БПЛА для моніторингу об'єктів культурної спадщини, проведено детальний опис кожного процесу, оскільки, структура діаграми IDEF0 дозволяє створювати велику кількість декомпозиції, а також розроблено схему опрацювання знімання в програмному комплексі AgiSoft Metashape.

Ключові слова: моніторинг; об'єкти культурної спадщини(ОКС); безпілотні літальні апарати(БПЛА).

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями.

Україна - держава з багатовіковими традиціями та великою історією. Роль живих свідків багатовікових традицій відіграють об'єкти культурної спадщини, дослідження і збереження яких є завданням державного рівня відповідно до ст. 54 Конституції України. Об'єктом культурної спадщини (ОКС) називається визначне місце, споруда (витвір), комплекс (ансамбль), їхні частини, пов'язані з ними рухомі предмети, а також території чи водні об'єкти (об'єкти підводної

культурної та археологічної спадщини), інші природні, природно-антропогенні або створені людиною об'єкти незалежно від стану збереженості, що донесли до нашого часу цінність з археологічного, естетичного, етнологічного, історичного, архітектурного, мистецького, наукового чи художнього погляду і зберегли свою автентичність. [1] У зв'язку з швидким темпом розвитку людства, важливим є забезпечення збереження та виявлення таких об'єктів шляхом інвентаризації. Інвентаризація об'єктів культурної спадщини здійснюється з метою запобігання руйнуванню або заподіяння шкоди, забезпечення захисту, збереження, утримання, відповідного використання об'єкта культурної спадщини, його території та зон охорони пам'яток в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь шляхом впровадження системи моніторингу, що передбачає постійний моніторинг, періодичний моніторинг та проведення досліджень. [2].

Моніторинг включає збір, оброблення та аналіз інформації про об'єкт культурної спадщини і охоронну територію з безпосереднім інструментальним обстеженням поточного стану та фіксацією будь яких змін. Зокрема, у складі моніторингу вирішуються наступні задачі:

- збір, обробка та систематизація результатів спостережень ;
- виявлення факторів ризику для об'єктів культурної спадщини та фіксація їх впливу;
- створення та ведення електронного банку даних з результатами спостережень та оцінки стану об'єктів культурної спадщини;
- систематичне відображення результатів моніторингу об'єктів культурної спадщини в офіційних публікаціях на всіх рівнях – національній та регіональних доповідях про стан об'єктів КС (в разі запровадження), національній та регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища, національній та регіональних доповідях про стан культури (в разі запровадження), засобах масового інформування.[3].

Традиційні методи досліджень, такі як геодезичні та фотограмметричні знімання, мають ряд недоліків, що обмежують їх використання для досягнення якісних результатів моніторингу ОКС, зокрема: методи аерофотознімання вимагають високих затрат на виконання крупномасштабних зніманий; геодезичні методи потребують значного часу для польових і камеральних спостережень при необхідності фіксації додаткових, наприклад, архітектурних, особливостей об'єкта. [4]. Також в останні декілька років інтенсивно вживаються реставраційні заходи щодо пам'яток архітектури. Для виконання цих робіт необхідні високоточні фронтальні плани споруд[5].

Важливим є питання використання технології для виконання моніторингу. Запропоновано метод є найбільш економічним з точки зору людського часу, вартості виконання та безпеки виконавців.

Аналіз публікацій за темою дослідження. Питанням застосування БПЛА для фотограмметричних робіт займаються як українські вчені так і зарубіжні. Зокрема у роботі [6] автори застосували БПЛА для аерознімання вулкану, в результаті якого отримали ортофотоплани та ЦМР-місцевості, а також виділили основні етапи опрацювання знімків у програмному забезпеченні Pix4D. У роботі [7] авторами описано етапи створення ЦМР та ортофотопланів. Алгоритм опрацювання знімків у програмі Inpho від Trimble описано у роботі [8], що дає змогу виконувати широке коло завдань. Технологію створення цифрових топографічних планів за допомогою БПЛА-знімання М 1:2000 представлено авторами [9]. Про те, аналізуючи дослідження вчених за темою моніторингу ОКС засобами БПЛА нами не було знайдено технологічних схем для ОКС. У роботі [10] авторами розроблена технологічна схема створення цифрових даних за матеріалами безпілотного аерофотознімання та визначено основні параметри аерофотознімання, проте це тільки загальна методика, на основі якої нами розроблено технологічну схему робочого процесу моніторингу ОКС з БПЛА. Про те, у більшості публікацій з БПЛА розглядається саме практична реалізація проектів з використанням БПЛА [11-14]

Метою роботи є розроблення технологічних схем моніторингу ОКС засобами БПЛА.

Виклад основного матеріалу. В останні декілька років інтенсивно вживаються реставраційні заходи щодо пам'яток архітектури. Для виконання цих робіт необхідні високоточні фронтальні плани споруд [5].

Для початку опишемо алгоритм моніторингу ОКС (Рис.1)



Рис.1. Алгоритм моніторингу ОКС.

Як бачимо, процес моніторингу складається з декількох етапів, кожен з яких має свою важливість і застосування підходу до виконання. Тому у роботі запропоновано застосування методології IDEF0-діаграми в програмі BPwin (AllFusion Process Modeler). IDEF0 – це методологія функціонального моделювання і графічного опису процесів. Особливістю IDEF0 є її акцент на ієрархічне представлення об'єктів, що значно полегшує розуміння предметної області. В IDEF0 розглядаються логічні зв'язки між роботами, а не послідовність їх виконання в часі.

Основними елементами діаграми IDEF0 є: блоки, у вигляді яких

представлені функції (в залежності від ступеня деталізації) та стрілки, у вигляді яких на діаграмі зображають інформаційні та матеріальні ресурси.

Застосування цієї моделі для розроблення технологічної схеми моніторингу ОКС засобами БПЛА є досить доречно, адже для кожного із процесів можна створити декомпозицію.

В результаті даного дослідження розроблено технологічну схему застосування безпілотних літальних апаратів для моніторингу ОКС, що представлено на рис. 2.



Рис.2. Технологічна схема моніторингу ОКС засобами БПЛА. IDEF0 (рівень А-0).

На Рис. 2 зображена інформація, що необхідно для проведення моніторингу ОКС засобами БПЛА (регуляторні засоби, безпосередньо на вході - ОКС, балансоутримувач ОКС, виконавець моніторингу, інструмент для моніторингу: БПЛА та програмне забезпечення) та вказано, що ми можемо отримати в результаті моніторингу ОКС (згідно технічного завдання: документація ОКС, модель ОКС, паспорт фасаду).

Для більш детальнішого опису процесу моніторингу нами була розроблена декомпозиція вищезазначеної технологічної схеми моніторингу ОКС засобами БПЛА. (рис. 3)

Технічне завдання розробляє балансоутримувач ОКС, що і є основою для виконання робіт для виконавця, адже в ньому вказується кінцева продукція, яку необхідно передати замовникові. Інші роботи виконує виконавець робіт у відповідності до чинного законодавства.

Оскільки, структура діаграми IDEF0 дозволяє створювати велику кількість

декомпозиції, тому ми, вважаємо за доречне, описати процес камеральної обробки отриманих результатів знімання. На сьогоднішній день існує багато програмних засобів для опрацювання знімків, отриманих шляхом аерофотознімання. Серед них SfM AgiSoft Metashape, RealityCapture, Pix4D, 3DF Zephyr та інші. У цьому дослідженні нами розроблено схему опрацювання знімання в програмному комплексі AgiSoft Metashape. (рис.3).

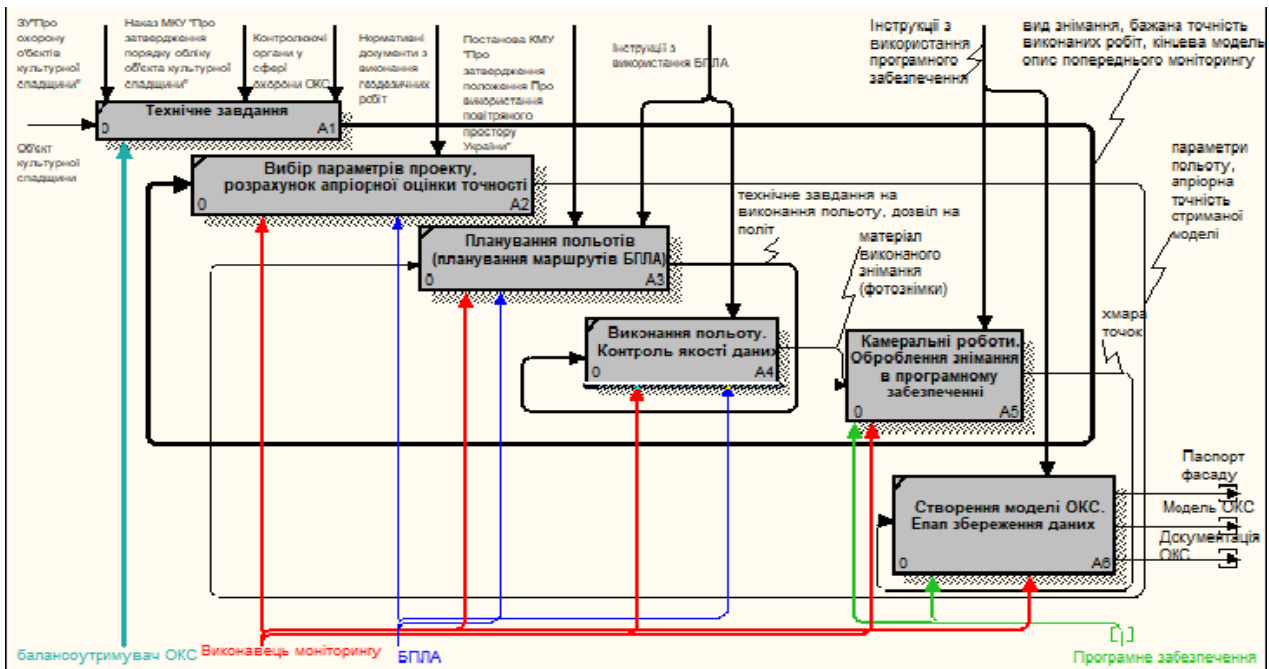


Рис. 3. IDEF0 (рівень A0)

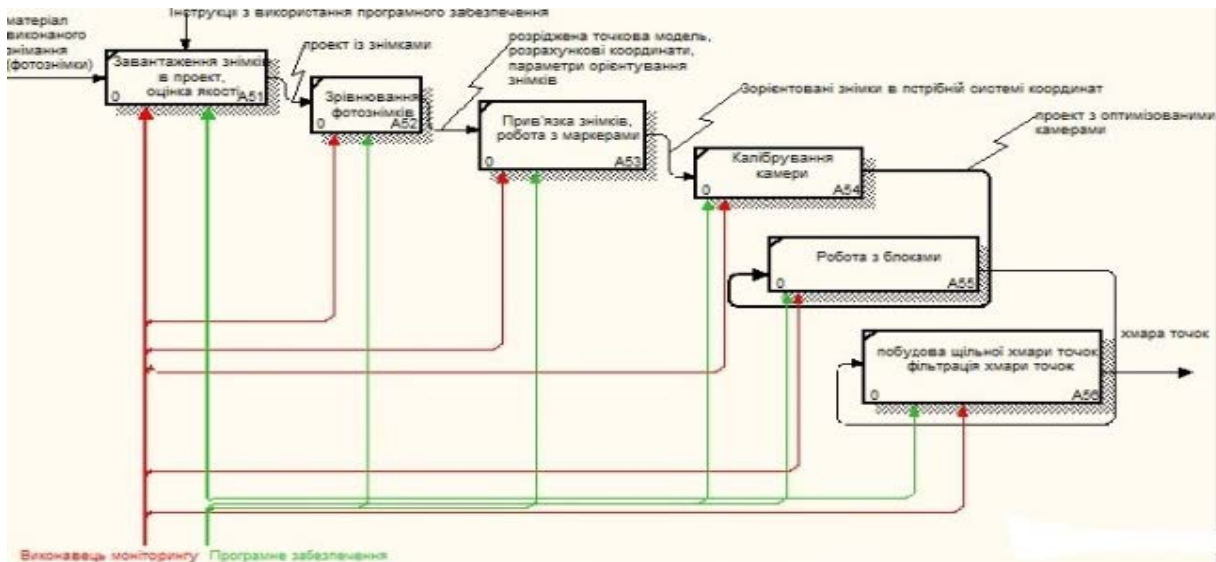


Рис. 4. Оброблення знімання з БПЛА в програмному забезпеченні.

Вхідними даними для камеральних робіт слугують фотознімки, отримані за допомогою БПЛА-знімання. Керуючись інструкціями з програмного забезпечення виконавець робіт проводить камеральне оброблення даних. Весь процес оброблення можна поділити на декілька етапів.

Основні етапи камерального оброблення знімання:

- 1) Завантаження знімків в проект, оцінка якості.
- 2) Зрівнювання знімків.
- 3) Прив'язка знімків, робота з маркерами.
- 4) Калібрування камери.
- 5) Робота з блоками (є не обов'язковим, залежить від виконавця).
- 6) Побудова щільної хмари точок, фільтрація хмари точок.

В результаті отримуємо хмару точок, як вихідний тип даних для подальшого оброблення, аналізу та моделювання.

Отже, основні етапи моніторингу ОКС засобами БПЛА безпосередньо для виконавця робіт:

- 1) Отримання технічного завдання від балансоутримувача ОКС. Аналіз вихідних даних.
- 2) Вибір параметрів проекту, розрахунок апріорної оцінки точності.
- 3) Планування польотів (Планування маршрутів БПЛА).
- 4) Виконання польоту, контроль якості даних.
- 5) Камеральні роботи, оброблення знімання в програмному забезпеченні.
- 6) Створення моделі ОКС.
- 7) Формування звітної документації. Передача даних балансоутримувачу

Висновок. Аналізуючи застосування БПЛА для моніторингу ОКС, нами було розроблено технологічну схему моніторингу. Важливо зазначити, що використання методу БПЛА-знімання дасть новий підхід до вирішення питання моніторингу, архівації, наповнення і ведення Державного реєстру нерухомих пам'яток України, що є частиною національної інфраструктури геопросторових даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про охорону культурної спадщини. Закон України від 08.06.2000 №1805-III. Редакція 24.07.2021.
2. Про затвердження порядку обліку об'єктів культурної спадщини. Наказ Міністерства культури України від 11.03.2013 № 158. Редакція від 20.08.2019.
3. Поливач К. Формування системи моніторингу об'єктів культурної спадщини в Україні. /К.А. Поливач// Укр.геогр.журн.. – 2013. - №3. - С.57 - 63.
4. Глотов В. Аналіз сучасних методів знімання під час опрацювання великомасштабних планів. / В.М. Глотов, А.М. Гуніна // Геодезія, картографія і аерофотознімання – 2016. - Вип. 83. – С. 53-63.
5. Глотов В., Смолій К. Дослідження технології складання фронтальних планів архітектурних споруд наземним цифровим зніманням і лазерним

скануванням// Укр. Міжвідомч. наук.-техн. збірн. “Геодезія, картографія й аерофотознімання”. – Львів. – 2008. – Вип. 70. – С. 46–50.

6. Nakano T., Kamiya I., Tobita M., Iwahashi J., Nakajima H. Landform monitoring in active volcano by UAV and SFM-MVS technique. ISPRS Technical Commission VIII Symposium, Hyderabad, India, 09-12 Desember 2014. DOI: [10.5194/isprsarchives-XL-8-71-2014](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-8-71-2014)

7. Meier G., Frank S. Dokumentations und Überwachung einer Rutschung mittels UAV (Unmanned Aerial Vehicle), Geodäsie/Vermessung, Geomatik Schweiz, 2014. - P.449-452

8. Рубцова Н.Э. Обработка данных БПЛА в программе UASMaster//Геоматика – 2014 - №1 - с.34-44

9. Шевеня М.С. Аерофотосъемка с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)//Геодезия и картография – 2013. - Вип.1

10. Шульц Р.В. До питання визначення основних параметрів фотографування при безпілотному аерофотозніманні / Р.В. Шульц, П.Д. Крельштейн, І.А. Маліна // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. - Вип. 57. – К.: КНУБА, 2015. - С. 483 - 490.

11. Bosak K. Secrets of UAV photomapping. 66 p. www.pteryx.eu

12. Митрахович М.М. Беспилотные авиационные комплексы: методика сравнительной оценки боевых возможностей / М.М. Митрахович, В.И. Силков, А.В. Самков, Х.В. Бурштынская, С.А. Станкевич, В.Б. Семенов. Под общей редакцией В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. – 288 с.

13. Костюк А.С. Особенности аерофотосъемки со сверхлегких беспилотных летательных аппаратов / А.С. Костюк // Омский научный вестник №1 (104), 2011. - С. 236-240

14. Костюк А.С. Расчет параметров и оценка качества аерофотосъемки с БПЛА / А.С. Костюк // Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 1. : сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010». Т. 4. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 180 с.

assistant **Chumak Olga**,

Kyiv National University of Construction and Architecture

TECHNOLOGICAL SCHEMES OF MONITORING OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS ACCORDING TO UAV SHOOT DATA

In the last few years, intensive measures have been taken to monitor and inventory the cultural heritage of Ukraine. An important aspect is the preservation of such objects

and their transmission to future generations. It is important to use such a methodology and technology when performing monitoring works, which in the future will make it possible to perform a number of other tasks, in relation to a certain specific object, based on previously obtained data. Therefore, this paper proposes a method of cultural heritage monitoring using UAV-filming. As a result, the filming technology is described and technological schemes for the use of unmanned aerial vehicles for monitoring cultural heritage objects are proposed. It is obvious that the result of UAV shooting is a cloud of points, as a starting point for further processing and solving issues not only of monitoring such an object, but also of filling the national infrastructure with geospatial data, creating drawings for the reconstruction of the object, and a number of other issues. which can be realized by having a cloud of points of a certain object.

The paper proposes the application of IDEF0-diagram methodology in the BPwin (AllFusion Process Modeler) program. A technological scheme for the use of UAVs for monitoring cultural heritage objects was created, a detailed description of each process was carried out, since the structure of the IDEF0 diagram allows creating a large number of decompositions, and a scheme for processing the shooting in the AgiSoft Metashape software complex was developed.

Keywords: monitoring; objects of cultural heritage (OKS); unmanned aerial vehicles (UAVs).

REFERENCES

1. On the protection of cultural heritage. Law of Ukraine dated 08.06.2000 No. 1805-III. Editorial office 07/24/2021. {in Ukrainian}
2. On approval of the procedure for accounting of objects of cultural heritage. Order of the Ministry of Culture of Ukraine dated March 11, 2013 No. 158. Redaction dated August 20, 2019. {in Ukrainian}
3. Shultz R.V. On the question of determining the main parameters of photography during unmanned aerial photography / R.V. Schultz, P.D. Krelstein, I.A. Malina // Urban development and territorial planning: science and technology. coll. / Kyiv. national University of Architecture and Architecture. ; resp. ed. M. M. Ossetrin. - Kyiv: KNUBA, 2015. - Issue 57. - P. 483 - 490. {in Ukrainian}
4. Polivach K. Formation of the monitoring system of cultural heritage objects in Ukraine. /K.A.Polyvach// Ukr.geogr.zhurn.. - 2013. - No. 3. - P.57 - 63. {in Ukrainian}
5. Glotov V. Analysis of modern shooting methods during the processing of large-scale plans. / V.M. Glotov, A.M. Gunina // Geodesy, cartography and aerial photography - 2016. - Vol. 83. - pp. 53-63. {in Ukrainian}
6. Nakano T., Kamiya I., Tobita M., Iwahashi J., Nakajima H. Landform monitoring in active volcanoes by UAV and SFM-MVS technique. ISPRS Technical

Commission VIII Symposium, Hyderabad, India, 09-12 Desember 2014. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-8-71-2014 {in India}

7. Meier G., Frank S. Dokumentations und Überwachung einer Rutschung mittels UAV (Unmanned Aerial Vehicle), Geodasie/Vermessung, Geomatik Schweiz, 2014.- P.449-452 {in Poland}

8. Rubtsova N.E. UAV data processing in the UASMaster program//Geomatics - 2014 - No. 1 - p.34-44 {in Russian}

9. Shevenya M.S. Aerial photography using unmanned aerial vehicles (UAVs) // Geodesy and cartography - 2013. - Issue 1 {in Russian}

10. Glotov V., Smoliy K. Research of the technology of drawing up frontal plans of architectural structures by terrestrial digital surveying and laser scanning// Ukr. Interdepartmental science and technology collection "Geodesy, cartography and aerial photography". - Lviv. – 2008. – Issue 70. – pp. 46–50. {in Ukrainian}

11. Bosak K. Secrets of UAV photomapping. 66 p. www.pteryx.eu {in Poland}

12. Unmanned aviation complexes: a method of comparative assessment of combat capabilities / M.M. Mitrahovich, V.I. Silkov, A.V. Samkov, H.V. Burshtynskaya, S.A. Stankevich, V.B. Semenov. Under the general editorship of V.I. Silkova - K.: TsNII VVT of the Armed Forces of Ukraine, 2012. - 288 p. {in Ukrainian}

13. Kostyuk A.S. Features of aerial photography from ultralight unmanned aerial vehicles / A.S. Kostyuk // Omsk Scientific Bulletin No. 1 (104), 2011. - P. 236-240 {in Russian}

14. Kostyuk A.S. Calculation of parameters and assessment of the quality of aerial photography from a UAV / A.S. Kostyuk // Remote sensing methods of the Earth and photogrammetry, environmental monitoring, geoecology. Part 1.: Sat. the mother VI International scientific of the "GEO-Siberia-2010" congress. T. 4. - Novosibirsk: SGHA, 2010. - 180 p. {in Russian}