

WSPÓŁCZESNE METODY KOMPLEKSOWEJ INWENTARYZACJI ZABYTEKÓW NA PRZYKŁADZIE PARAFIALNEGO KOŚCIOŁA W MICHALICACH

Streszczenie Artykuł omawia doświadczenia firmy Dephos w zakresie inwentaryzacji architektonicznej i malarskiej na przykładzie kościoła parafialnego w Michalicach na Opolszczyźnie. Przedstawia technologie fotogrametryczną oraz skanowanie laserowe jako sprawdzone narzędzie kompleksowej rejestracji geometrii oraz koloru. Zawiera opis możliwości tych technologii oraz ich przydatność. Omówiono etapy oraz efekty prac pomiarowych.

1. Wstęp

Dla celów inwentaryzacji zabytków od dawna z powodzeniem wykorzystuje się fotogrametrię i geodezję. Od kilku lat znaczny rozwój przeżywa fotogrametria cyfrowa i większość usprawnień wynikających z jej rozwoju jest stosowana już w praktyce. Aktualnie daje się zauważyć rozwój drugiej, wymienionej dziedziny bardzo mocno związanej z pracami inwentaryzatorskimi. Szereg lat temu pojawiły się tachimetry bezlustrkowe, umożliwiające bezpośrednie, biegunowe pomiary punktów niesygnalizowanych. Tachimetry wyposażone w serwomotory i odpowiednie oprogramowanie mogły być w wąskim zakresie stosowane do pomiaru powierzchniowego np. kamieniarki, czy płaskorzeźb [Mierzwa, Rzonca, 2003]. Aktualnie wiele firm konstruuje przyrządy służące właśnie do pomiarów opartych na podobnej zasadzie, ale mogących mierzyć setki tysięcy punktów – rejestrować geometrię obiektów również o dużych rozmiarach. Możliwa jest również interpretacja mocy sygnału odbitego, co może prowadzić do określenia rodzaju materiału odbijającego. Technika skanowania laserem przeżywa obecnie gwałtowny rozwój i stanowi znakomite uzupełnienie metod fotogrametrii bliskiego zasięgu [Boehler, Marbs, 2004]. Obie metody dla celów kompleksowych inwentaryzacji i tworzenia dokumentacji stosuje firma Dephos z Krakowa. Przykładem tego jest opracowanie dokumentacji malarskiej i architektonicznej parafialnego kościoła p.w. św. Michała Archanioła w Michalicach (pow. namysłowski).

2. Opis obiektu

Kościół w Michalicach jest unikatową drewnianą budowlą sakralną okresu baroku składającą się z jednonawowego korpusu z prezbiterium i wieżą. Aktualny kościół ufundowano w roku 1614. Na ten okres datowany jest wystrój i wyposażenie kościoła.

Wnętrze pokryte jest późnomanierystyczną polichromią – obejmuje ona wszystkie ściany oraz strop prezbiterium, belkę tęczową, portal główny, drzwi wejściowe do kościoła i zakrystii oraz liczne detale. Przez pewien czas kościół był

zbozem ewangelickim, wówczas polichromię przykryto tynkiem. Niedawno została odsłonięta i okazało się, że dla potrzeb konserwacji malowideł niezbędna jest precyzyjna inwentaryzacja i dokumentacja. Oprócz wystroju, kościół zachował oryginalne wyposażenie: ołtarze, ambonę, stalle i fotele. Oprócz polichromii, konserwacji wymaga cała konstrukcja. Dlatego też konieczne było wykonanie inwentaryzacji architektonicznej obejmującej ściany, dach z więźbą oraz wieżę, a także wyposażenie wnętrza. W związku z powyższym Opolski Wojewódzki Konserwator Zabytków zlecił wykonanie barwnych ortofotoplanów malowideł oraz pełnej dokumentacji architektonicznej. Wobec takiego zlecenia postanowiono zastosować łączoną metodę inwentaryzacji: fotogrametrię i skanowanie laserem. Takie podejście gwarantowało sprawne i dokładne opracowanie dokumentacji. Prace rozpoczęły się z początkiem września 2003 roku.

3. Inwentaryzacja polichromii metodą fotogrametryczną

Technologia zastosowana przez firmę Dephos w przypadku inwentaryzacji malowideł ściennych to typowa technologia fotogrametryczna stosowana w zadaniach bliskiego zasięgu. Podstawowym parametrem opracowania ortofotoplanów obiektu w Michalicach była wielkość piksela terenowego ustalona na wartość 0.3 mm. Zdjęcia zostały wykonane kamerą semimetryczną Minolta DiMAGE o ogniskowej 28 mm. Parametry kamery oraz wielkość piksela narzuciły bazę podłużną o wartości 0.55 m oraz poprzeczną o wartości 0.65 m oraz odległość fotografowania – 0.85 m. Przy całkowitej powierzchni polichromii w przybliżeniu określanej na 300 m² liczba zdjęć wynosiła 2500. Przed przystąpieniem do fotografowania rozklejono znaczniki osnowy fotogrametrycznej. Następnie pomierzono je z wykorzystaniem tachimetru bezlustrowego Trimble 3305 DR. Jeśli to tylko było możliwe stosowano wcięcia kątowo-liniowe, jednak trudne warunki geometryczne we wnętrzu zmusiły również do pomiaru biegunowego. Każda ze ścian uzyskała własny układ lokalny. Dokładność określenia położenia punktów wyniosła ± 3 mm.

Wszystkie zdjęcia wykonano w porze nocnej przy oświetleniu lampami halogenowymi o widmie zbliżonym do światła białego. Kamera została skalibrowana kolorystycznie na tzw. balans bieli i ustawiana na ruchomym rusztowaniu, jej dokładne położenie kontrolowano z ziemi za pomocą przenośnego monitora. Oprócz zdjęć w skali odpowiadającej fotoplanowi wynikowemu, wykonano zdjęcia o 2.5-krotnie mniejszej skali. Posłużyły one do zagęszczenia osnowy i umożliwiły wyrównanie bloku zdjęć o rozdzielczości terenowej ± 0.3 mm.

Opracowanie kameralne przebiegało w sposób następujący. Najpierw wykonano konwersję obrazów z formatu RAW do formatu TIFF. Następnie usunięto z nich wpływ dystorsji przy pomocy programu *distortion.exe* wchodzącego w skład pakietu *Dephos*. Dane dystorsji pochodziły z wyników kalibracji kamery. W dalszej kolejności przystąpiono do budowy projektów w programie *Dephos Manager*. Każdy projekt dotyczył innego obiektu: poszczególnych ścian, drzwi, belek itd. Wykonano również inwentaryzację detali, które na co dzień nie są widoczne. Przykładem może być polichromia ołtarzowa. Kolejnym etapem prac było wyrównanie sieci zdjęć przy pomocy programu *External Orientation*. Najpierw wyrównano blok zdjęć małoskalowych i pomierzono fotopunkty służące potem do wyrównania zdjęć o rozdzielczości terenowej ± 0.3 mm. Ze względu na wartość historyczną i artystyczną

polichromii nie można było zasygnalizować takiej liczby fotopunktów, która wystarczyłaby do orientacji zdjęć o rozdzielczości 0.3 mm. Dlatego zastosowano dwa rzędy zdjęć. Wyrównanie zdjęć małoskalowych posłużyło do zagęszczenia osnowy dla zdjęć w dużej skali, których bloki policzono w oparciu o sygnalizowane punkty kontrolne i te wyznaczone ze zdjęć w małej skali. Ostatecznie odchyłki na punktach kontrolnych bloków zdjęć w dużej skali (o rozdzielczości 0.3 mm) w zależności od obiektu wahały się w zakresie $\pm 5-10$ mm.

Gotowy blok o wyznaczonych elementach orientacji zewnętrznej przekazywany był do pomiaru na cyfrowej stacji fotogrametrycznej *Dephos Mapper*. Plik wektorowy zawierający linie załamań oraz siatkę punktową będący wynikiem pomiaru 3D w następnej kolejności był stosowany do generowania ortoobrazów programem *Dephos Ortho*. Następnie wszystkie obrazy mozaikowano do postaci gotowego ortofotoplanu.

Szczególną uwagę poświęcono zagadnieniu wiernego oddania kolorystyki polichromii. Jak już wcześniej wspomniano zdjęcia wykonywano w nocy przy całkowicie sztucznym oświetleniu specjalnymi żarnikami, stosowano balans bieli, również fotografowano próbnie wzornik kolorów na tle polichromii. Ostatecznie nad wiernością kolorystyczną ortofotoplanów czuwał specjalista do spraw konserwacji malarstwa, który w ostatnim etapie prac decydował o korekcie koloru. Z doświadczenia praktycznego wynika, że technologia cyfrowa może zakłamywać barwy. Inaczej definiuje kolory matryca CCD kamery, inaczej karta graficzna komputera i monitor, a jeszcze inaczej ploter. Dlatego konieczne jest wsparcie specjalistów innych dziedzin, aby produkt był pełnowartościowy nie tylko pod względem geometrycznym (geodezyjnym), ale również kolorystycznym (konserwatorskim). Przykładowe ortofotoplany malowideł ściennych przedstawiają rysunki 1, 2 i 3.

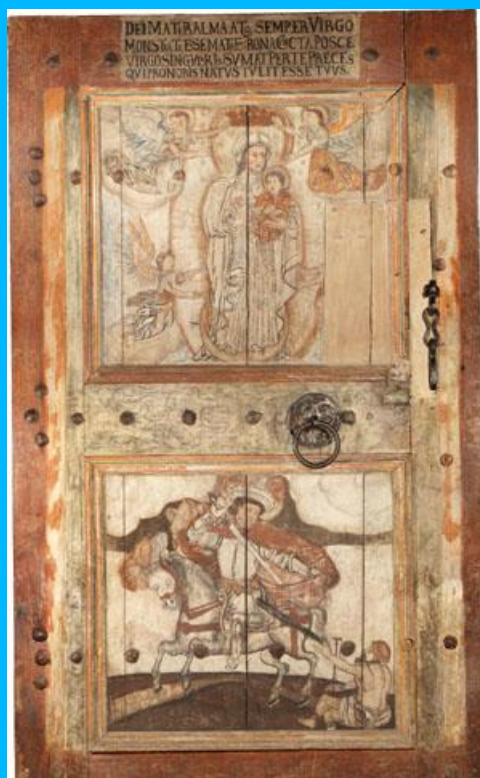
4. Inwentaryzacja architektoniczna metodą skanowania laserem

Inwentaryzacja architektoniczna techniką skanowania laserem obejmowała sporządzenie pełnej dokumentacji architektonicznej tj. rzutów, przekrojów oraz widoków elewacji. Całość pomiaru koniecznego do opracowania tych materiałów wykonano skanerem laserowym Callidus CP 3200. Instrument ten został udostępniony przez firmę Geotronics z Krakowa. Callidus CP 3200 jest skanerem sferycznym o pionowym zakresie pracy 300° . Instrument osiąga rozdzielczość w pionie 0.25° a w poziomie 0.0625° . Dokładność określenia położenia punktu wynosi $\pm 5-10$ mm, w zależności od powierzchni mierzonego obiektu. Skaner posiada wbudowaną kamerę, służy ona do zgrubnego rejestrowania obrazu, który pomaga w orientacji i stanowić może materiał wizualizacyjny. Wynikiem pracy skanera jest chmura punktów. Pomiar musi być prowadzony z takiej ilości stanowisk, która umożliwi zminimalizowanie cieni (martwych pól). Chmury te muszą być zorientowane w układzie współrzędnych. Położenie skanera jest mierzone biegunowo oraz wyznaczone są współrzędne reflektora, którego położenie jest znajdowane przez skaner podczas inicjacji skanowania. W Michalicach wykonano szereg skanowań wewnątrz i na zewnątrz kościoła, w wieży oraz na poddaszu. Ułatwieniem była okoliczność zbiegnięcia się w czasie skanowania i wymiany części desek poszycia wieży, co pomogło od zewnątrz pomierzyć jej konstrukcję (rys. 4).

Rys 1. Ortofotoplan – polichromia ściany bocznej prezbiterium



Rys. 2. Ortofotoplan – polichromia drzwi do zakrystii



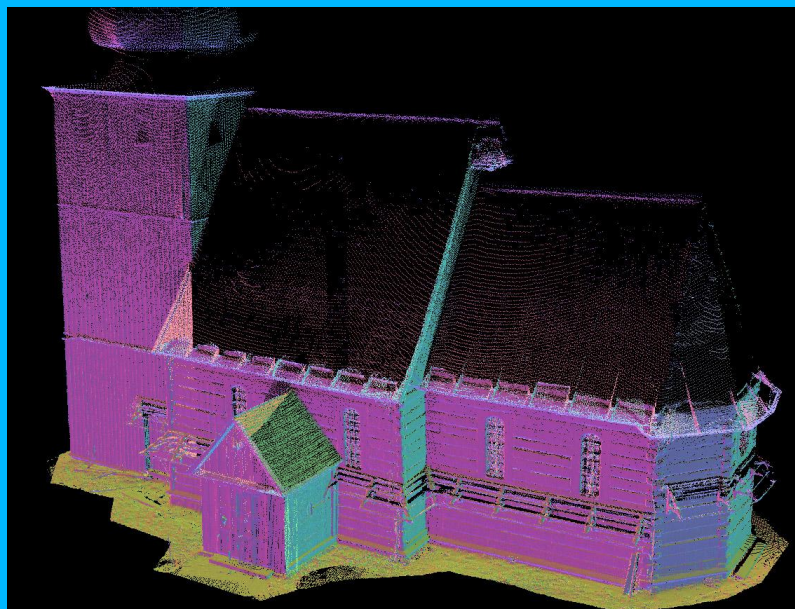


Rys 3. Ortofotoplan – polichromia ściany tylnej prezbiterium

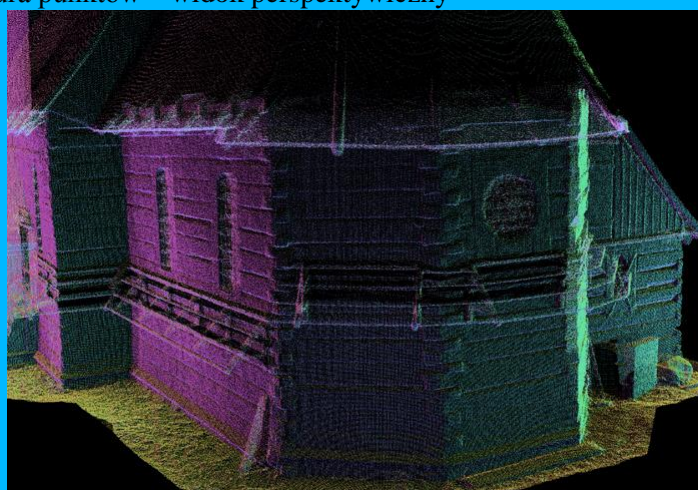


Rys. 4. Widok wieży z odsłoniętą konstrukcją

W wyniku skanowania i orientacji poszczególnych chmur pochodzących z różnych stanowisk powstała kompletna reprezentacja geometryczną obiektu o dokładności położenia punktu rzędu $\pm 10\text{-}20\text{mm}$ (rys. 5 i 6). Transformację do wspólnego układu umożliwia moduł *ScanView* programu *Dephos*. Na jej podstawie wykonano opracowanie wszystkich elementów architektonicznych. Umożliwiają to funkcje *ScanView*, dzięki którym można zawęzać chmurę płaszczyznami. Odpowiedni plaster wycięty z chmury podlega obrysowaniu i w ten sposób powstaje odpowiedni przekrój lub rzut.



Rys. 5. Chmura punktów – widok perspektywiczny



Rys. 6. Chmura punktów – widok od prezbiterium

Skanowanie oprócz licznych zalet, jak na przykład szybkość pomiaru dużej liczby niedostępnych punktów, posiada wady. Promień lasera rejestrujący punkty obiektu może dostarczać błędnej informacji na skutek ślizgania się lub dodatkowych odbić. Kolejną trudnością jest bardzo precyzyjne wyznaczenie krawędzi na podstawie chmury punktów. Można je jedynie aproksymować, dlatego też im większa gęstość pomiaru, tym dokładniej wyznaczone krawędzie. Jednak tutaj pojawia się inne niebezpieczeństwo. Jeśli punktów jest za dużo, nie da się ich opracować, gdyż dostępne komputery nie są w stanie przetworzyć tak dużej ilości danych.

Reasumując, wykonanie prawidłowego pomiaru skanerem laserowym wymaga doświadczenia i dobrego projektu. Należy odpowiednio wybrać przyrząd [Boehler, Bordas Vincet, Marbs, 2003], ponieważ każdy typ posiada cechy, dzięki którym w jednych przypadkach spełnia wymagania, a w innych nie dostarczy odpowiedniego materiału pomiarowego. Dodatkowo trzeba określić położenie stanowisk skanera w celu uniknięcia strat informacji w martwych polach. Skanowanie powinno opierać się na osnowie, która musi posiadać odpowiednią dokładność. Stosowanie skanerów posiada wiele zalet i to powoduje, że na świecie coraz powszechniej się ich używa.

5. Podsumowanie

Na podstawie doświadczeń firmy Dephos można stwierdzić, że wyniki zastosowania fotogrametrii połączone ze skanowaniem laserowym są obiecujące. Z powodzeniem stosowane są w kolejnych projektach realizowanych przez zespół na terenie całej Polski. Jest to szybka, wydajna technologia. Skaner osiąga olbrzymia sprawność, pomiar setek tysięcy punktów odbywa się w przeciągu sekund.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że równoległe, łączne stosowanie tych metod daje okazję do kontroli. Dwukrotnie, niezależnie mierzona jest geometria ścian: raz fotogrametrycznie, drugi raz jest skanowana. Nasuwa się pomysł mocniejszej integracji danych, w celu generowania ortofotogramów w oparciu o chmurę punktów, a nie jak dotąd wynik pomiaru autogrametrycznego. Należy zakładać, że będzie to już wkrótce obowiązująca technologia.

Wyżej opisana metoda nie jest naturalnie zarezerwowana dla zabytków architektury i malarstwa. Z powodzeniem może być stosowana, co wynika z naszych doświadczeń, do celów inwentaryzacji przemysłowej, budowlanej, infrastruktury transportowej itp. Skala obiektów podlegających rejestracji fotogrametryczno-skaningowej może być mocno zróżnicowana, począwszy od eksponatów muzealnych o rozmiarach kilkunastu centymetrów, a skończywszy na olbrzymich obiektach budowlanych.

Literatura

- Boehler W., Bordas Vincet M., Marbs A., 2003. Investigating laser scanner accuracy. XIXth CIPA Symposium, Antalya, Turcja.
- Boehler W., Marbs A., 2004. 3D scanning and photogrammetry for heritage recording: a comparison. Proc. 12th Int. Conference on Geoinformatics, Gavle, Szwecja.
- Mierzwa W., Rzonca A., 2003. Skanowanie powierzchni jako nowa metoda rejestracji i interpretacji szczegółów architektonicznych. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 13, s. 427- 434.
- www.callidus.com

Recenzował: dr inż. Piotr Sawicki

