

*Bogusława Kwoczyńska*

**INWENTARYZACJA I WIZUALIZACJA OBIEKTÓW  
ARCHITEKTONICZNYCH WYKONANA NA PODSTAWIE  
ZDJĘĆ METRYCZNYCH I NIEMETRYCZNYCH**

---

***SURVEYING AND VISUALIZATION OF ARCHITECTURAL  
OBJECTS PREPARED ON THE BASIS OF METRIC  
AND NON-METRIC PHOTOS***

**Streszczenie**

W inwentaryzacji obiektów architektonicznych stosowane są różnorodne techniki pomiaru. Wśród nich istotne znaczenie w ostatnich latach odgrywają metody fotogrametryczne bazujące na zdjęciach wykonanych wysokiej klasy aparatami cyfrowymi zaliczanych do kamer niemetrycznych oraz stosowanymi już od lat kamerami metrycznymi. W publikacji przedstawiono zastosowanie aparatu Canon EOS 400D oraz kamery UMK 10 do inwentaryzacji z goła odmiennych obiektów architektonicznych. Stanowiły je nowoczesny budynek Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie należący do Kierunku Geodezja i Kartografia oraz zabytkowe i zniszczone zarazem obiekty należące do kompleksu folwarcznego w Mściwojowie, w województwie dolnośląskim. Do sporządzenia rysunków wektorowych obiektów architektonicznych wykorzystano fotogrametryczne stacje cyfrowe Delta oraz Dephos, a także autograf cyfrowy VSD.

**Słowa kluczowe:** zdjęcie metryczne, zdjęcie niemetryczne, inwentaryzacja, architektura

***Summary***

*The surveys of architectural objects are performed in a variety of measurement techniques. Among them photogrammetric methods based on high-quality images taken with digital non-metric cameras and used for years metric cameras are very important in recent years. The paper presents the application of Canon*

*EOS 400D camera and camcorder UMK 10 to survey completely different architectural objects. They are the modern building at the University of Agriculture in Krakow belonging to the Geodesy and Cartography Faculty and the both historic and destroyed buildings belonging to the grange unit in Mściwojów complex, in Lower Silesia. To produce architectural vector drawings, digital photogrammetric stations Delta and DEPHOS were used, as well as a digital autograph VSD.*

**Key words:** *metric photo, image non-metric, survey, architecture*

## WSTĘP

Ostatnie lata wykazały jak istotną rolę w opracowaniach architektonicznych odgrywają techniki stosowane w fotogrametrii bliskiego zasięgu. Bazują one nie tylko na zdjęciach wykonanych kamerami metrycznymi oraz niemetrycznymi, ale także na danych pozyskanych metodami skaningu naziemnego. W zależności od potrzeb i charakteru obiektu wykorzystuje się różnego rodzaju kamery, zapewniające osiągnięcie wysokiej dokładności opracowania. W przypadku, kiedy obiekt architektoniczny jest rozległy, znacznie oddalony od stanowiska pomiarowego, lub dostęp do niego jest utrudniony, skanowanie laserowe może być jedyną możliwością wykonania dokładnych pomiarów. Dzięki wysokiej precyzji i dużej prędkości pozyskiwania danych, można zbadać geometrię oraz wymiary obiektu w relatywnie krótkim czasie [Kędziński i in. 2008a].

Prace inwentaryzacyjne obiektów zabytkowych polegają na tworzeniu jak najpełniejszej dokumentacji obiektów, ale również na zastosowaniu zaawansowanych urządzeń i technologii pozwalających w precyzyjny sposób na odtworzenie i rekonstrukcję kształtów obiektów. Związane jest to z wykorzystaniem wiedzy i doświadczenia wielu specjalistów, a wśród nich także i geodetów - fotogrametrów. W materialnym wymiarze inwentaryzacja jest zbiorem dokumentów powstałych na skutek badań, pomiarów i analiz prowadzonych przez konserwatorów i specjalistów różnych dziedzin nauki i sztuki. Przeprowadzenie prac inwentaryzacyjnych jest podstawą i warunkiem wstępnym przy zabezpieczeniu zabytków przed skutkami destrukcyjnych działań sił natury oraz człowieka, a także rekonstruowaniu ich w przypadku zniszczenia [Zawieska 2008]. Ze względu na tworzoną dokumentację, inwentaryzacja ma duże znaczenie w prowadzeniu prac konserwacyjnych zabytków. Podstawowymi jej składnikami są:

- rzuty poziome,
- elewacje – plany ścian zewnętrznych (głównie mapy fotograficzne),
- dokumentacja więźby dachowej.

Dokumentacja fotogrametryczna przedstawia przestrzenny stan obiektu oraz pozwala na wykonywanie pomiarów na utworzonym modelu. Stanowi ona podstawę rekonstrukcji zabytku lub też może być materiałem porównawczym w rekonstrukcji obiektu podobnego, jeśli nie istnieje jego oryginalna dokumen-

tacja. Prace fotogrametryczne mające na celu inwentaryzację zabytków architektonicznych rozpoczynają się od dokładnego udokumentowania stanu istniejącego. Zdjęcia budynków wykonane w tym celu służą nie tylko do opracowań kartometrycznych, ale również mogą być podstawą takiej dokumentacji. Fotogrametria pozwala zdobyć potrzebny materiał w sposób bezkontaktowy, dlatego często w pomiarze elementów niedostępnych jest niezastąpiona. Można ją bez przeszkód wykorzystywać do pomiarów elementów o dużej nieregularności kształtu.

Fotogrametria bliskiego zasięgu pozwala zapisać, zinwentaryzować i archiwizować nie tylko cenne dla nas wszystkich budowle o znaczeniu historycznym, ale także budynki architektury współczesnej, stanowiące nowoczesną i bardzo ciekawą aranżację architektoniczną. Opracowania fotogrametryczne mają jeszcze jedno ważne zastosowanie. Końcowy efekt pracy fotogrametrów często tworzony w trójwymiarze umieszczany jest na stronach internetowych, co pozwala każdemu użytkownikowi sieci przenosić się wirtualnie w dalekie, a czasem trudno dostępne miejsca i podziwiać nieosiągalne dla wszystkich zabytki. Często strony takie tworzone są konkretnie

w ramach promocji i zachęcenia turystów do zobaczenia tych miejsc i obiektów w rzeczywistości.

Celem przeprowadzonych badań było wykazanie różnych metod i narzędzi stosowanych w fotogrametrii bliskiego zasięgu do inwentaryzacji obiektów architektonicznych w zależności od ich charakteru.

W cyfrowych opracowaniach fotogrametrycznych duże znaczenie ma zastosowanie odpowiedniego sprzętu i oprogramowania. Najczęściej wykorzystywane do tego celu są autografy cyfrowe oraz stacje fotogrametryczne. W poniższym opracowaniu znalazł swoje zastosowanie autograf cyfrowy VSD oraz dwie fotogrametryczne stacje cyfrowe Delta - ukraińskiej firmy Geosystem oraz Dephos – polskiej firmy rodem z Krakowa.

## **METODYKA BADAŃ**

Opracowania fotogrametryczne obiektów architektonicznych wykonywane w dzisiejszych czasach opierają się w głównej mierze na obrazach cyfrowych. Materiałem źródłowym dla tego typu opracowań są obrazy cyfrowe powstałe w wyniku skanowania zdjęć analogowych wykonanych kamerami metrycznymi, zdjęcia wykonane kamerami semimetrycznymi, a także niemetrycznymi aparatami cyfrowymi. Dotychczas najbardziej popularną techniką wykonywania dokumentacji architektonicznej była fotogrametria bliskiego zasięgu bazująca na zdjęciach fotograficznych i tworzonych na ich podstawie fotoplanach, ortoobrazach czy rysunkach wektorowych do tworzenia opracowań tematycznych [Kwoczyńska 2010]. Obecnie dużą rolę odgrywają również dane (chmury punktów) pochodzące ze skaningu naziemnego wykonywanego skanerami impulsowymi bądź fazowymi.

Przykładowe opracowania bazują na zdjęciach wykonanych niemetryczną kamerą cyfrową – aparatem cyfrowym Canon EOS 400D oraz kamerą metryczną UMK 10. Zastosowanie kamery niemetrycznej wymagało przeprowadzenia wcześniejszej jej kalibracji, w celu uzyskania elementów orientacji wewnętrznej kamery, do czego wykorzystano program PI 3000 Calib.

Dla porównania przedstawiono również możliwości skaningu naziemnego przy opracowaniu jednego z wybranych obiektów architektonicznych.

W każdym przypadku zdjęcia zostały wykonane jako normalne (osie optyczne kamer były w przybliżeniu prostopadłe do elewacji obiektów), a długość baz fotografowania dobrano mając na uwadze zarówno dokładność opracowania jak i warunki obserwacji stereoskopowej.

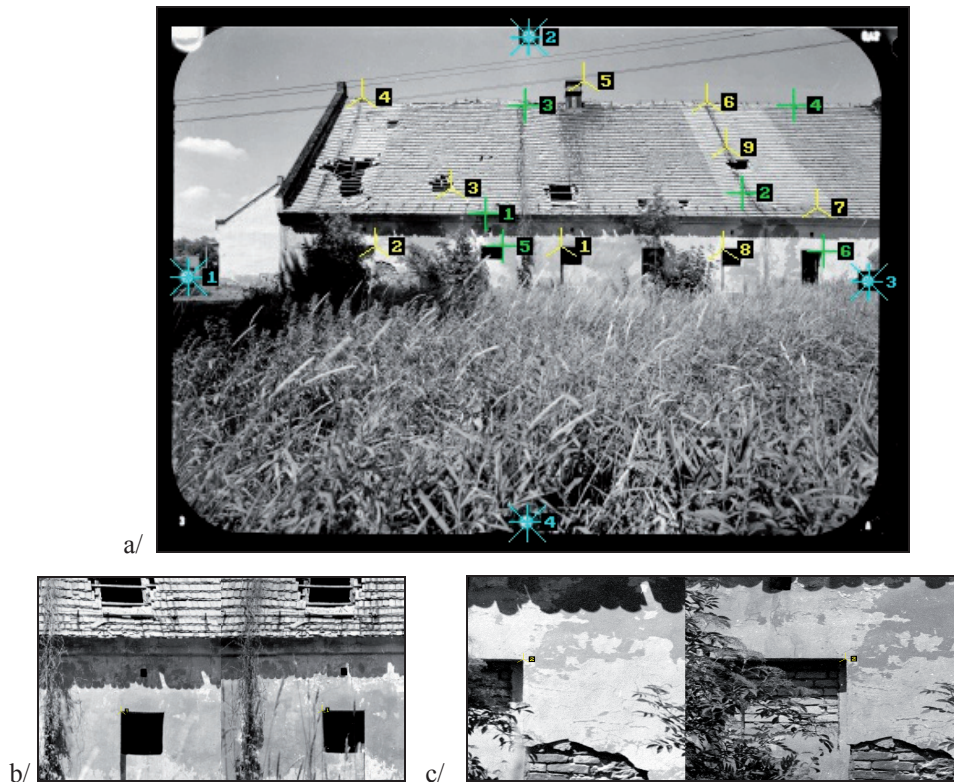
Do orientacji stereogramów wykorzystano fotopunkty naturalne stanowiące szczegóły sytuacyjne opracowywanych obiektów architektonicznych (rys. 1a-b oraz rys. 2 a-c).



Źródło: [Winiarska 2012].

Source: [Winiarska 2012].

**Rysunek 1a i 1b.** Przykładowe rozmieszczenie fotopunktów naturalnych na elewacjach budynku UR  
**Fig. 1a i 1b.** Exemplary location of natural ground control points on facades of the UR building



Źródło: [Wojnar 2011].  
Source: [Wojnar 2011].

**Rysunek 2 a-c.** Szczegółowa lokalizacja wybranych fotopunktów na elewacji folwarku w Mściwojowie  
**Figure 2 a-c.** Detailed location of one of the ground control points on the facade of the farm in Mściwojow

Współrzędne fotopunktów wyznaczono w niezależnym od metod fotogrametrycznych pomiarze geodezyjnym (pomiar tachimetrem bezlustrowym – w przypadku budynku UR oraz wieży w Mściwojowie), a także metodą analityczną (na podstawie pomiaru na zdjęciach – w przypadku elewacji budynku folwarcznego w Mściwojowie).

### **Opracowanie obiektu architektonicznego na podstawie zdjęć niemetrycznych.**

Stereogramy zdjęć cyfrowych zostały opracowane na stacji cyfrowej Delta oraz Dephos. W przypadku elewacji frontowej budynku Geodezji i Kartografii

UR (rys. 3), każdy z 14 stereogramów opracowywany był niezależnie. Elewację wschodnią natomiast opracowano w bloku zdjęć, co zdecydowanie usprawniło pracę.



Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

**Rysunek 3.** Budynek Uniwersytetu Rolniczego – elewacja frontowa  
**Figure 3.** University of Agriculture building – front elevation

Średni błąd transformacji (RMS) otrzymany przy wpasowywaniu współrzędnych znaczków tłowych wyniósł 1,49 wielkości piksela, zważywszy na jakość wykonanych fotografii był zadawalający. Po obliczeniu orientacji absolutnej na punktach kontrolnych średni błąd określenia współrzędnych wyniósł 2cm, mieścił się on w wyznaczonych granicach błędu. Natomiast ten sam błąd na punktach kontrolnych wyniósł około 2mm, a maksymalna wartość, której nie powinien był przekroczyć określona w parametrach projektu wynosiła 2cm [Wiñarska 2012].

#### ***Opracowanie obiektów architektonicznych na podstawie zdjęć metrycznych.***

Kolejnym inwentaryzowanym obiektem był budynek należący do kompleksu folwarcznego w Mściwojowie (rys. 4) oraz zabytkowa wieża z murem (rys. 5), sąsiadująca z zabudowaniami folwarcznymi.



Źródło: [<http://www.msciwojow.pl/>].  
Source: [<http://www.msciwojow.pl/>].

**Rysunek 4.** Zabudowania folwarczne w Mściwojowie  
z wyszczególnionym obiektem opracowania

**Figure 4.** Farm buildings in Msciwojow with the specified elaboration object

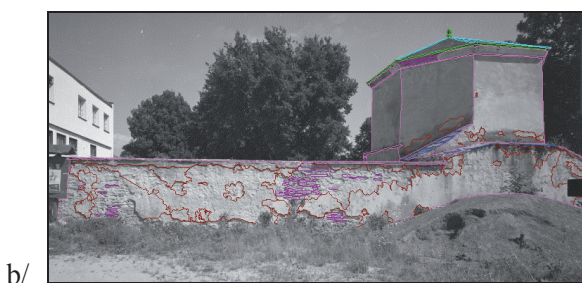
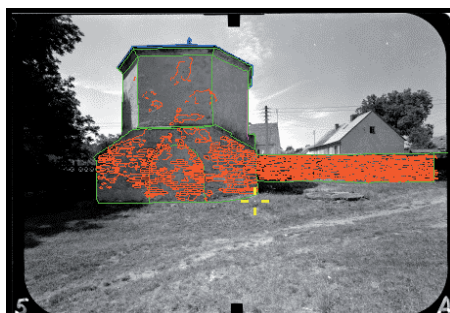


Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

**Rysunek 5.** Północna część elewacji wieży w Mściwojowie  
**Figure 5.** The northern part of the facade of the tower in Msciwojow

W obydwu przypadkach zdjęcia naziemne - panchromatyczne - zostały wykonane kamerą metryczną UMK 10, a następnie zeskanowane na skanerze Digital Fotogrametric Scanner „Delta-2” firmy GeoSystem z rozdzielczością 24  $\mu\text{m}$ . Dla budynku folwarcznego wykonano 8 stereogramów, które zorientowano w bloku zdjęć, wykorzystując do tego celu moduł Triada do aerotriangulacji. Ze względu na to, że skala przyjętych do opracowania zdjęć była zbliżona, dlatego przeprowadzenie terratriangulacji było podobne do procesu aerotriangulacji wykonywanego na zdjęciach lotniczych. Zastosowanie modułu terratriangulacji umożliwiło przeprowadzenie jednoczesnego wyrównania bloku wszystkich zdjęć w programie MSG. Proces terratriangulacji pozwolił na ograniczenie liczby punktów kontrolnych bez istotnej zmiany dokładności. W wyniku wyrównania bloku zdjęć osiągnięto średnie błędy na fopunktach w płaszczyźnie XY  $m_{XY} = 0.08$  m i po wysokości  $m_z = 0.14$  m. Obiekt opracowano w układzie lokalnym przyjętym dla środkowej bazy fotografowania. Inwentaryzację sporządzono na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta [Wojnar 2011].

Do opracowania elewacji północnej (rys. 6a) i południowej (rys. 6b) zabytkowej wieży wraz z murem, wykorzystano po jednym stereogramie zdjęć naziemnych.



Źródło: [Świgut 2010, Stajniak 2010].  
Source: [Świgut 2010, Stajniak 2010].

**Rysunek 6a i 6b.** Elewacja północna i południowa wieży w Mściwojowie  
**Figure 6a i 6b.** Northern and southern elevation of the tower in Mściwojow



Opracowanie elewacji północnej wieży wymagało wcześniejszego przeprowadzenia orientacji wewnętrznej, wzajemnej oraz bezwzględnej na autografie cyfrowym VSD. O dokładności przeprowadzonych orientacji świadczą osiągnięte wyniki w postaci błędów średnich współrzędnych  $m_x = 0.01$  m,  $m_y = 0.02$  m i  $m_z = 0.01$  m. W przypadku elewacji południowej opracowanie sporządzono na stacji cyfrowej Delta. Inwentaryzacja obiektu była możliwa po wcześniejszym przeprowadzeniu orientacji modelu, dla którego osiągnięto następujące wartości RMS na fotopunktach  $m_x = 0,01$  m,  $m_y = 0,02$  m i  $m_z = 0,10$  m.

## WYNIKI BADAŃ

Modele elewacji (szkieletowe i bryłowe) oraz rysunki wektorowe pozyskane w trakcie opracowań fotogrametrycznych często wykorzystywane są przez architektów i konserwatorów zabytków do tworzenia dokumentacji architektonicznej zabytkowych obiektów sztuki sakralnej i świeckiej. Służą one jako informacja niezbędna do odtworzenia np. faktycznego i dokładnego stanu obiektu sprzed renowacji, stworzenia ortoobrazu obiektu lub bardzo dokładnych przekrojów [Kędziński i in. 2008b].

Przekroje często uzupełniane są opracowaniami komputerowymi modeli obiektów z wykorzystaniem oprogramowania typu CAD. Trójwymiarowa rekonstrukcja obiektu jest obecnie bardzo modną prezentacją dokumentacji architektonicznej, a fotogrametria jako źródło pozyskiwania danych dla tych celów jest ciągle jedną z najlepszych metod.

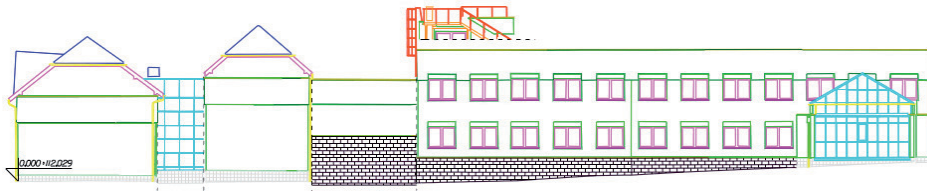
Przedstawiona w postaci rysunku wektorowego elewacja frontowa (rys. 7) i wschodnia (rys. 8) budynku Geodezji i Kartografii Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie uwidacznia bardzo ciekawą i nowoczesną zarazem aranżację architektoniczną.



Źródło: [Pater 2011].  
Source: [Pater 2011].

**Rysunek 7.** Rysunek wektorowy elewacji frontowej budynku UR  
**Figure 7.** Vector drawing of the front elevation of the building UR

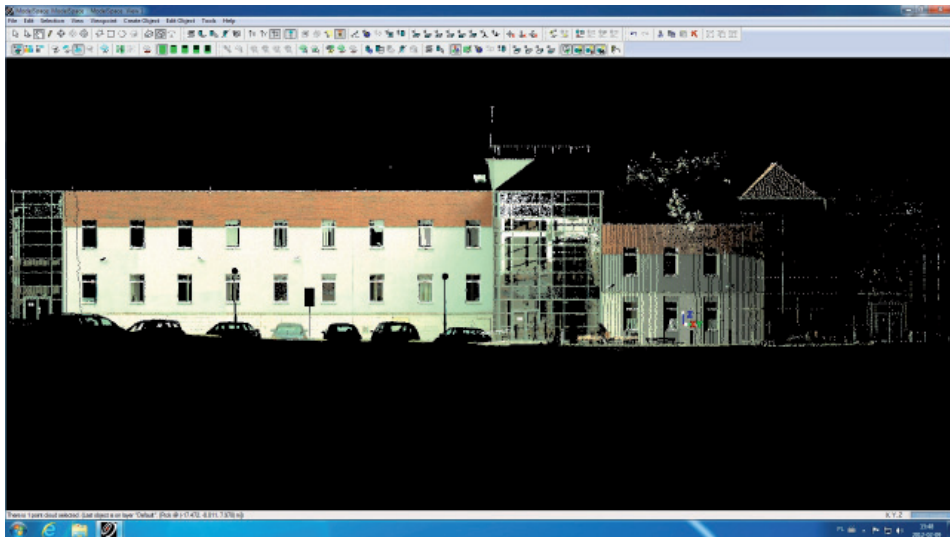
W niewątpliwie gustowny sposób została tu połączona elewacja wykonana ze szkła z popularną formą elewacji tynkowej i drewnianej. Wyrysowanie szklanych fragmentów elewacji stanowiło nie małą trudność przy wykonaniu opracowania, bowiem obserwacja stereoskopowa tych części elewacji była utrudniona.



Źródło: [Winiarska J. 2012].  
Source: [Winiarska J. 2012].

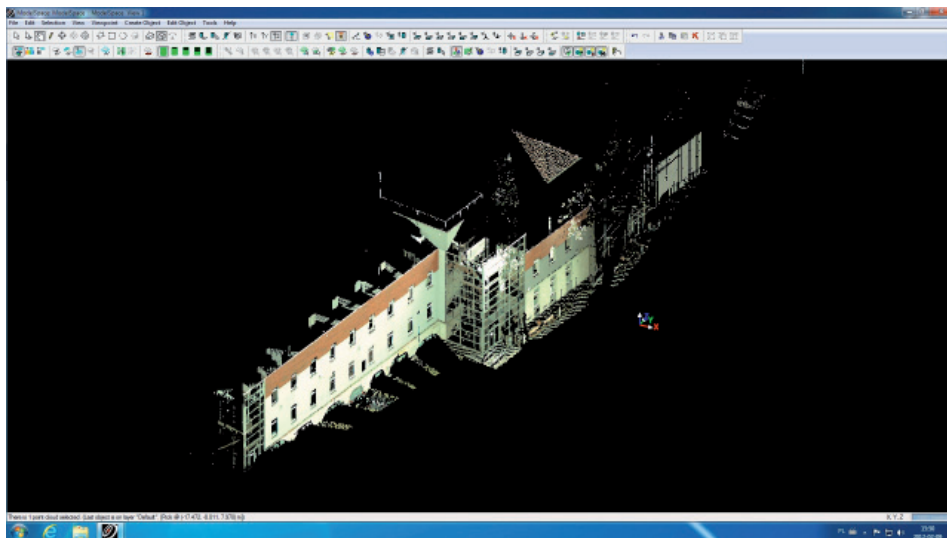
**Rysunek 8.** Rysunek wektorowy elewacji wschodniej budynku UR  
**Figure 8.** Vector drawing of the east elevation of the building UR

Dla elewacji frontowej budynku Uniwersytetu Rolniczego podjęto również próbę opracowania elewacji na podstawie danych pochodzących ze skaningu naziemnego (rys.9). Elewacja została zeskanowana skanerem Leica ScanStation C10. Odległość pomiędzy punktami chmury wynosiła 1.5 cm, co wiąże się z wyborem na skanerze parametrów skanowania - średniej rozdzielczości skanowania. Opracowanie takie pozwoliło na uzyskanie przestrzennego modelu budynku (rys. 10).



Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

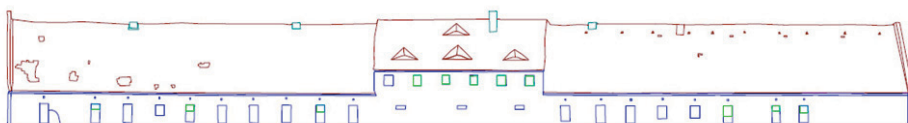
**Rysunek 9.** Elewacja frontowa budynku UR w postaci chmury punktów.  
**Figure 9.** The front elevation of the building UR as a point cloud



Źródło: opracowanie własne.  
Source: own elaboration.

**Rysunek 10.** Model przestrzenny budynku UR  
**Figure 10.** UR spatial model building

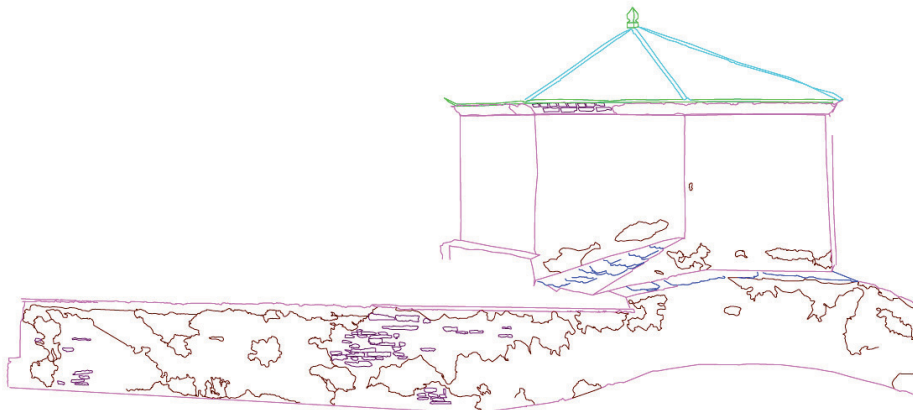
Podczas inwentaryzacji budynku folwarcznego w Mściwojowie uwagę zwrócono na zniszczone fragmenty elewacji oraz dachu pokrywającego budynek. Po zakończeniu wektoryzacji rysunek został zapisany w formacie dgn, co umożliwiło stworzenie modelu trójwymiarowego południowej części elewacji folwarku w programie MicroStation. Efekt końcowy widoczny jest na rysunku 11.



Źródło: [Wojnar 2011].  
Source: [Wojnar 2011].

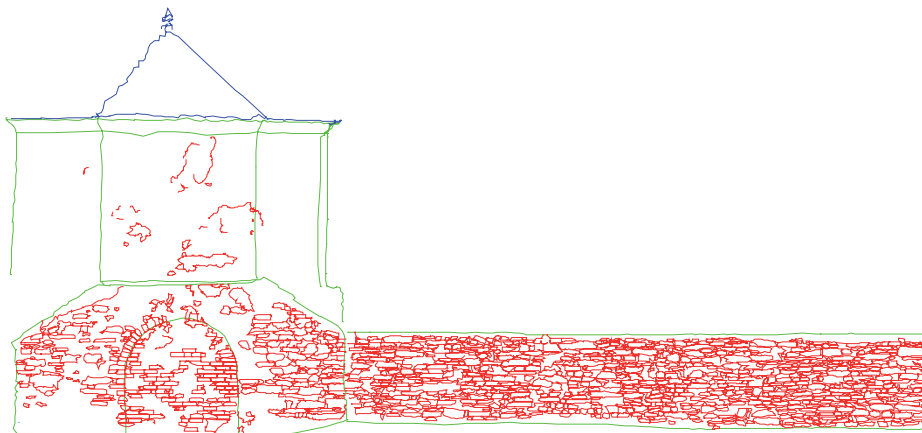
**Rysunek 11.** Rysunek wektorowy elewacji południowej budynku folwarcznego w Mściwojowie  
**Figure 11.** Vector drawing of south elevation of the grange building in Msciwojow

Wśród inwentaryzowanych obiektów w Mściwojowie najbardziej zniszczona okazała się zabytkowa wieża wraz z murem. Rysunki wektorowe wykazują wszelkie braki tynków i dziury w elewacji, a także wyłomy w murze (rys. 12 i 13).



Źródło: [Stajniak 2010].  
Source: [Stajniak 2010].

**Rysunek 12.** Model szkieletowy elewacji północnej wieży w Mściwojowie  
**Figure 12.** Wireframe north elevation model of the tower in Mściwojow



Źródło: [Świgut 2010].  
Source: [Świgut 2010].

**Rysunek 13.** Model szkieletowy elewacji południowej wieży w Mściwojowie  
**Figure 13.** Wireframe southern facade model of the tower in Mściwojow

Opracowania dotyczące zabytkowych obiektów w Mściwojowie zostały uwzględnione w badaniach związanych z projektem pilotażowym realizowanym przez Uniwersytet Rolniczy w Krakowie w ramach projektu pt.: "Valorisation and sustainable development of cultural landscapes using innovative participation and visualization techniques" – Vital Landscapes nr 2CE164P3.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzenie prac konserwacyjnych zabytkowych obiektów wiąże się z dużymi nakładami pieniężnymi. Zastosowanie metod fotogrametrycznych przy opracowywaniu i inwentaryzacji budynków wydaje się być bardzo dobrym rozwiązaniem. Raz wykonane stereogramy mogą być opracowywane etapowo w zależności od potrzeb, a co za tym idzie obiekt w części opracowany można uzupełnić w odpowiednim czasie o kolejne potrzebne w danym momencie elementy. Pozwala to w znacznym stopniu obniżać koszty inwentaryzacji i konserwacji budynków. Tworzenie modeli 3D pojedynczych obiektów i wreszcie całych miejscowości jest obecnie bardzo modne, ale zarazem bardzo pomocne przy tworzeniu pełnych dokumentacji architektonicznych. Zastosowanie najnowszych osiągnięć technicznych w postaci skanerów naziemnych znacznie ułatwia i przyspiesza pracę. Bariera jest jedynie materiał z jakiego skonstruowane są obiekty architektoniczne, tak jak w przypadku nowoczesnego budynku Uniwersytetu Rolniczego, którego część elewacji jest ze szkła. Powodowało to częściowe pochłanianie promieni skanera i uzyskanie błędnej informacji o obiekcie. W przypadku obiektów o mniej skomplikowanej budowie, dotyczy to budynków folwarcznych w Mściwojowie, zastosowanie zdjęć metrycznych czy też niemetrycznych było bardzo dobrym, a zarazem wystarczającym rozwiązaniem.

## BIBLIOGRAFIA

- [<http://www.fotal.pl/canon-eos-400d/>] (dostęp: 25 stycznia 2012)  
[<http://www.msciwow.pl/>] (dostęp: 25 stycznia 2012)
- Kędzierski M., Walczykowski P., Fryškowska A., 2008a. *Naziemny skaning laserowy drogowych obiektów inżynierskich. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 18a, 211-220.
- Kędzierski M., Walczykowski P., Fryškowska A., 2008b. *Wybrane aspekty opracowania dokumentacji architektonicznej obiektów zabytkowych. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 18a, 221-230.
- Kwoczyńska B. 2010, *Opracowanie obiektów architektonicznych z wykorzystaniem metod stosowanych w fotogrametrii cyfrowej* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3/2010 PAN Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi.
- Pater M. 2011, *Sporządzenie inwentaryzacji elewacji budynku na podstawie zdjęć wykonanych kamerą niemetryczną Canon EOS 400D* - praca inżynierska napisana pod kierunkiem dr inż. Bogusławy Kwoczyńskiej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

- Stajniak M. 2010, *Inwentaryzacja obiektu zabytkowego w Mściwojowie z wykorzystaniem fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta* - praca inżynierska napisana pod kierunkiem dr inż. Bogusławy Kwoczyńskiej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
- Świgut F. 2010, *Opracowanie zdjęć naziemnych wykonanych kamerą UMK10 na autografie cyfrowym VSD AGH*. - praca inżynierska napisana pod kierunkiem dr inż. Bogusławy Kwoczyńskiej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
- Winiarska J. 2012, *Opracowanie elewacji budynku przy wykorzystaniu kamery niemetrycznej* - praca inżynierska napisana pod kierunkiem dr inż. Bogusławy Kwoczyńskiej, UR w Krakowie
- Wojnar A. 2011, *Opracowanie elewacji zabytkowego budynku z wykorzystaniem zdjęć metrycznych* praca magisterska napisana pod kierunkiem dr inż. Bogusławy Kwoczyńskiej, UR w Krakowie
- Zawieska D. 2008, *Rekonstrukcja 3D obiektów bliskiego zasięgu na podstawie zdjęć archiwalnych* Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji vol.18a, Szczecin.

Dr inż. Bogusława Kwoczyńska  
Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 253a  
adres e-mail: rmkwoczy@cyf-kr.edu.pl