



Lubow Smirnowa*

Wstępna próba wykorzystania programu 123D Catch do inwentaryzacji wybranych elementów architektury opactwa cysterskiego w Rudach

An attempt at applying 123D Catch to survey selected elements of architecture of the Cistercian Abbey in Rudy

Przedmiotem opracowania jest inwentaryzacja wybranych elementów dawnego pałacu opackiego oraz klasztoru cysterskiego w Rudach Raciborskich z użyciem programu 123D Catch. Zespół składa się z kościoła, klasztoru oraz dawnego pałacu opackiego (il. 1) [1, s. 545]. Wybrane na potrzeby badań części klasztoru to słupki ogrodzenia, elewacja północno-zachodniego narożnika pałacu opata oraz elewacje od strony dziedzińca tegoż pałacu. Opracowywane elementy dobrano tak, aby utworzyć hierarchiczny ciąg według stopnia ich skomplikowania – od najprostszych do najbardziej zaawansowanych w formie. Celem podjętej pracy jest zastosowanie fotogrametrycznej metody pomiarów inwentaryzacyjnych pod kątem efektywności ekonomicznej prowadzenia badań architektury.

Pierwszy zachowany dokument poświadczający obecność klasztoru cystersów w Rudach pochodzi z 1258 r. [2, s. 23]. Na przełomie XIII i XIV w. ukończono budowę obecnego kościoła, w XVII w. dobudowano dwie kaplice na przedłużeniu naw bocznych, a w 1726 r. ukończono kaplicę Mariacką. Budowa pałacu opackiego rozpoczęła się w latach 30. XVIII w. [3, s. 38]. 26 listopada 1810 r. klasztor został zsekularyzowany, a jego ziemie weszły w skład większego świeckiego majątku. W toku prac remontowo-adaptacyjnych cele mnichów zostały zamienione na książęce salony. Wokół zespołu powstał angielski park romantyczny [3, s. 88–89]. Powojenne zniszczenia

This paper regards the survey of selected elements of the former abatial palace and the Cistercian monastery in Rudy Raciborskie with the use of 123D Catch. The complex includes a church, monastery and the former abatial palace (Fig. 1) [1, p. 545]. The parts of the monastery selected for the purposes of research include a fence post, the facade of the north-west corner of the abatial palace and the facades from the side of the yard of that palace. These elements were selected in such a way as to provide a hierarchical set arranged according to the degree of their complicated structure – from the most simple to the most advanced ones. The objective of the work which was undertaken regards the application of the photogrammetric method of survey measurements in regard of economic efficiency of architectural studies.

The oldest original document confirming the presence of the Cistercian monastery in Rudy comes from 1258 [2, p. 23]. At the turn of the 13th and 14th centuries, the construction of the present church was completed; two chapels were added along the aisles in the 17th century, and the St. Mary's chapel was completed in 1726. The construction of the abatial palace began in the 1730s [3, p. 38]. On November 26, 1810, the monastery was secularized and its lands were incorporated into a bigger civil property. During the remodeling works, the cells of the monks were converted into ducal drawing rooms and an English style romantic park was designed around the complex [3, pp. 88–89]. The repair of the damage after the war and the fire began already in September 1945. The first mass was held in the rebuilt church in May 1950 [4, pp. 16, 21]. At present, the restored buildings of the mon-

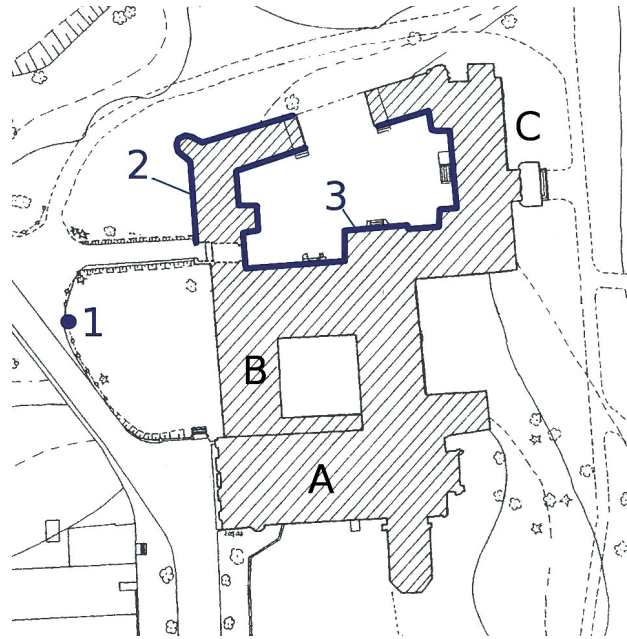
* Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej/Faculty of Architecture, Wrocław University of Science and Technology.

oraz skutki pożaru zaczęto naprawiać już we wrześniu 1945 r. W maju 1950 r. w odbudowanym kościele odbyła się pierwsza msza [4, s. 16, 21]. Obecnie odrestaurowane budynki klasztoru i pałacu opata są ośrodkiem duchowego, artystycznego i edukacyjnego życia regionu.

Fotogrametria jako sztuka i nauka o lokalizowaniu pozycji i kształtu obiektów na podstawie zdjęć [5, s. 252], obecnie korzystająca z najnowocześniejszych rozwiązań technologicznych, jest dziedziną nauki o długiej historii. W 1725 r. powstało pierwsze opracowanie mapy masywu Pilatus w Alpach wykonane przez Capellera w oparciu o rysunki perspektywiczne. W 1855 r. Gaspard-Félix Tournachon wykonał z balonu zdjęcia wioski Petit Bicerter. W 1859 r. Aime Laussedat zbudował pierwszą fotograficzną kamerę pomiarową i wyznaczył metodę do opracowania map terenów górskich. W tymże roku po raz pierwszy zastosowano metodę fotogrametryczną w ochronie zabytków – architekt i fotogrametra Albrecht Meydenbauer przeprowadził inwentaryzację katedry w Wetzlar. W 1885 r. w Prusach założono pierwszy na świecie Królewski Instytut Fotogrametrii, gdzie do 1920 r. wykonano około 20 tysięcy zdjęć pokazujących 2600 obiektów architektury [6, s. 11–14]. W Polsce w 1930 r. powstało Polskie Towarzystwo Fotogrametryczne. Nastąpił szybki rozwój specjalistycznego sprzętu, zaczęto przygotowywać mapy topograficzne kraju. W 1970 r. w Warszawie otwarto Pracownię Dokumentacji Fotogrametrycznej przy Państwowym Przedsiębiorstwie Konserwacji Zabytków [6, s. 21–22].

Nieinwazyjność metod fotogrametrycznych, pozwalających na analizy obiektów bez ingerencji w substancję budynku jest szczególnie ważna przy badaniach architektonicznych. Wyjątkowo skuteczny w tych badaniach jest pomiar laserowy (satelitarny, lotniczy i naziemny), który pozwala na dogłębne rozpoznanie substancji zabytkowej oraz dostarcza wielu informacji do późniejszego opracowania komputerowego. Podstawowe zadania metod fotogrametrycznych to pomiar przestrzenny (geometryczne pomiary trójwymiarowe) oraz zbieranie danych na temat określonych parametrów obiektu, które później mogą być wykorzystane do opisu i analiz substancji zabytkowej, rozpoznania wydarzeń mających miejsce w przeszłości oraz generowania modeli obrazujących zjawiska przyszłe, np. symulacje cyfrowe [7, s. 38].

Jedną z podstawowych metod fotogrametrii – naziemne skanowanie laserowe TLS (Terrestrial Laser Scanning) obiektów architektury umożliwia dokładny pomiar jednostek stratyfikacji, opracowywanie dokumentacji wektorowej, generowanie trójwymiarowych modeli pozwalających na rejestrację całego obiektu, a także uszkodzeń i ubytków substancji zabytkowej. Podstawowymi czynnikami decydującymi o skuteczności naziemnych metod fotogrametrii są możliwość wykonania nieinwazyjnych pomiarów przy użyciu bezdotykowych urządzeń skanujących, możliwość używania tych urządzeń w terenie oraz ich efektywność, jak również możliwość rejestrowania poziomu intensywności odbijającej się wiązki światła [7, s. 50–51]. Naziemne metody dzielą się na dwie podstawowe grupy – aktywne, używające sensorów 3D, oraz pasywne, opierające się na obrazach cyfrowych [7, s. 53].



Il. 1. Plan sytuacyjny opactwa w Rudach [wg 1, s. 545] z lokalizacją wybranych elementów. A – kościół, B – budynek klauzury, C – pałac opacki, 1 – słupek ogrodzenia, 2 – elewacja, 3 – dziedziniec (oprac. L. Smirnowa)

Fig. 1. Site plan of the abbey in Rudy with the locations of selected elements [acc. 1, p. 545]. A – church, B – enclosure building, C – abbatial palace, 1 – fence post, 2 – facade, 3 – dziedziniec (drawn by L. Smirnowa)

astery and the abbatial palace are the center of spiritual, artistic and educational life of the region.

Photogrammetry as art and science of making measurements and recovering the positions of structures from photographs [5, p. 252] with the use of the most advanced technology is a branch of science with a long history. In 1725, the first map of the massif of Mount Pilatus in the Alps was developed by Capeller on the basis of perspective drawings. In 1855, Gaspard-Félix Tournachon took some pictures of the village of Petit Bicerter from a balloon. In 1859, Aime Laussedat built the first photographic camera to take measurements and designed a method to draw maps of mountainous terrains. Photogrammetry was used for the first time to protect historic sites also in 1859 – the architect and a pioneer of photogrammetry, Albrecht Meydenbauer, made a survey of the cathedral of Wetzlar. In 1885, the first in the world Royal Institute of Photogrammetry was established in Prussia, where about 20 thousand photographs of 2600 architectural structures were made by 1920 [6, pp. 11–14]. In 1930, the Polish Photogrammetric Society was established in Poland. There was a fast development of specialist equipment and the topographic maps of the country were developed. In 1970, the Photogrammetric Documentation Studio at the National Enterprise for Conservation of Historic Sites opened in Warsaw [6, pp. 21–22].

The non-invasiveness of the photogrammetric methods applied in the analysis of objects with no intervention in the structure of the building is especially important in architectural studies. The laser measurements (satellite,

Skanowanie pozwala uzyskać: przestrzenny pomiar punktów na siatce współrzędnych, wartości przestrzeni barw RGB, zarejestrowane odbicia promienia laserowego, parametr intensywności [7, s. 58]. Przy wykorzystaniu TLS faza opracowania wyników składa się m.in. z wyeksportowania informacji pomiarowych ze skanera, konwersji uzyskanych danych do chmury punktów, kontrolnego przeglądania i oczyszczania zebranych danych z niepotrzebnych szumów, usunięcia niewymaganych pomiarów, rejestrowania danych, czyli dopasowania i połączenia skanów w celu uzyskania końcowego zestawu danych, uzupełnienia pustek [7, s. 62].

Lotnicze skanowanie laserowe ALS (Airborne Laser Scanning) polega na zmierzeniu czasu potrzebnego na powrót promienia laserowego odbitego od badanego obiektu oraz znalezieniu odległości pomiędzy sensorem a innymi elementami w przestrzeni. Ten rodzaj fotogrametrii charakteryzuje szybkość wykonywania pomiarów oraz duży możliwy obszar pomiarowy. Przy inwentaryzacji obiektów architektury może być przydatny do ustalenia kontekstu występowania obiektów zabytkowych. Jest to również skuteczna metoda do inwentaryzowania terenów zurbanizowanych [7, s. 191, 198]. ALS najczęściej wykorzystywane jest w działaniach usprawniających tworzenie dokumentacji inwentaryzacyjnej dziedzictwa kulturowego, badaniach terenowych prospekcyjno-detekcyjnych, monitorowaniu zasobów kulturowych, analizie, m.in. procesów osuwiskowych [7, s. 198].

Jednym z wyróżników tej metody jest możliwość zmierzenia intensywności odbicia wiązki lasera na podstawie poszczególnych współczynników odbicia, co pozwala określić rodzaj materiału, z którego jest wykonany badany element. Na intensywność odbicia ma wpływ powierzchnia mierzonego obiektu, kąt padania promienia, odległość pomiędzy nadajnikiem a mierzonym elementem oraz długość fali. Określenie charakterystycznych cech dla już rozpoznanych obiektów pozwala na częściową automatyzację procesu dalszych badań, kiedy następuje poszukiwanie obiektów zbliżonych do wzorcowych [7, s. 204]. Niedogodnością tej metody jest dosyć wysoki koszt, konieczność przeprowadzenia skomplikowanej procedury opracowania informacji źródłowej, a także ograniczenia związane z określonymi warunkami atmosferycznymi niezbędnymi do wykonywania lotów [7, s. 227–230].

Metody fotogrametryczne obejmujące skanowanie laserowe dobrze wpisują się we współczesne trendy projektowania architektonicznego oraz badań konserwatorskich, pozwalając na tworzenie modeli trójwymiarowych obiektów zamiast wymaganych wcześniej dwuwymiarowych rzutów i przekrojów. Technologie BIM (Building Information Modeling) coraz szerzej zastępują wspomagane komputerowo projektowanie w systemie CAD. Skanowanie o parametrach z wysoką gęstością punktów pomiarowych pozwala na uzyskanie modelu o dokładności 1–2 mm [8, s. 14].

Wykorzystanie metod fotogrametrycznych polega m.in. na opracowaniu dokumentacji zawierającej elementy metryczne i stylistyczne, z naciskiem na wysoką rozdzielczość fotografii oraz dokładne odwzorowanie kolorów.

aerial and terrestrial) are especially effective in those studies because they provide precise information on the historic fabric as well as a lot of information for later computer processing. The basic objectives of the photogrammetric methods are to take spatial measurements (geometric three-dimensional measurements) and collect data on specific parameters of objects which later can be used to describe and analyze the historic substance, identify the events that took place in the past and generate the visual models of future events, such as digital simulations [7, p. 38].

One of the basic photogrammetric methods – Terrestrial Laser Scanning (TLS) of architectural objects – is used to take precise measurements of stratification units, develop vectoral documentation, generate three-dimensional models to record the whole object as well as damaged and missing elements of historic substance. The basic factors which determine the effectiveness of the terrestrial photogrammetric methods include the possibility of taking noninvasive measurements with the use of non-contact scanning devices, the possibility of using those devices in the field and their effectiveness as well as the possibility of recording the level of intensity of the reflecting light beam [7, pp. 50–51]. The terrestrial methods can be divided into two basic groups – active ones which make use of 3D sensors and passive ones which make use of digital images [7, p. 53]. Scanning provides a spatial measurement of points on a network of coordinates, the values of RGB colors, recorded reflections of laser beam, intensity [7, p. 58]. When TLS is used the result processing stage includes e.g. exporting measurement information from the scanner, the collected data are converted into a cloud of points, inspection and cleaning of the collected data from unneeded noise, removing unnecessary measurements, recording data that is adjusting and combining scans in order to get the final set of data, completing empty spaces [7, p. 62].

Aerial Laser Scanning (ALS) consists in measuring the time needed for the laser beam reflected against the surveyed object to return and the distance between the sensor and other elements in space. In this kind of photogrammetry the measurements are taken fast and on a large area. It can prove useful when surveying architectural objects to determine the context of historic objects. It is also an effective method in surveying urban areas [7, pp. 191, 198]. Most often ALS is used to improve the development of survey documentation of cultural heritage, prospective-detection field studies, monitoring cultural assets, analysis of e.g. land sliding process [7, p. 198].

One of the distinctive features of that method is the possibility of measuring the intensity of the laser beam reflection on the basis of specific reflection factors to be able to identify the material a studied element is made of. The reflection intensity is affected by the surface of the object which is measured, the angle of incidence, the distance between the transmitter and the element which is measured as well as the wave length. With the identification of the distinctive features of already known objects it is possible to partially automate the process of further studies when objects which are similar to models are looked for [7, p. 204]. The shortcomings of that method include

Dokumentacja fotogrametryczna jest też zbiorem informacji pomocnych w obserwacjach badawczych. Usprawnienie procesu inwentaryzacji obiektów metodami skanowania laserowego nie daje badaczowi możliwości dokładnego przyjrzenia się obiektom na miejscu, co było charakterystyczne dla tradycyjnie prowadzonych pomiarów inwentaryzacyjnych. Jacek Kościuk zauważa niebezpieczeństwo pojawienia się powierzchniowego traktowania uzyskanego materiału oraz koncentrowania się na wirtualnym materiale przy dalszej niezajomości badanej rzeczywistości [8, s. 19]¹.

Opis prac

Uproszczoną metodę fotogrametryczną wykorzystano podczas inwentaryzacji elementów dawnego pałacu opata i klasztoru cysterskiego w Rudach Raciborskich przeprowadzonej w 2015 r. Wykonano ją w ramach programu „Badania przekształceń konserwatorskich w architekturze opactw cysterskich na Śląsku przy zastosowaniu nowo-

a rather high cost, the necessity of conducting a complicated procedure of the source information processing and the limitations connected with specific weather conditions necessary to make the flights [7, pp. 227–230].

The photogrammetric methods including laser scanning are more and more popular in contemporary architectural designing and conservation research as they are used in developing models of three-dimensional objects instead of earlier required two-dimensional plans and section views. Building Information Modeling (BIM) technologies more and more often replace Computer Aided Design (CAD). With scanning with high density measurement points it is possible to generate models with 1–2 mm fidelity [8, p. 14].

The application of photogrammetric method consists among others in developing documentation with metric and stylistic elements, maintaining high resolution photography and precise color rendition. The photogrammetric documentation is also a set of information useful in research observations. The improvement of the object survey process with the laser scanning methods does not provide the researcher with the possibility of taking a close look at the objects *in situ*, which was so typical of traditional survey measurements. Jacek Kościuk notes that it is risky to superficially analyze and focus on the virtually generated material with no deeper knowledge of its real properties [8, p. 19]¹.

¹ Z inicjatywy Jacka Kościuka w 2007 r. przy Instytucie Historii Architektury, Sztuki i Techniki Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej powstało Laboratorium Skanowania i Modelowania 3D. Używając zaawansowanego sprzętu, m.in. Leica ScanStation HDS 3000, Leica SmartStation TPS 1203, GPS SmartRower 1200 oraz specjalistycznego oprogramowania na bazie Bentley Systems Laboratorium prowadzi skanowanie laserowe obiektów związanych z drogownictwem, przemysłem chemicznym i przetwórczym (inwentaryzacja i modelowanie instalacji), przemysłem wydobywczym (modelowanie szybów i odkrywek), budownictwem, konserwacją zabytków, archeologią, planowaniem przestrzennym oraz zarządzaniem kryzysowym [9, s. 51–52]. Podczas lat pracy zostały opracowane zgodnie z wymaganymi poziomami dokładności m.in. inwentaryzacja barokowego zespołu pocysterskiego w Henrykowie, inwentaryzacja oraz model do projektu hali fabrycznej we Wrocławiu oraz ortofotografie fragmentów świątyni Repit w Egipcie [9, s. 52]. Powstanie Laboratorium przy Wydziale Architektury umożliwiło architektom możliwość zdobycia wyspecjalizowanej wiedzy, przeważnie dostępnej wyłącznie osobom z wykształceniem geodezyjnym. Postęp technologiczny oraz coraz mniejsze wymiary i koszt wymaganych urządzeń rejestrujących przyczyniły się do upowszechnienia fotogrametrii wśród biur współpracujących z państwowymi i prywatnymi klientami oraz oferujących m.in. wykonanie inwentaryzacji architektonicznych i konserwatorskich. Pomiarami fotogrametrycznymi zajmują się także biura geodezyjne, np. biuro geodezyjne z Wrocławia – WROGEO M. Jędrzejczak, A. Kópij Sp.j. Na podstawie prezentacji, dostępnej w Internecie, można poznać wybrane narzędzia oraz sposoby postępowania. Wykonana przez tę firmę inwentaryzacja architektoniczna metodą fotogrametryczną Zamku Grodno wymagała m.in. niżej wymienionego sprzętu: kamery cyfrowej o wysokiej rozdzielczości, obiektywu stałoogniskowego o niskich błędach obrazowych z budową typu Gaussa dla zachowania ostrości w całym kadrze, tachimetru elektronicznego z możliwością pomiaru bezlusterkowego [10]. W ramach prowadzenia pomiarów wykonane były następujące czynności: pomiar fotopunktów, kalibracja kamery pomiarowej, obliczenie współrzędnych fotopunktów, wykonanie fotogramów, kontrola fotogrametryczna, kontrola sensytometryczna, tworzenie stereopar, budowa modelu stereoskopowego, obliczenie orientacji stereogramów, podanie wyników orientacji stereogramów, utworzenie modelu stereoskopowego, przeprowadzenie procesu ortorektifikacji, tworzenie siatki TIN, generowanie ortoobrazu, czyli utworzenie surowego ortoobrazu, korekcja ortoobrazu, wygenerowanie ortoobrazu końcowego [10]. Ostatnim etapem prac jest sporządzenie rysunku kreskowego. Poprzez dzające go podpunkty bazują na geodezyjnych metodach pomiaru fotogrametrycznego i są wykonywane na specjalistycznym sprzęcie oraz przy użyciu odpowiednich programów komputerowych. Jest to dosyć rozległa specjalistyczna wiedza geodezyjna.

¹ In 2007, on the initiative of Jacek Kościuk, a Laboratory of Scanning and 3D Modeling was established at the Institute of History of Architecture, Art and Technology at the Faculty of Architecture, Wrocław University of Science and Technology. With the use of advanced equipment, such as Leica ScanStation HDS 3000, Leica SmartStation TPS 1203, GPS SmartRower 1200 and specialist software on the basis of Bentley Systems the Laboratory conducts laser scanning of objects connected with road, chemical and processing industry (survey and modeling of services), mining industry (modeling shafts and open casts), construction, conservation of historic sites, archeology, space development planning and crisis management [9, pp. 51–52]. Over the years of work they have made in compliance with required precision levels e.g. the survey of the Baroque post-Cistercian complex in Henryków, the survey and model for the design of a factory hall in Wrocław and orthophotographs of fragments of the Temple of Repit in Egypt [9, p. 52]. The foundation of the Laboratory at the Faculty of Architecture enabled the architects to gain expertise, usually available exclusively to people with geodetic education. The technological progress as well as smaller and smaller sizes and lower costs of the required recording equipment contributed to the popularity of photogrammetry among offices cooperating with the national and private clients and offering e.g. making architectural and conservation surveys. The photogrammetric measurements are taken also by survey offices, such as survey office from Wrocław – WROGEO M. Jędrzejczak, A. Kópij Sp.j. On the basis of the presentation available on the Internet it is possible to learn about selected tools and procedures. The architectural survey of Grodno Castle made by that company with the use of the photogrammetric method required e.g. the following equipment: high definition digital camera, a fixed-focus double Gauss lens with low level imaging errors to maintain focus in the whole frame, electronic total station for reflectorless measurements [10]. The following measurements were made: measurement of photopoints, calibration of the measurement camera, calculation of photopoint coordinates, photograms, photogrammetric control, sensitometric control, development of stereopairs, stereoscopic model development, calculation of stereogram orientation, provision of stereogram orientation results, stereoscopic model construction, orthorectification process, TIN network development, orthoimage generation that is raw orthoimage generation, orthoimage correction, final

czesnych technologii cyfrowych”, kierowanego przez prof. dr hab. inż. arch. Ewę Łużyniecką, w ramach Narodowego Programu Rozwoju Humanistyki. Na początku rozpoznano łatwo dostępne programy komputerowe do tworzenia obrazu obiektu na podstawie zdjęć. PhotoModeler jest komercyjnym programem opierającym się na modelowaniu ze zdjęć. Efektem pracy w tym programie jest uzyskanie modeli 3D oraz wykonywanie pomiarów ze zdjęć. Podobne wymagania ma i zbliżone efekty pracy gwarantuje darmowy program Insight 3D. Jednak w ramach niniejszej analizy skupiono się na 123D Catch, darmowym programie oferowanym przez firmę Autodesk, znanego wśród architektów producenta programów graficznych i modelarskich, m.in. AutoCAD i 3ds Max. Program ten można ściągnąć ze strony producenta. Do jego aktywacji potrzebna jest rejestracja poprzez adres mailowy lub konto na Facebooku. Wymagania dotyczące przygotowania zdjęć to: wykonanie zdjęć po obwodzie obiektu oraz w miarę możliwości kolejnego zestawu zdjęć pod różniącym się od początkowego kątem. Program nie tworzy modeli z prostych, odbijających oraz przezroczystych powierzchni. Aby otrzymać model w tym programie, potrzeba kilkanaście zdjęć obiektu, które program wysyła przez Internet do dalszego przetwarzania w chmurze. Po tym procesie otrzymuje się gotowy model [11]. Program jest przyjazny użytkownikowi i łatwy w obsłudze. Proponowany do tworzenia modeli małych obiektów za pomocą smartfonów. Program został wybrany ze względu na przynależność do znanej firmy produkującej programy do komputerowego wsparcia projektowania oraz czynnik ekonomiczny (program jest darmowy).

Jak już zaznaczono, wybrane na potrzeby badań elementy klasztoru to słupek ogrodzenia, elewacja północno-zachodniego narożnika pałacu opata oraz elewacje od strony dziedzińca tegoż pałacu.

Pierwszym analizowanym elementem był słupek ogrodzenia, który znajduje się w zachodniej części zespołu pocysterskiego w Rudach Raciborskich (il. 1) [1]. Jest on wykonany z betonu, na planie czworoboku, o niewielkim zwężeniu ku górze, zakończony zaokrąglonym i spłaszczonym elementem. Słupki są połączone pomiędzy sobą kutym łańcuchem, przylegającym od dwóch przeciwnych stron do każdego słupka.

Słupek wybrano jako małogabarytowy element architektoniczny celem sprawdzenia dokładności odwzorowania utworzonego modelu na płaszczyznę płaskiego rzutu. Zrobiono 21 zdjęć kamerą cyfrową (il. 2). W początkowym etapie wykorzystano oświetlenie światłem dziennym. Zdjęcia zostały wykonane po obwodzie elementu, z odległości 1,5–2 m.

Na modelu zostały odwzorowane ślady zniszczeń elementu (il. 3). Jest to z pewnością ważna cecha danej metody, która nie tylko spełnia podstawowe wymagania inwentaryzacji, lecz także ukazuje stan obiektu oraz dokładnie umiejscawia na proporcjonalnym modelu ślady zniszczeń oraz zmian kolorystycznych. Jednak z powodu wykonania wszystkich zdjęć od góry i z bliskiej odległości oraz braku powolnego przejścia od zdjęć dokładnie nad obiektem do zdjęć wykonanych na wprost nastąpi-

Description of work

The survey of the elements of the former abatial palace and the Cistercian monastery in Rudy Raciborskie was conducted with the use of a simplified photogrammetric method in 2015. It was part of the program “Research of Conservation Transformations in the Architecture of the Cistercian Abbeys in Silesia with the Use of Modern Digital Technology” directed by Professor Ewa Łużyniecka under the National Programs for the Development of Humanities. Firstly, the easily available computer programs for developing an object image on the basis of photographs were identified. PhotoModeler is a commercial program relying on modeling on the basis of photographs. The effect of operation on this program is 3D models and measurements taken on the basis of photographs. Similar requirements and effects result from Insight 3D program which is also free. However, this analysis focused on 123D Catch, a free program offered by Autodesk, a producer known among architects of graphic programs and modeling, such as AutoCAD and 3ds Max. The program can be downloaded from the producer’s website. Its activation requires a registration through an e-mail address or a Facebook account. The requirements regarding the preparation of photographs include the following: taking photographs of the contour of an object and if possible another set of photographs taken at the angle different than the initial one. The program does not generate models from flat, reflective or transparent surfaces. A dozen or so photographs of an object are needed to get a model in that program which are sent by the program through the Internet for further processing in the cloud. This process results in a readymade model [11]. The program is user-friendly and easy to operate. It is offered to generate models of small objects with the use of smartphones. The program was selected as it belongs to a known company producing programs for computer aided design and for economic reasons (it’s free).

As mentioned earlier, the elements of the monastery selected for the purpose of the study are a fence post, the facade of the north-west corner of the abatial palace and the facades from the side of the yard of that palace.

The first analyzed element was a fence post located in the west part of the post-Cistercian complex in Rudy Raciborskie (Fig. 1) [1]. It is made of concrete on a square plan slightly narrowing down towards its top with a round end and a flat element. The posts are connected with a wrought iron chain fixed to two opposite sides of each of them.

The post was selected as a small size architectural element to check the rendition fidelity of the generated model on a flat plane. 21 pictures were taken with a digital camera (Fig. 2), first in daylight, from the distance of 1.5–2 m around it.

The model shows the signs of damage (Fig. 3). This is undoubtedly an important characteristic feature of a given

orthoimage generation [10]. The last stage of the work is the development of a line drawing. Its preceding substages are based on the surveying methods of photogrammetric measurements and are made with specialist equipment and special computer programs. This is a rather extensive specialist surveying knowledge.



Il. 2. Słupek ogrodzenia, wstępny etap tworzenia modelu (oprac. L. Smirnowa)

Fig. 2. Fence post, the initial stage of model development (by L. Smirnowa)

ło znaczne powiększenie górnej części przy podglądzie modelu z góry. Konieczne wydaje się opracowanie w przyszłości listy przykładowych pozycji kamery oraz odległości w celu uniknięcia podobnych zaburzeń.

Również jednostronne oświetlenie słońcem stworzyło dosyć mocne cienie po drugiej stronie obiektu. Powstał skończony model, jednak na zacienionej części bardzo trudno odczytać elementy charakterystyczne, takie jak kolor czy faktura.

Drugim elementem mierzonym uproszczoną metodą fotogrametryczną była elewacja północno-zachodniego narożnika pałacu opackiego zespołu pocysterskiego w Rudach Raciborskich (il. 1, pkt 2). Omawiana elewacja była inwentaryzowana w 2002 r. [1, s. 548] oraz w 2006 r. [12]. Trzykondygnacyjny budynek był poddany gruntownej restauracji w ostatnim dziesięcioleciu. Elewacja zachowuje równy rytm okien kondygnacji. Obiekt posiada oryginalne opaski okienne, ma wymieniony dach oraz otynkowanie. Północno-zachodnia elewacja byłego pałacu opata była wybrana, ponieważ stanowi ona w pewnym sensie skończony geometryczny obiekt (jest to narożnik). Dwadzieścia trzy zdjęcia kamerą cyfrową były wykonane w słoneczny dzień, po obwodzie narożnika z odległości 35–40 m.

Powstały model (il. 4) proporcjonalnie odzwierciedla poszczególne elementy elewacji, m.in. okna. Płaskie ściany przy nałożeniu na rysunek elewacji, wykonany metodami tradycyjnymi, pokryły się. Jest to plus potwierdzający skuteczność danej metody. Jednak minusem z pewnością jest wykonywanie zdjęć wyłącznie z poziomu parteru, co skutkuje naruszeniami proporcji w strefie dachowej. Rzucane cienie również zaburzają dokładność zaciemnionych elementów oraz ich kolorystykę.

Trzecim analizowanym elementem było wnętrze dziedzińca pałacu opackiego i pałacu książęcego zespołu pocysterskiego w Rudach Raciborskich (il. 1, pkt 3). Pomiar elewacji pałacu w 1859 r. wykonał Carl Lüdecke [1, s. 572–573]. Wybrane wnętrze również było opracowane w projekcie konserwacji elewacji Autorskiej Pracowni Konserwacji Dzieł Sztuki ARCON [12]. Podczas odbudowy rozpoczętej w 1998 r. zostały umocnione fundamen-

method which not only meets the basic survey requirements but also demonstrates the condition of an object and precisely locates the damage signs on a proportional model and color changes. However, as all pictures were taken from the top and from up close and there is no slow transition from the pictures taken exactly from above the object to the pictures taken from the front the upper part was excessively enlarged when the model is seen from the top. It seems necessary to develop in the future a list of positions of the camera and distances to avoid similar distortions.

Furthermore, the sunlight coming from one side only resulted in rather big shadows on the other side of the object and that is why it is very difficult to see the specific elements, such as color or texture on the shadowed side in the final model.

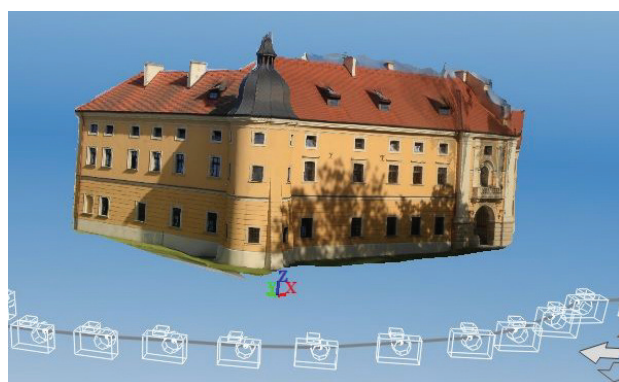
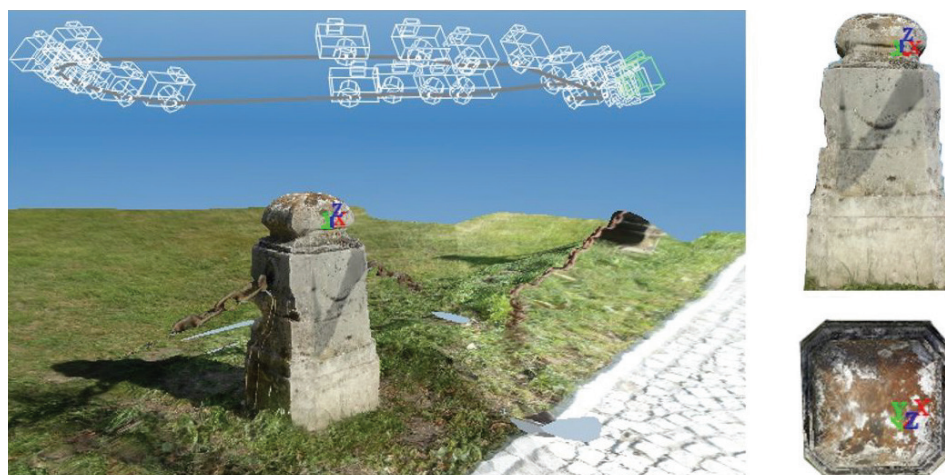
The second element measured with the use of a simplified photogrammetric method was the facade of the north-west corner of the abatial palace of the post-Cistercian complex in Rudy Raciborskie (Fig. 1, pt. 2). The facade was surveyed in 2002 [1, p. 548] and in 2006 [12]. The three-storied building has been completely restored over the last decade. The facade has a regular rhythm of windows. The object has original window surrounds, a new roof and plaster. The north-west facade of the former abatial palace was selected because it is in a sense a geometrically complete object (it is a corner). Twenty three pictures were taken of it with a digital camera on a sunny day from the distance of 35–40 m.

The developed model (Fig. 4) reflects proportionally the specific elements of the facade, such as for example windows. When the flat walls were laid over the elevation developed with the use of traditional methods they matched. This is an advantage confirming the efficiency of a given method. However, the pictures taken only from the ground level are an evident disadvantage, which results in distorting the proportions in the roof section. The shadows cast also distort the precision of the dark elements and their colors.

The third analyzed element was the interior of the yard of the abatial palace and the ducal palace in the post-Cis-

Il. 3. Słupek ogrodzenia, model 3D oraz widoki płaskie (oprac. L. Smirnowa)

Fig. 3. Fence post, 3D model and 2D views (by L. Smirnowa)



Il. 4. Elewacja północna i zachodnia pałacu opackiego, model 3D (oprac. L. Smirnowa)

Fig. 4. North and west facades of the abatial palace, 3D model (by L. Smirnowa)



Il. 5. Wnętrze dziedzińca pałacu opackiego, model 3D (oprac. L. Smirnowa)

Fig. 5. Interior of the abatial palace, 3D model (by L. Smirnowa)

ty, przeprowadzono rewaloryzację wnętrz na cele utworzenia muzeum, bazy noclegowej oraz gastronomicznej. Poprzez badania starych tynków udało się odtworzyć pierwotną kolorystykę. Konieczne było wykonanie ozdób sztukateryjnych na elewacji [2, s. 109].

Dla przeanalizowania możliwości wybranego programu wykonano zdjęcia z przestrzeni na środku dziedzińca po obwodzie, dokumentując obszar w otoczeniu 360 stopni od fotografa. Powstały 63 zdjęcia. Wykonywane przy świetle słońca różniły się między sobą pod względem stopnia naświetlenia – od bardzo jasnych na oświetlonej stronie dziedzińca po bardzo ciemne na przeciwległej stronie. Podczas wykonywania zdjęć zachowano płynne przejścia pomiędzy poszczególnymi ujęciami, za każdym razem przesuując kamerę cyfrową o kilka stopni w jedną stronę. Jednak wszystkie były wykonane ze środkowej części dziedzińca. Otrzymany model można uważać za nieudany (il. 5). Odznacza się on brakiem 80 procent elewacji, zaburzeniem perspektywy, „wyłomami” w niektórych strefach elewacji. Może to być skutkiem tego, że dany obiekt nie jest „skończony”. Nie da się wykonać modelu panoramy, obiekt przydatny do opracowania w danym programie musi mieć skończone elementy, z których można wykonać zdjęcia, obchodząc je dookoła.

tercian complex in Rudy Raciborskie (Fig. 1, pt. 3). The measurements of the palace facades were taken by Carl Lüdecke in 1859 [1, pp. 572–573]. The selected interior was also developed in the project of conservation of the facade by Autorska Pracownia Konserwacji Dziej Sztuki ARCON [12]. During the renovation which began in 1998, the foundation was strengthened and the interiors were surveyed for the purposes of housing a museum, accommodation and food facilities. The study of old plasters resulted in restoring their original colors. It was necessary to make stucco decoration on the facade [2, p. 109].

63 photographs were taken from the air in the middle of the yard, documenting the area 360 degrees around the photographer, to analyze the possibilities of the selected program. They were taken in the sunlight and differed from one another in respect of their exposure – from very bright ones taken on the sunny side of the yard to very dark ones taken on the opposite side. The individual photographs were taken while smoothly turning the digital camera around each time by a few degrees. All of them, however, were taken from the middle of the yard. The model which was developed this way can be considered a failure (Fig. 5). 80% of the facade is missing, the perspective is distorted and there are some “missing

Podsumowanie

Przedstawione przykłady pokazały przydatność omawianego programu do sporządzania inwentaryzacji architektoniczno-konserwatorskich.

Jedną z zalet wybranej metody jest usprawnienie procesu zbioru danych dla inwentaryzacji obiektów architektonicznych. Podstawowym źródłem danych jest inwentaryzacja fotograficzna, możliwa do przeprowadzenia w stosunkowo krótkim czasie. Proces wykonania nie wymaga obecności większej liczby osób. W przypadku elementu słupka ogrodzenia zdjęcia zrobiła jedna osoba. Bardziej czasochłonne jest opracowanie kameralne. Powstałe w trakcie opracowania zdjęć modele w dowolnej chwili umożliwiają dostęp do zdigitalizowanej bryły obiektu.

Kolejną zaletą jest efektywny zbiór danych ze skończonych wizualnie obiektów (proporcjonalny model, kolorystyka, tekstury). Dane pobrane w trakcie inwentaryzacji umożliwiają analizowanie kolorystyki, faktury oraz śladów zniszczeń elementów. W przypadku słupka wykonane z bliskiej odległości zdjęcia pozwoliły na zrekonstruowanie modelu, na którym jest widoczna charakterystyczna faktura materiału. Widoczne są również uszkodzenia, co pozwoli na dokładne odtworzenie istniejącego stanu przy opracowaniu widoku elementu. W przypadku elewacji została udokumentowana kolorystyka tynków. Jednak odległość, z której wykonano zdjęcia, nie pozwala na danym etapie badań określić faktury materiału inwentaryzowanego obiektu. Brak pełnego materiału z przykładu elewacji dziedzińca uniemożliwia wypowiedzenie się w sprawie określenia skuteczności danej metody dla tego przypadku.

Za wady można uznać m.in. konieczność stałego dostępu do Internetu, jakiej wymaga dane oprogramowanie. Nakłada to również określone wymagania co do prędkości przekazywania danych w sieci, ponieważ wielka liczba zdjęć wydłuża proces generowania koniecznego modelu. Przy niskiej jakości połączenia z Internetem istnieje możliwość przerywania wykonywania modeli. Przy kilkunastu zdjęciach słupka proces przetwarzania danych na model trwał stosunkowo krótko. W przypadku opracowania modelu elewacji proces przetwarzania był wielokrotnie przerywany na skutek utraty łączności z siecią, przez co wymagane były kolejne podejścia. Ponieważ praca odbywała się na stanowisku komputerowym z łączem Politechniki Wrocławskiej o dobrych parametrach prędkości i jakości, problemem zdaje się pewne niedopracowanie wybranego oprogramowania. Przygotowanie modelu w chmurze nakłada ograniczenia na liczbę wysyłanych zdjęć, co skutkuje obniżeniem stopnia dokładności wizualnej modelu. Uniezależnienie osoby prowadzącej pomiary od żmudnej pracy w terenie jednocześnie uzależnia ją od sprzętu komputerowego.

Niedogodnością może również być konieczność doboru do analizy skończonych wizualnie obiektów, czyli obiektów zamkniętych. W przypadku słupka wykonanie zdjęć po obwodzie umożliwiło utworzenie trójwymiarowego modelu. W przypadku elewacji północno-zachodniego narożnika wykonane po obwodzie zdjęcia również skutkowało powstaniem pełnowymiarowego modelu. Nato-

sections” in the facade. This may have resulted from the fact that the object is not “complete.” A model of panorama cannot be developed if an object used in a given program has incomplete elements from which pictures can be taken, walking around them.

Conclusions

The examples presented above demonstrated the usefulness of the program in question in making architectural and conservation surveys.

One of the advantages of the selected methods is the improved process of gathering data for the survey of architectural objects. The basic source of data is the photographic survey that can be done relatively quickly. That process does not require the presence of a bigger number of people. In case of the fence post the photographs were taken by one person. However, desk studies are much more time-consuming. The models developed during the processing of the pictures provide access at any moment to the digitalized image of the object.

Another advantage is an effective set of data with visually complete objects (proportional model, colors, texture). With the data collected during the survey it is possible to analyze colors, texture and traces of damage of the elements. In case of the post the pictures taken from a short distance made it possible to reconstruct the model with a characteristic texture of the material visible on it as well as damage, which helps in a precise rendition of the existing condition when developing the view of the element. In case of the facade the colors of the plaster were documented. However, the distance from which the pictures were taken does not allow for, at a given stage of research, determining the texture of the material of the surveyed object. The lack of complete material from the example of the facade of the yard makes it impossible to formulate an opinion on determining the effectiveness of a given method in that case.

The possible disadvantages include e.g. the necessity of constant access to the Internet which is required by specific software. This also imposes specific requirements of data transfer speed in the network because a large number of pictures makes the process of generating the necessary model longer. With low quality of the Internet connection it is possible to disturb the model generation process. With a dozen or so pictures of the post the data processing for that model was relatively short. In case of generating a facade model the processing was disrupted a lot of times as a result of loss of network connection which in turn required new trials. As the work was conducted in a computer station with a connection with Wrocław University of Science and Technology with good speed and quality what seems to be the problem is some imperfection in the selected software. The preparation of a model in the cloud creates some limitations in the number of pictures to be sent, which in turn results in lowering the degree of visual precision of the model. Although the person taking measurements does not have to do the arduous work in the field, that person has to rely on computer hardware.

miast próba utworzenia „wnętrza” dziedzińca zakończyła się niepowodzeniem, prawdopodobnie wywołanym przez niezdolność programu do określenia głównych punktów potrzebnych do powstania gotowego modelu.

Stosowanie danej metody również uzależnia badacza od warunków pogodowych oraz oświetleniowych. Do dokładnego odzwierciedlenia kolorystyki oraz faktury dołącza się odwzorowanie cieni pokrywających obiekt, które od tej chwili stają się integralną częścią modelu. Wtedy krótki okres wykonania zdjęć przestaje być zaletą. Zdjęcia wykonane o określonej porze dnia i przy określonych warunkach skutkują powstaniem modelu o trwale zaciemnionych odcinkach. Nałożony cień zaburza odzworowanie oryginalnej kolorystyki, a także zmniejsza widoczność oraz dokładność detali znajdujących się pod nim. W przypadku słupka wykonane po obwodzie zdjęcia przyczyniły się do tego, że z powstałego modelu dało się utworzyć cztery widoki przedstawiające element z każdej strony. Jeden widok można nazwać najbardziej optymalnym, ponieważ dzięki dobremu oświetleniu uwidacznia kolor, fakturę oraz uszkodzenia elementu. Słaby cień od łańcucha przebiegający poprzez widok pozwala dalej odczytywać charakterystyczne cechy elementu. Widoki znajdujące się po prawej i lewej stronie od pierwszego, mniej oświetlone, też pozwalają odczytać wyniki inwentaryzacji. Ostatni bardzo ciemny widok umożliwia określenie kształtu elementu oraz podstawowych jego zmian, lecz z powodu zaciemnienia utrudnia rozpoznanie drobnych cech oraz uszkodzeń materiału. W przypadku elewacji cień własny oraz cień rzucony przez drzewo zaburzają właściwe odczytanie kolorystyki oraz detali. Uzależnienie się od warunków oświetleniowych również skutkuje powstawaniem różnych odcieni koloru przy różnym stopniu nasilenia oświetlenia. Rozwiązaniem wydaje się uzyskanie materiału z różnych pór dnia oraz późniejsze ujednolicenie skrajnych odcieni kolorystycznych.

Przy stosowaniu programu warto wziąć pod uwagę wymagany w poszczególnych przypadkach stopień dokładności inwentaryzacji, potrzebny do różnych prac projektowych, co będzie skutkowało większymi lub mniejszymi wymaganiami do szczegółowości otrzymywanych modeli.

Przy korzystaniu z podobnych metod zaleca się również opracowanie w drodze doświadczenia listy wymagań dotyczących zdjęć, a także stosowania tradycyjnych pomiarów, celem porównania i sprawdzenia wyników uzyskanych dzięki fotogrametrii.

Oprogramowanie komputerowe niewymagające specjalnego sprzętu do wykonywanych zdjęć jest szansą na przygotowanie dokładnych inwentaryzacji architektoniczno-konserwatorskich wyłącznie w oparciu o prawidłowo zrobione zdjęcia oraz późniejszą pracę przy komputerze. Może to usprawnić podobne badania, oczywiście przy zachowaniu należytej staranności w opracowywaniu wyników, co ostatecznie z pewnością przyczyni się do coraz bardziej ambitnych badań oraz oryginalnych odkryć naukowych.

The necessity of selecting visually complete objects that are closed objects for analysis may also pose some difficulty. In the case of the post it is possible to generate a three-dimensional model when it is possible to take pictures from around it. In the case of the facade of the north-west corner the pictures taken from around the object also resulted in a generation of a full-scale model. On the other hand, the attempt at generating the “interior” of the yard failed most probably because of the inability of the program to determine the main points needed to create the finished model.

The application of a given method makes the researcher dependent also on the weather and light conditions. The precise rendition of the colors and texture is combined with the rendition of the shadows covering the object which from that moment become integral part of the model and this is when the short time of taking pictures is no longer an advantage. The pictures taken at a specific time of the day and with specific weather conditions result in a model with permanently darkened sections. The overlaid shadow distorts the rendition of original colors and it also reduces the visibility and precision of overshadowed details. In the case of the post, whose pictures were taken from around it, it was possible to develop a model with four views of that element from each side. One view can be considered optimum because due to good light it shows the color, texture and damage of the element. The poor shadow of the chain going across the view does not block the view of the characteristic features of the element. The views to the right and to the left of the first one which are less exposed to the light still enable the viewers to see the results of the survey. The last and very dark view shows the shape of the element and its basic changes but as it is dark it is difficult to see the fine features and damage of the material. In the case of the facade its own shadow and the shadow cast by the tree distort the right rendition of colors and details. The dependence on the lighting conditions results also in different shades of color, depending of the light exposure. It seems that the problem could be solved by collecting the material from different time of the day and later unifying the extreme shades of colors.

When using the program it is worth considering the degree of survey precision required in individual cases or needed for different design work, which should result in varied requirements of the precision of the developed models.

When using similar methods it is also recommended that a list of requirements regarding pictures be developed through experimenting and traditional measurements be taken in order to compare and verify the results of photogrammetry.

The computer software which does not require special equipment to take pictures is a chance to prepare detailed architectural and conservation surveys only on the basis of correctly taken pictures and later work with the computer. It may improve similar research, obviously applying due care in results processing, which ultimately will contribute to more and more ambitious studies and original scientific discoveries.

Bibliografia/References

- [1] Łużyńska E., *Architektura klasztorów cysterskich. Filie lubiąskie i inne cenobia śląskie*, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2002.
- [2] *Opactwo cysterskie w Rudach na Górnym Śląsku w świetle badań terenowych w latach 1992–1995*, L. Kajzer (red.), Centrum Dziedzictwa Kulturowego Górnego Śląska, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, Kuria Diecezjalna w Gliwicach, Katowice 2001.
- [3] Górecki P., *Cysterskie dziedzictwo rudzkiego sanktuarium*, Epigraf, Gliwice–Rudy 2012.
- [4] *Powojenna odbudowa kościoła w Rudach*, R. Wyleźół (red.), Epigraf, Gliwice 2014.
- [5] Kurczyński Z., Preuss R., *Podstawy fotogrametrii*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2000.
- [6] Butowtt J., Kaczyński R., *Fotogrametria*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2010.
- [7] Zapłata R., *Nieinwazyjne metody w badaniu i dokumentacji dziedzictwa kulturowego – aspekty skanowania laserowego w badaniach archeologicznych i architektonicznych*, Fundacja Hereditas, Warszawa 2013.
- [8] Kościuk J., *Skanowanie 3D puka do drzwi*, „Geodeta” 2007, Nr 1, 14–19.
- [9] Kościuk J., *Laboratorium skanowania i modelowania 3D*, „Geodeta” 2008, Nr 4, dodatek „Skanery Laserowe”, 51–54.
- [10] www.wrogeo.pl/upload/articles/PREZENTACJE/Zamek_Grodno.pdf [accessed: 3.01.2015].
- [11] <http://www.123dapp.com/howto/catch> [accessed: 3.01.2015].
- [12] Szpakowicz J., *Projekt konserwacji elewacji oraz zabytkowych elementów wnętrza zespołu klasztorno-palacowego w Rudach*, Bielsko-Biała 2006 [mpis Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków w Katowicach, nr 14296].

Streszczenie

Artykuł powstał w wyniku prac w ramach programu „Badania przekształceń konserwatorskich w architekturze opactw cysterskich na Śląsku przy zastosowaniu nowoczesnych technologii cyfrowych”. Zebrane podczas wyjazdu do pałacu dawnego opata i klasztoru cysterskiego w Rudach Raciborskich materiały inwentaryzacyjne zostały opracowane przy użyciu komputerowego oprogramowania 123D Catch. Przedmiotem badań zostały elementy wyżej wymienionego zespołu, m.in. słupek ogrodzenia, elewacja północno-zachodnia zespołu pałacu opackiego oraz elewacje dziedzica tegoż pałacu. Celem prac jest znalezienie odpowiednich metod fotogrametrycznych, niewymagających specjalistycznego sprzętu oraz sprawdzenie efektywności wybranego z nich pod kątem możliwości wykonywania inwentaryzacji. W artykule przedstawiono pozytywne i negatywne wyniki przeprowadzonych prób. Wybrane oprogramowanie wymaga dalszych studiów w celu określenia możliwości pełnego wykorzystania go w badaniach fotogrametrycznych.

Słowa kluczowe: fotogrametria, metody inwentaryzacji architektoniczno-konserwatorskiej, 123D Catch

Abstract

This article is a result of the work of the research program of transformation conservation research in architecture Cistercian abbeys in Silesia using modern digital technology. Gathered as part of trip to the palace of the former abbot and Cistercian monastery in Rudy Raciborskie materials inventory were developed using computer software 123D Catch. The object of the study were elements of the above-mentioned band, including fence post, elevation north-western band abbey and the palace courtyard facades of that palace. The aim of the work is an attempt to find suitable photogrammetric methods, which do not require specialized equipment and check the effectiveness of the chosen one in terms of ability to perform an inventory. The study contains as positive and also negative results. Selected software requires further investigation for the possibility of some use it in photogrammetric surveys.

Key words: photogrammetry, inventory methods of architectural conservation, 123D Catch