

**PRÓBA REKONSTRUKCJI NIEISTNIEJĄCYCH OBIEKTÓW
ARCHITEKTONICZNYCH NA WYBRANYM PRZYKŁADZIE* ****

**AN ATTEMPT AT THE PHOTOGRAMMETRIC RECONSTRUCTION
OF NO LONGER EXISTING BUILDINGS OF ARCHITECTURAL INTEREST
BASED ON A SELECTED EXAMPLE**

Sławomir Mikrut, Urszula Dużyńska

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska,
Akademia Górniczo-Hutnicza

SŁOWA KLUCZOWE: obraz cyfrowy, zdjęcia archiwalne, fotogrametria cyfrowa, fotogrametria bliskiego zasięgu

STRESZCZENIE: Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie wyników prac mających na celu próbę rekonstrukcji nieistniejącego obiektu architektonicznego. Przedstawiono etapy i wyniki badań związanych z fotogrametryczną rekonstrukcją nieistniejącego obiektu w oparciu o przedwojenne zdjęcia naziemne i lotnicze o nieznanych elementach orientacji. Oprócz stworzenia trójwymiarowego modelu budynku na podstawie archiwalnych zdjęć niemetrycznych, dokonano prób pozyskania wybranych szczegółów detali architektonicznych. Obiektem badań była krakowska willa wybudowana na Cyplu Dębnickim w pobliżu Wawelu. Do projektu wykorzystano zdjęcia wykonane niemetrycznymi kamerami, pochodzące z okresu 1900-1930. Do kalibracji zdjęć wykorzystano fotopunkty pomierzone na zdjęciach lotniczych, do tego celu użyto programu Dephos, kalibracje i rekonstrukcję wykonano w oprogramowaniu PhotoModeler i MicroStation. Zaproponowana metodyka polegająca na połączeniu archiwalnych zdjęć lotniczych i naziemnych pozwala na odtwarzanie wyglądu i rekonstrukcję wybranych obiektów. Prace te, prowadzone dzięki pomocy Muzeum Historii Fotografii w Krakowie, pozwolą na wirtualne zrekonstruowanie „zaginionych” obiektów.

1. WSTĘP

Problematyka odtwarzania nieistniejących obiektów metodami fotogrametrycznymi jest zagadnieniem stosunkowo nowym, wynikającym z możliwości jakie w ostat-

nich latach dały techniki cyfrowe, głównie modelowanie i odtwarzanie rzeczywistości w „świecie wirtualnym”. W przypadku obiektów, które nie istnieją zagadnienie to staje się stosunkowo trudne z racji braku punktów referencyjnych na badanym obiekcie. Próbuje się je zastąpić punktami na sąsiednich budynkach (Tokarczyk, Brodzińska, 2003), o ile też istnieją lub tak jak to było w przypadku ołtarza Najświętszego Sakramentu (Zawieska, 2008), w oparciu o istniejący podobny obiekt.

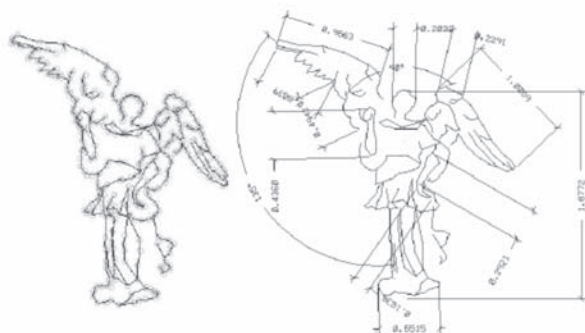
Można również posiłkować się archiwalnymi i współczesnymi zdjęciami lotniczymi, a także starymi mapami opracowanymi w interesującym nas okresie czasu. Integracja takich danych była przedmiotem badań autorów niniejszego opracowania.

2. WYBRANE PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA ARCHIWALNYCH DANYCH

Jednym z ciekawych rozwiązań wykorzystania archiwalnych materiałów jest opracowanie modelu trójwymiarowego wybranych detali ołtarza Najświętszego Sakramentu w kościele Świętego Krzyża w Warszawie (Zawieska, 2008). Do tego celu wykorzystano zeskanowane, niemetryczne zdjęcia archiwalne z lat 1926 i 1939 oraz zdjęcia bliźniacze ołtarza św. Felicissimy, który później służył jako podstawa do rekonstrukcji zniszczonego ołtarza Najświętszego Sakramentu.

Dane metryczne potrzebne do rekonstrukcji Najświętszego Sakramentu uzyskano z fotogrametrycznego opracowania szkieletu ołtarza św. Felicissimy. Dokumentacja fotogrametryczna została opracowana na autografie analitycznym P-3, na podstawie stereogramu zdjęć wykonanych kamerą UMK.

Zidentyfikowano punkty osnowy (fotopunkty), które były widoczne na zdjęciach archiwalnych i na stereogramie. Wykorzystując program PhotoModeler, wyznaczono parametry kalibracji zdjęć. Następnie wykonano pomiar punktów detalu, a po wyrównaniu wyeksportowano je do programu AutoCad w celu połączenia wektorami i zwymiarowaniu (Rys. 1).



Rys. 1. Zwymiarowane elementy ołtarza Najświętszego Sakramentu

Źródło: Zawieska, 2008.

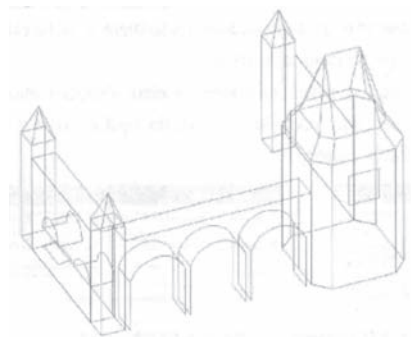
Innym przykładem było wykonanie trójwymiarowego modelu budynku na podstawie archiwalnych zdjęć niemetrycznych. Rekonstruowanym obiektem był odwach krakowski znajdujący się na Rynku Głównym obok Ratusza w latach 1882-1946 (Rys. 2).



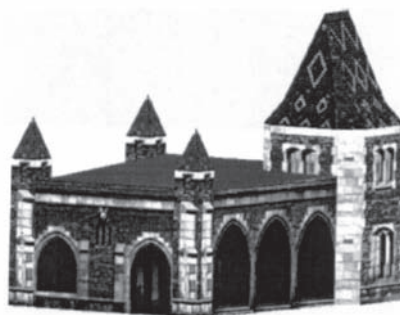
Rys. 2. Odwach Krakowski – zdjęcie archiwalne.

Danymi źródłowymi były zdjęcia niemetryczne z lat 1880-1938 oraz fragment mapy w skali 1:1000 pokazującej Rynek z przyziemiem odwachu. Przeprowadzono prace terenowe, podczas których metodą geodezyjną pomierzono około 110 fotopunktów. Fotopunkty te oraz punkty rekonstruowanego obiektu pomierzone zostały następnie na cyfrowym autografie analitycznym Video Stereo Digitizer AGH. Obliczenia przeprowadzono na darmowej wersji programu AeroSys, przy użyciu funkcji transformacji rzutowej DLT.

Kompletny rysunek wektorowy opracowano w programie MicroStation SE (Rys. 3). Trójwymiarowy model wektorowy odwachu został pokryty przetworzonymi zdjęciami archiwalnymi w celu uzyskania fotorealistycznej wizualizacji (Rys. 4).



Rys. 3. Model wektorowy Odwachu Krakowskiego.



Rys. 4. Model 3D Odwachu z przypisanymi teksturami

Źródło: Tokarczyk et al., 2005.

Innym przykładem było opracowanie metod szybkiego tworzenia obiektów trójwymiarowych dla środowiska wirtualnej rzeczywistości (ang. *The Virtual Reality System*) przy wykorzystaniu zdjęć cyfrowych. Przeprowadzono architektoniczną rekonstrukcję nieistniejącego już Dworku w Laskach Odrzańskich. Do tego celu wykorzystano schematy architektoniczne przedstawiające elewacje budynku (przednią, tylną i boczne) oraz rzut parteru. Materiały te były w postaci zeskanowanych planów architektonicznych w skali 1:100 (Rys. 5).



Rys. 5. Elewacja przedniej ściany Dworku w Laskach Odrzańskich.

Do procedur pomiarowych wykorzystano pakiety oprogramowania BluePrint Modeler. Dzięki narzędziom korekcji perspektywicznej doprowadzono plany do postaci ortofotografii oraz przeprowadzono dla nich wstępną orientację wzajemną. Po skalibrowaniu otrzymanych ortofotografii przeprowadzono rekonstrukcję obiektu wykorzystując metodę rzutowania (Rys. 5). Na powstały trójwymiarowy model wektorowy budynku nałożono tekstury co nadało mu realistycznego wyglądu (Rys. 6).



Rys. 6. Zrekonstruowany Dworek w Laskach Odrzańskich.

3. DANE WYKORZYSTANE W PROJEKCIE

Rekonstruowanym obiektem była krakowska willa należąca do rodziny Rożnowskich, położona na Cyplu Dębnickim. Powstała ona w roku 1891, po wybudowaniu mostu kolei obwodowej łączącego dworzec krakowski z Bonarką (1887-1888 r.). Willa ta była dużym i kosztownym budynkiem o nieregularnym kształcie: główna część była trzykondygnacyjna, połączona dwupiętrową przelączką z wieżą o dachu w kształcie czworobocznego ostrosłupa, zwróconą w kierunku północno-zachodnim. Dach wieży górował nad murem otaczającym wawelskie wzgórze. Jak nakazywała ówczesna moda, willa miała zachowaną elewację z czerwonej, surowej cegły. Szczególną cechą rezydencji było jej bliskie sąsiedztwo z Wawelem oraz lokalizacja na niepewnym i zalewanym przez Wisłę terenie.

Około 1920 roku willa przeszła na własność skarbu państwa i mieściła Dyрекcję Dróg Wodnych. Przez cały ten czas budynek niszczone był przez częste i długotrwałe wylewy rzeki (m. in. w 1903 i 1925 roku). Po ostatniej wielkiej powodzi w 1934 r., kiedy to Wisła zabrała ze sobą większą część budynku, podjęto decyzję o rozbiórce willi, co ostatecznie nastąpiło dopiero w 1938 roku.

Archiwalne zdjęcia obiektu udało się pozyskać dzięki współpracy z kilkoma jednostkami muzealnymi, takimi jak:

- Muzeum Historyczne Miasta Krakowa,
- Muzeum Historii Fotografii,
- Muzeum Lotnictwa Polskiego oraz prywatne zbiory pana Jana Hoffmana.

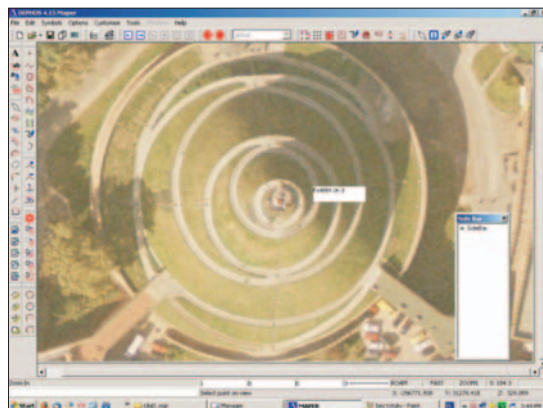
Materiały ze wszystkich placówek zostały udostępnione już jako gotowe skany zdjęć. Zdjęcia pochodzą z różnych okresów i są dziełem wielu autorów. Większość pozyskanych zdjęć została wykonana przez Walerego Rzewuskiego albo Ignacego Kriegera. Mimo początkowych problemów udało się skompletować zdjęcia przedstawiające budynek willi ze wszystkich stron.

4. METODYKA BADAŃ

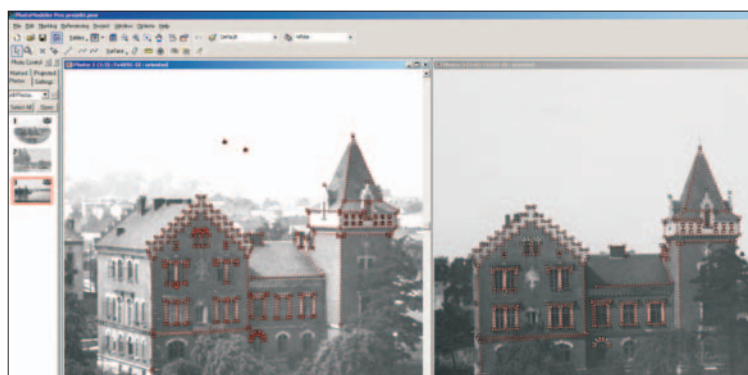
Po skompletowaniu materiałów pozyskanych z różnych miejsc Krakowa wspomnianych w poprzednim rozdziale, przystąpiono to wyboru fotografii, które mogłyby zostać wykorzystane w projekcie. Wyboru dokonano pod kątem możliwości fotopunktów, widocznych na zdjęciu i jednocześnie aktualnie istniejących w terenie. Zdjęcia wykonano amatorskim aparatem cyfrowym, w przybliżeniu z tego samego miejsca, z którego robiono dawne zdjęcie oraz starano się uchwycić podobny kadr. Na tak pozyskanych parach zdjęć szukano punktów homologicznych, najczęściej były to wieże zamku królewskiego, wieże kościołów, obmurowania zamku, fragmenty budynków. Współrzędne wybranych fotopunktów pomierzono na zdjęciach lotniczych przy wykorzystaniu pakietu programu Dephos. Przykład fotopunktu zlokalizowanego na Kopcu Kościuszki pokazano na rysunku 7. W ten sposób pozyskano współrzędne 55 fotopunktów, które posłużyły do odtworzenia elementów orientacji zdjęć archiwalnych wykonanych ze stanowisk naziemnych.

Do tego celu wykorzystano program PhotoModeler. Program ma wszechstronne zastosowanie, wykorzystywany może być również do: rekonstrukcji wypadków, analizowania miejsc zbrodni, w antropologii i archeologii, w architekturze i konserwacji, w filmach i animacjach, w sądownictwie itp. PhotoModeler jest oprogramowaniem bazującym na pomiarze monoskopowym obrazów cyfrowych pochodzących praktycznie z każdego źródła.

Po założeniu projektu w programie PhotoModeler opracowanie zaczynało się od pomiaru fotopunktów (o znanych już współrzędnych) na kolejno wczytywanych zdjęciach. Następnie uruchomiono proces orientowania zdjęć i przeprowadzono trójwymiarową symulację. Po przeprowadzeniu tego procesu na co najmniej dwóch zdjęciach można było przejść do monoskopowego pomiaru punktów danego obiektu. Pozyskano główne elementy krawędziowe budynku oraz wybrane szczegóły elewacji (przykład na Rys. 8). Końcową korektę kształtu obiektu wykonano w programie MicroStation SE, gdzie dokonano również końcowego tekstuowania obiektu.



Rys. 7. Przykład fotopunktu umiejscowionego na Kopcu Kościuszki.



Rys. 8. Przykład pozyskiwania linii wektorowych w programie PhotoModeler.

5. ANALIZA WYNIKÓW OPRACOWANIA

Zasadniczym etapem projektu był pomiar danych oraz obliczenie elementów orientacji wewnętrznej i zewnętrznej zdjęć w programie PhotoModeler. Na rysunku 9 przedstawiono zrzut z ekranu z wynikami orientacji pięciu przykładowych zdjęć, najbardziej reprezentatywnych, na podstawie których najlepiej mierzyło się konstrukcję główną budynku.

Na uwagę zasługuje fakt, że dla środków rzutów dwóch zdjęć (nr 4 i 5) uzyskano zbyt duże wartości współrzędnej Z (Rys. 9, na czerwono), co miało później odzwierciedlenie w dopasowywaniu sąsiednich krawędzi. Autorzy przypuszczają, że wpływ na niektóre mniej dokładne wyniki, mogło mieć rozmieszczenie fotopunktów na zdjęciach, nie zawsze bowiem dało się dobrać je optymalnie, z racji braku odpowiedników na zdjęciu starym i nowym.

Podczas opracowania napotkano na następujące trudności:

- problemy z równomiernym rozłożeniem fotopunktów na zdjęciach; wynikało to z niekorzystnego kadru na zdjęciach (np. połowa zdjęcia to niebo, albo na większej części zdjęcia znajdował się obiekt na którym stwierdzono brak fotopunktów),
- trudności z wyborem fotopunktów, ponieważ przez prawie 90 lat wiele obiektów się pozmiało, część została wyburzona a część przebudowana, czego przykładem jest Wawel. Problem stanowiła także identyfikacja tych samych fotopunktów na zdjęciach naziemnych (archiwalnych) i na zdjęciach lotniczych (do pomiaru w programie Dephos),
- zła geometria rozłożenia fotopunktów na zdjęciu uniemożliwiła programowi przeprowadzenie orientacji zdjęcia albo powodowała niekorzystne wyniki,

Photo #	Description	Center X (m)	Center Y (m)	Center Z (m)	Omega (deg.)	Phi (deg.)	Kappa (deg.)	Oriented	Focal Length (mm)
1	Fs4891-0c	-293605.113561	30939.766426	220.330671	65.792593	82.449225	23.496224	yes	55.896534
2	Fs10975-0c	-293665.264153	30918.981733	211.949215	91.661643	13.644462	-4.320206	yes	46.681628
3	Fs165-0c	-293603.612489	30955.589117	217.452907	56.687826	86.993309	31.865794	yes	65.310535
4	MH1506-N	-293494.151562	31105.91514	283.803552	-85.845513	73.96751	12.620487	yes	30.12356
5	22162	-294125.479099	30801.798527	274.781875	63.544056	-69.504509	-31.265239	yes	40.892774

Rys. 9. Zrzut z ekranu z programu PhotoModeler z wynikami orientacji zewnętrznej pięciu przykładowych zdjęć.

- wygenerowany pierwotny model 3D badanego obiektu (willi) zawsze był w dużej mierze zniekształcony, a zatem w celu estetycznej wizualizacji wymagał manualnej korekty w programie graficznym typu MicroStation,
- niektóre zniekształcenia pierwotnego modelu 3D uniemożliwiały pozyskanie poprawnych tekstur ze zdjęć.

W przypadku kiedy opracowanie ma charakter głównie rekonstrukcji wizualnej, problemy powyższe można rozwiązać dzięki korekcie modelowania w MicroStation. Niemniej jednak w pracach tego typu istotnym elementem jest analiza geometrii rozmieszczenia fotopunktów. Autorzy zdają sobie sprawę, że aby podnieść dokładność opracowania należałoby dokonać szeregu prób optymalizacji rozmieszczenia fotopunktów. Jest to jednak proces trudny, związany właśnie z dużym okresem czasu pomiędzy pozyskanymi zdjęciami, niemniej jednak takie próby zostaną wykonane w kolejnych etapach prac nad tym projektem.

Na rysunkach 10 i 11 przedstawiono przykładową wizualizację zrekonstruowanego obiektu, którym jest nieistniejąca już Willa Rożnowskich w Krakowie, wybudowana w roku 1891.



Rys. 10. Pierwszy pełny wektorowy model 3D obiektu (nieistniejącej Willi Rożnowskich).



Rys. 11. Model 3D obiektu z nałożoną teksturą.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Celem niniejszego artykułu było zaprezentowanie wyników prac mających na celu próbę rekonstrukcji nieistniejącego obiektu architektonicznego. W ramach prac stworzono trójwymiarowy model budynku Willi Rożnowskich na podstawie przedwojennych zdjęć niemetrycznych. Zagadnienie samej rekonstrukcji obiektów nieistniejących miało już swoje pierwsze zastosowania. W prezentowanym tekście autorzy zaprezentowali podejście związane z integracją zdjęć naziemnych i lotniczych. Wyznaczenie fotopunktów niezbędnych do określenia nieznanych elementów orientacji zdjęć było kluczowym problemem z racji dużej różnicy lat dzielących dane archiwalne i aktualne, z których

pozyskiwano dane oraz nieoptymalnym ich rozmieszczeniem na zdjęciach. Wykorzystanie zdjęć lotniczych w celu wyboru dodatkowych fotopunktów poprawiło geometrię rozwiązania. Końcowym efektem pracy była trójwymiarowa wizualizacja prezentowanego obiektu.

Prace tego typu są szczególnie cenne jeśli chodzi o rekonstruowanie obiektów „zapomnianych”, które mają swoją historię zarejestrowaną tylko na starych fotografiach. Dzięki fotogrametrii cyfrowej i zaprezentowanych tutaj procedur, istnieje możliwość odtworzenia trójwymiarowego kształtu takich budynków i dokonania ich wizualizacji. Autorzy widzą również sens w kontynuowaniu prac zwłaszcza pod kątem optymalizacji rozwiązań analitycznych (związanych z określeniem liczby oraz geometrii rozmieszczenia fotopunktów).

Celem tego opracowania było w głównej mierze zrekonstruowanie wyglądu 3D obiektu, natomiast dokładności samego odtworzenia pozostawiono w drugim planie z racji mało optymalnej geometrii sieci zdjęć. Niemniej jednak temat ten będzie kontynuowany w dalszych badaniach.

7. LITERATURA

Tokarczyk R., Brodzińska M., 2003. Fotogrametryczna rekonstrukcja odwachu na rynku w Krakowie na podstawie zdjęć archiwalnych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol.13 B, s. 467-476.

Zawieska D., 2008. Rekonstrukcja 3d obiektów bliskiego zasięgu na podstawie zdjęć archiwalnych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 18 B, s. 717-726.

AN ATTEMPT AT THE PHOTOGRAMMETRIC RECONSTRUCTION OF NO LONGER EXISTING BUILDINGS OF ARCHITECTURAL INTEREST BASED ON A SELECTED EXAMPLE

KEY WORDS: digital image, archive photos, digital photogrammetry, close-range photogrammetry

SUMMARY: The goal of this paper is to present results of work designed to develop technology for the reconstruction of buildings of architectural interest that no longer exist. The paper shows the stages in and results of investigations relating to the photogrammetric reconstruction of a no longer existing building on the basis of pre-war ground and aerial photos with unknown orientation elements. In addition to the creation of a 3D model of a building based on archive non-metric photos, the authors made attempts at obtaining selected details of architectural elements. The subject of the investigations was a villa owned by the Rożnowskis family, located in Kraków, near the Vistula, on a headland close to the Wawel Royal Castle. Both the villa, and the headland on which it had been constructed were flooded by the Vistula in the inter-war period, and at present they no longer exist. The research project utilised photos, which were made with the use of non-metric cameras in the period 1900-1930. Photo points measured on aerial images were later used for the

calibration of these photos using the Dephos program. Calibration and reconstruction were carried out using the PhotoModeler and MicroStation software. The methodology as proposed under that approach consisted of the combination of archival aerial and ground photos, thus making it possible to reconstruct the appearance of selected buildings and to recreate them. This work, carried out thanks to the assistance of the local Museum of Photography in Kraków, will enable a virtual reconstruction of Kraków's „lost” landmarks appearing on photos in the museum's collection. Finally, the technology will allow a wider use of archive photos and a reconstruction of heritage buildings and structures known from historical descriptions, as is the case in the city of Kraków.

dr inż. Sławomir Mikrut
smikrut@agh.edu.pl
telefon: +48 12 6172302
fax: +48 12 6173993

Urszula Dużyńska
hydra@wp.pl
telefon: +48 605308061

* praca wykonana w ramach Badań Statutowych AGH o nr 11.11.150.949

** wersja kolorowa artykułu jest dostępna na stronie <http://www.sgp.geodezja.org.pl/ptfit>