INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/2010, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 65–74
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Bogusława Kwoczyńska

OPRACOWANIE OBIEKTÓW ARCHITEKTONICZNYCH Z WYKORZYSTANIEM METOD STOSOWANYCH W FOTOGRAMETRII CYFROWEJ

ELABORATION OF ARCHITECTURAL OBJECTS USING METHODS OF DIGITAL PHOTOGRAMMETRY

Streszczenie

W publikacji przedstawiono zastosowanie różnych technik stosowanych w fotogrametrii cyfrowej do opracowania obiektów architektonicznych. Do tego celu posłużyły zdjęcia wykonane kamerą niemetryczną oraz semimetryczną, a także zdjęcia lotnicze. Przykładowymi obiektami opracowania były: zabytkowy Dworek w Mydlnikach, Pałac Lubomirskich w Niezdowie oraz część miasta Miechowa. Opracowania wykonane zostały na autografie cyfrowym VSD oraz na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta, a wizualizacji dokonano w programie AutoCad.

Słowa kluczowe: kamera niemetryczna, model bryłowy, model 3D

Summary

The paper presents application of different digital photogrammetry techniques in elaboration of architectural objects. To obtain this aim photos made with non-metric camera, semi-metric camera and also aerial photos were used. As examples following objects were used: monumental Manor House in Mydlniki, Lubomirski Palace in Niezdów and the part of Miechów town. Elaborations were performed on digital autograph VSD and on digital photogrammetric station Delta, and visualization was made in AutoCad program.

Key words: *non-metric camera, solid model, 3D model*

WSTĘP

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.

Ostatnie lata wykazały jak istotną rolę w opracowaniach architektonicznych odgrywa obecnie metoda naziemnego skaningu laserowego. W przypadku, kiedy obiekt architektoniczny jest rozległy, znacznie oddalony od stanowiska pomiarowego, lub dostęp do niego jest utrudniony, skaning laserowy 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 [Kędzierski i in. 2008a].

Modele elewacji i rysunki wektorowe są często wykorzystywane 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 [Kędzierski 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.

DANE ŹRÓDŁOWE DO PRZYKŁADOWYCH OPRACOWAŃ FOTOGRAMETRYCZNYCH

Fotogrametria cyfrowa pozwala na zastosowanie różnorodnych technik pomiarowych do pozyskiwania informacji o obiektach architektonicznych. Efektem takich opracowań mogą być modele szkieletowe i bryłowe pojedynczych obiektów, a także modele 3D całych miast. Przykładowe opracowania bazują na zdjęciach wykonanych niemetryczną kamerą cyfrową – aparatem cyfrowym Canon EOS 300D, kamerą semimetryczną Rolleiflex 6006 metric oraz na zdjęciach lotniczych wykonanych w skali 1:13 000.

Orientacja zdjęć wykonanych lustrzanką cyfrową Canon EOS 300D zbliżona była do przypadku zdjęć normalnych. Długość baz fotografowania wyzna-

czono, mając na uwadze zarówno dokładność opracowania jak i warunki obserwacji stereoskopowej. Łączna ilość punktów kontrolnych rozmieszczonych na wszystkich elewacjach obiektu wynosiła 60. Punkty te stanowiły jednoznaczne do identyfikacji szczegóły i zostały rozmieszczone symetrycznie na każdej elewacji. Współrzędne punktów kontrolnych wyznaczono metodą tachimetrii bezlustrowej i obliczono w jednym wspólnym układzie, co pozwoliło na późniejsze opracowanie numeryczne modelu obiektu [Kwoczyńska, Płaczek 2006]. Zastosowanie kamery niemetrycznej wymagało przeprowadzenia wcześniejszej jej kalibracji w celu uzyskania elementów orientacji wewnętrznej kamery. Do tego celu wykorzystano darmową wersję oprogramowania AeroSys.

Stereogramy zdjęć cyfrowych opracowane zostały przy zastosowaniu autografu cyfrowego VSD. Średnie błędy wpasowania współrzędnych X,Y,Z dla czterech elewacji wyniosły: $m_x = 0{,}018$ m, $m_z = 0{,}016$ m, $m_y = 0{,}055$ m. W wyniku opracowania punktowego na VSD otrzymano punkty w jednolitym układzie odniesienia, stanowiące osnowę informacyjną dla późniejszej wizualizacji obiektu, którym był zabytkowy Dworek w Mydlnikach położony na terenie Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (rys. 1).

Rysunek 1. Dworek w Mydlnikach – elewacja frontowa (źródło własne)
Figure 1. Manor House in Mydlniki – front elevation (source: own elaboration)

Drugim obiektem badań eksperymentalnych był Pałac Lubomirskich w Niezdowie, a dokładniej jego elewacja ogrodowa (rys. 2). Zdjęcia wykonane zostały semimetryczną kamerą Rolleiflex 6006 metric. Aparat zaopatrzony jest w siatkę krzyży reseau (121 krzyży w siatce co 5 mm). Zarejestrowano 3 stereogramy, których orientacja zbliżona była do przypadku zdjęć normalnych.

Skala zdjęć wynosiła ok. 550, przy pokryciu podłużnym 77%. Zdjęcia te poddano skanowaniu z rozdzielczością 7 μm [Kwoczyńska, Bielski 2009].

Rysunek 2. Elewacja ogrodowa Pałacu Lubomirskich
Figure 2. Garden elevation of Lubomirski Palace

Opracowanie zdjęć wykonano na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta firmy Geosystem. W wyniku orientacji wewnętrznej, przeprowadzonej na wybranych krzyżach siatki resaeu, otrzymano średnie wartości V_x = 0,65 [μm] i V_y = 0,77 [μm] świadczące o wysokiej dokładności wpasowania zdjęć.

Błędy szczątkowe orientacji modeli w postaci paralaksy poprzecznej dla wszystkich stereogramów wahały się w granicach p_y = 0,5÷0,6 [μm], a orientacje zostały przeprowadzone na 12 punktach.

Orientacja absolutna opierała się na 19 fotopunktach, które zostały wybrane w miejscach charakterystycznych, łatwych do identyfikacji. Pomiarów geodezyjnych dokonano przy pomocy dalmierza laserowego, dlatego fotopunkty założone zostały w miejscach stosunkowo płaskich, aby odczyt był jednoznaczny. W wyniku orientacji absolutnej otrzymano średnie wartości błędów na fotopunktach m_x = 0,013 m, m_y = 0,009 m i m_z = 0,008 m świadczące o dużej dokładności wpasowania modeli w osnowę fotogrametryczną.

W wyniku wektoryzacji wszystkich detali otrzymano rysunek wektorowy całej elewacji, który poddano dalszej obróbce i opracowaniu w programie AutoCad.

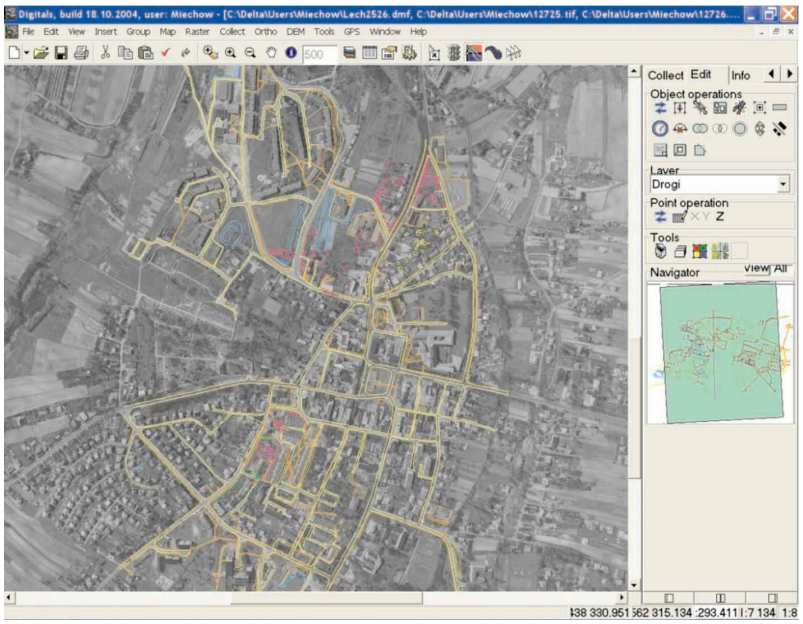
Ostatnim źródłem danych do uproszczonego opracowania obiektów architektonicznych oraz zbudowania trójwymiarowego modelu miasta były panchromatyczne zdjęcia lotnicze Miechowa wykonane w skali 1:13 000. Zdjęcia były zeskanowane z pikselem o rozdzielczości 14 μm.

Zorientowanie stereogramów przeprowadzono na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta firmy GeoSystem z wykorzystaniem modułu Model. W wyniku orientacji wewnętrznej otrzymano średnią wartość $V_x = 6{,}9$ [μm], a $V_y = 5{,}5$ [μm].

Błędy szczątkowe paralaksy poprzecznej (p_y) uzyskane w orientacji wzajemnej dla wszystkich stereogramów były mniejsze od 1,3 [μm]. Orientacje zostały wykonane manualnie i przeprowadzone na 6 punktach.

Orientację absolutną każdego stereogramu wykonano na 4 fotopunktach naturalnych uzyskując średnie wartości błędów na fotopunktach $m_x = \pm 0{,}08$ m, $m_y = \pm 0{,}25$ m i $m_z = \pm 0{,}14$ m [Kwoczyńska i in. 2009].

Numeryczny Model Terenu niezbędny do opracowania modelu 3D miasta Miechowa powstał na podstawie pomiaru wykonanego na stereogramach obejmujących teren mieszczący się w administracyjnej granicy Miechowa. Na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta pomierzone zostały sytuacyjnie i wysokościowo podstawowe elementy infrastruktury (drogi, chodniki, budynki), elementy nieciągłości terenu (skarpy), granice wyłączeń (ciek wodny) oraz zadrzewienia występujące na zadanym obszarze (rys. 3).

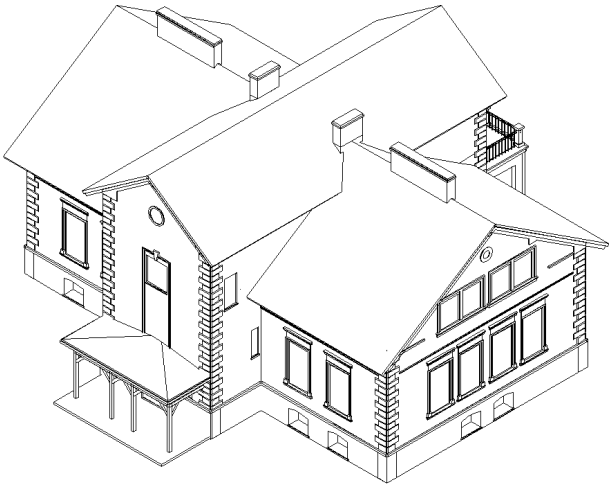


Rysunek 3. Fragment NMT Miechowa (źródło własne)
Figure 3. Part of DTM Miechów (source: own elaboration)

Dane wejściowe do stworzenia brył budynków w programie AutoCad pozyskane zostały podczas pomiaru na fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta. Stanowiły je obrysy budynków w postaci wieloboków osadzonych na wysokości mierzonych elementów (dach budynku). Wynikiem pomiaru dachów budynków była tzw. trójwymiarowa chmura punktów (x,y,z) charakteryzująca ich strukturę. Ściany boczne budynków powstały poprzez automatyczne rozciągnięcie poligonu tworzącego dach do powierzchni Numerycznego Modelu Terenu wykorzystując funkcję Wyciągnij w AutoCadzie. Zbudowane w ten sposób budynki, a wśród nich również Katedra w Miechowie stanowią uproszczony model 3D miasta Miechowa.

PRZYKŁADOWE OPRACOWANIA FOTOGRAMETRYCZNE

W wyniku opracowań fotogrametrycznych sporządzanych na autografach cyfrowych, a także fotogrametrycznych stacjach cyfrowych powstają między innymi mapy wektorowe obiektów architektonicznych, które w dalszej kolejności poddawane są obróbce w programach typu Cad. Umożliwiają one stworzenie modelu szkieletowego (rys. 4) oraz modelu bryłowego (rys. 5) budynku, czego przykładem jest opracowanie Dworku w Mydlnikach. W trakcie modelowania nakładane są tekstury na modele szkieletowe obiektów, stosuje się odpowiednie cieniowanie i oświetlenie oraz dokonuje się renderingu całej sceny. W efekcie końcowym uzyskuje się wizualizacje przestrzenną opracowywanego obiektu.



Rysunek 4. Dworek w Mydlnikach – model szkieletowy
Figure 4. Manor House in Mydlniki – skeleton (wire frame)

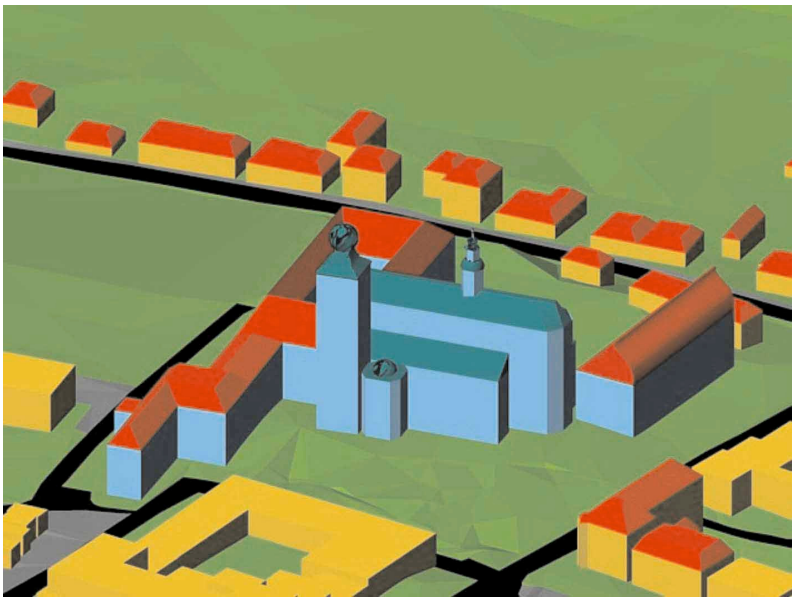
Rysunek 5. Dworek w Mydlnikach – model bryłowy
Figure 5. Manor House in Mydlniki – solid model

Innym przykładem opracowania fotogrametrycznego obiektu architektonicznego jest rysunek wektorowy (rys. 6) np. elewacji ogrodowej pałacu Lubomirskich w Niezdowie. W dalszej kolejności w wyniku obróbki i opracowania w programie AutoCad można sporządzić przybliżony model 3D całego budynku (rys. 7).

Na podstawie zdjęć lotniczych i z wykorzystaniem program AutoCad można uzyskać przybliżone modele budynków (rys. 8) stanowiące następnie model 3D całego miasta. Przykładem jest model 3D Miechowa, w którym poszczególne elementy, takie jak domy, zostały przedstawione w postaci elementarnych brył z pominięciem szczegółów. Ze względu na duży obszar opracowania zrezygnowano z „nakładania" tekstur, zastosowano jedynie różnorodną paletę barw dla każdego typu obiektu. Pozyskiwanie oryginalnych tekstur fasad budynków możliwe jest poprzez wykorzystanie zdjęć niemetrycznych, jak również zdjęć lotniczych i satelitarnych. Efektem końcowym takich opracowań są krótkie filmy, które stanowią wirtualny spacer po cyfrowym mieście np. Miechowie.

Rysunek 6. Rysunek wektorowy elewacji ogrodowej Pałacu Lubomirskich
Figure 6. Garden elevation of Lubomirski Palace – vector picture

Rysunek 7. Przybliżony model 3D całego budynku
Figure 7. Approximate 3D model of the whole building



Rysunek 8. Fragment modelu 3D miasta Miechowa
Figure 8. Part of 3D model of Miechów Town

PODSUMOWANIE

Fotogrametria cyfrowa ma duże możliwości w pozyskiwaniu danych dotyczących obiektów architektonicznych. Wykorzystując postęp technologiczny zarówno w zakresie pozyskiwania i przetwarzania danych przestrzennych rozwija się w kierunku trzeciego wymiaru. Obok dotychczasowych rysunków elewacji, rzutów i przekrojów uzupełnianych rysunkami i zdjęciami detali, pojawiają się opracowania komputerowe modelu obiektu. Coraz popularniejsze są wizualizacje 3D obiektów, które w porównaniu z dwuwymiarowym sposobem przekazu danych odzwierciedlają ludzką percepcję rzeczywistości.

BIBLIOGRAFIA

Kędzierski M., Walczykowski P., Fryśkowska A. *Naziemny skaning laserowy drogowych obiektów inżynierskich*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji vol. 18a, 2008a, s. 211–220.

Kędzierski M., Walczykowski P., Fryśkowska A. *Wybrane aspekty opracowania dokumentacji architektonicznej obiektów zabytkowych*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji vol. 18a, 2008b, s. 221–230.

Kwoczyńska B., Płaczek Ł. *Zastosowanie niemetrycznego aparatu cyfrowego Canon EOS 300D do wizualizacji 3D obiektu architektonicznego*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji vol. 16, 2006, s. 395–402.

Kwoczyńska B., Bielski B. *Wykorzystanie stacji cyfrowej Delta firmy Geosystem do opracowania elewacji Pałacu Lubomirskich w Niezdowie*. Wydawnictwo Narodowego Uniwersytetu Politechniki Lwowskiej Miżwidomczij Naukowo-Technicznij zyrnik: „Geodezija, Kartografija i Aerofotoznimanija" Lwów 2009, s. 218–223.

Kwoczyńska B., Kozik K, Lech K. *Zastosowanie zdjęć lotniczych do tworzenia modelu 3D miasta na przykładzie Miechowa*. 2009, maszynopis.

Bogusława Kwoczyńska
Uniwersytet Rolniczy
Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii
30-198 Kraków, ul. Balicka 253a,
rmkwoczy@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Aleksander Żarnowski*