

**ASPEKTY INTEGRACJI DANYCH FOTOGRAMETRYCZNYCH DLA
GENEROWANIA 3D MODELI WYBRANYCH OBIEKTÓW
PRZESTRZENI MIEJSKIEJ**

**ASPECTS OF PHOTOGRAMMETRIC DATA INTEGRATION FOR
GENERATION 3D MODELS OF THE SELECTED OBJECTS
LOCATED IN THE URBAN SPACE**

Jakub Stefan Markiewicz

Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Politechnika
Warszawska

SŁOWA KLUCZOWE: integracja danych, naziemny skaning laserowy, lotniczy skaning laserowy, terratriangulacja, ArcGIS

STRESZCZENIE: Technologie fotogrametryczne są najczęściej stosowane w dokumentacji i analizie zarówno obiektów przestrzeni miejskiej jak i dziedzictwa kulturowego. Coraz częściej wykorzystywana jest do tych celów nowoczesna technika skanowania laserowego. Mimo zalet posiada swoje ograniczenia, jednak w połączeniu z klasycznym podejściem fotogrametrycznym bazującym na obrazach obie metody wzajemnie się uzupełniają. Niniejszy artykuł prezentuje doświadczenia związane z integracją danych z różnych źródeł fotogrametrycznych przy budowie modelu trójwymiarowego pomnika żołnierzy Armii Czerwonej w Wiedniu. Pierwszy etap pracy polegał na pozyskaniu danych z pułapu naziemnego i lotniczego, które zorientowano i odpowiednio przetworzono. Następnie wykonano właściwą integrację danych w programie ArcGIS. Jednym z głównych celów przeprowadzonych badań było sprawdzenie możliwości wykorzystania różnych źródeł fotogrametrycznych pozyskanych zarówno z platformy lotniczej i naziemnej pod kątem generowania 3D modeli wybranych obiektów zlokalizowanych w przestrzeni miejskiej.

1. WSTĘP

Głównymi założeniami przeprowadzania pomiarów obiektów zabytkowych, oprócz wykonania aktualnej dokumentacji, jest możliwość rekonstrukcji ich kształtu, stanu zachowania bądź kolorystyki powierzchni. Na korzyść wykorzystywania technik fotogrametrycznych przemawia ich bezinwazyjność w strukturę i powierzchnię. Były one od wielu lat stosowane do inwentaryzacji obiektów zabytkowych, jednakże w przeszłości bazowały tylko na analogowych zdjęciach, zwykle wykonywanych ze stanowisk naziemnych, a wyniki były prezentowane w formie graficznej.

Obecnie coraz powszechniej stosowaną formą dokumentacji obiektów architektonicznych jest trójwymiarowy model powierzchni wraz z zapisaną teksturą. Trójwymiarowe modele można podzielić ze względu na ich przeznaczenie na dwie grupy:

do celów inwentaryzacyjnych (charakteryzujące się wysoką dokładnością) oraz wykonywane dla potrzeb wizualizacji (o niższej dokładności). Do ich generowania wykorzystywane są zarówno obrazy cyfrowe jak i powszechnie stosowana technika skaningu laserowego charakteryzująca się dużą gęstością odwzorowywanych punktów (Briess i in. 2005).

Opracowywanie zabytków zlokalizowanych w przestrzeni miejskiej wiąże się z występowaniem wielu niedogodności wynikających z samej natury opracowywanego terenu. Zabytkowe obiekty usytuowane są często w zwartej zabudowie staromiejskiej lub otoczone są bujną roślinnością, co ogranicza możliwość ich obrazowania (Angello, Lo Brutto, 2007). W takim przypadku występuje konieczność integracji danych fotogrametrycznych z platformy lotniczej i naziemnej, dodatkowo uzupełnianej innymi źródłami.

2. GŁÓWNE ZAŁOŻENIA INTEGRACJI DANYCH

Integracja danych z różnych źródeł fotogrametrycznych pozwala na modelowanie i wizualizację trójwymiarowych modeli obiektów architektonicznych oraz ich najbliższego otoczenia. Dodatkowym aspektem wykorzystania różnych źródeł jest możliwość usprawnienia oraz uzupełnienia brakujących danych w przypadku ograniczeń technicznych wykorzystywanego sprzętu (Briese, i in., 2005).

Wykorzystując różne źródła należy mieć na uwadze sposób oraz czas ich pozyskiwania. Ważnym czynnikiem poprzedzającym proces pomiaru jest odpowiednie zaplanowanie wykorzystania każdego ze źródeł oddzielnie, jak i możliwość ich połączenia w jednolity zbiór danych. Podczas planowania metodyki pomiaru i opracowania obiektu należy brać pod uwagę następujące czynniki: możliwą jak najwyższą geometryczną dokładność, zdolność do odwzorowania wszystkich detali, zachowanie efektu realistycznego, uzyskanie niskich kosztów pracy, mobilność wykorzystywanego sprzętu, uniwersalność oprogramowania oraz wydajność stworzonego modelu. Ustalenie priorytetów powyższych czynników wpływa na sposób pozyskiwania danych i ich integrację (El-Hakim, i in., 2005).

Jednym ze sposobów integracji danych jest ich hierarchiczne podzielenie na klasy. Zależy to od szczegółowości odwzorowania detali obiektu oraz dokładności ich pozyskania, np. poprzez wykorzystanie zdjęć lotniczych i naziemnych do stworzenia ogólnych kształtów oraz detali poprzez wykorzystaniu techniki skaningu laserowego (Augilera, i in., 2006).

Ograniczeniem spotykanym podczas integracji danych lotniczych i naziemnych jest problem z jednoczesną ich orientacją wzajemną. Spowodowane jest to specyfiką wykonywanych pomiarów oraz sposobem zapisu danych. W literaturze można spotkać przykład łączenia w procesie orientacji wzajemnej danych z lotniczego skaningu laserowego i zdjęć lotniczych (Anderson, i in., 2011) oraz integracji zdjęć naziemnych z chmurami punktów (Böhn i in., 2007). Czasem integracja wykonywana jest jedynie poprzez wizualizację i łączenie gotowych produktów w zewnętrznych oprogramowaniach niefotogrametrycznych (Anderson, i in., 2011).

Lotniczy skaning laserowy charakteryzuje się pomiarem badanego obszaru poprzez wysyłanie i odbiór wiązki lasera, która najczęściej emitowana jest w bliskiej podczerwieni (Mass, Vosselman, 2010). Taka długość fali umożliwia wykorzystanie go do penetracji, badania i kartowania roślinności oraz obszarów zalesionych. Niesie to za sobą pewne ograniczenia, które powodują widoczną utratę danych np. w braku odbić od powierzchni wody. Dodatkowo w wyniku przeprowadzania skanowania laserowego nie można z pozyskanej chmury punktów uzyskać danych przydatnych do teksturowaniu powierzchni terenu (Krauss, 2007). Dzięki integracji zdjęć lotniczych z danymi z lotniczego skaningu laserowego staje się możliwe tworzenie realistycznych modeli trójwymiarowych powierzchni topograficznej terenu wraz ze znajdującymi się na nim obiektami (Anderson i in., 2011).

Naziemny skaning laserowy cechuje podatność na występowanie martwych pól lub brak informacji o powierzchniach szklanych. Wyeliminowanie ich jest możliwe w dwojaki sposób: poprzez zwiększanie liczby stanowisk skanera (co wiąże się z zwiększeniem kosztów opracowania) lub poprzez dodatkowe uwzględnienie zdjęć naziemnych, pozwalających na eliminację występujących ograniczeń wykorzystywanego sprzętu (Dorning, Briese, 2005; Agnello, Brutto, 2007).

Osobnym zagadnieniem związanym z integracją danych z różnych źródeł jest wspólna georeferencja wszystkich danych. Dotyczy to zarówno przyjęcia zewnętrznego układu odniesienia dla wszystkich danych, jak i wzajemnego dopasowania układów w których określone są dane pozyskane poszczególnymi systemami pomiarowymi. Można to wykonać poprzez transformację każdego ze źródeł danych oddzielenie do przyjętego układu współrzędnych (Anderson, i in., 2011) lub poprzedzić procesem orientacji wzajemnej. Znaczącą trudnością wpływającą na wzajemne łączenie i orientowanie danych są ograniczenia płynące z sposobu i możliwości wykorzystania każdego z systemów pomiarowych. Ta zależność ma wpływ np. na ograniczenia „wyszukiwania” punktów homologicznych lub zbyt małej liczby informacji niezbędnych do prawidłowej orientacji wzajemnej.

3. REKONSTRUKCJA I MODELOWANIE 3D WYBRANEGO OBIEKTU

Badanym obiektem był monument żołnierzy Armii Czerwonej, zlokalizowany w ścisłym centrum Wiednia na placu *Schwarzenbergplatz* (rys. 1). Badany pomnik jest w kształcie półokręgu o promieniu około 120 metrów. Składa się z 26 ośmiokątnych kolumn oraz dwóch dodatkowych prostopadłościennych filarów. W środku półokręgu znajduje się dwunastometrowy posąg żołnierza trzymającego tarczę i chorągiew. Pomnik otoczony jest z trzech stron bujną roślinnością, drzewami liściastymi oraz krzewami. Z tyłu pomnika, w odległości około trzech metrów, znajduje się ogrodzenie z siatki metalowej oraz muru o wysokości około dwóch metrów. Wysokość terenu wokół badanego obiektu nie jest stała, występuje niewielki spadek w kierunku tylniej centralnej części pomnika. Przednia część pomnika jest odsłonięta i całkowicie dostępna, a jedynym ograniczeniem jest dwunastometrowy posąg żołnierza. Niedaleko badanego obiektu znajduje się działająca fontanna.

3.1. Opis wykorzystywanych danych źródłowych

Do rekonstrukcji i modelowania pomnika wykorzystano dane z różnych źródeł charakteryzujące się różną dokładnością.

(1) Dane z pałapu lotniczego

Przestrzenna chmura punktów z lotniczego skaningu laserowego pozyskana z lotniczej platformy Riegl LMS-Q560. Naloty zostały wykonane we latach 2006 – 2007 na wysokości około 500 m, w wyniku czego uzyskano średnio 7 punktów na m². Dodatkowo pozyskano zdjęcie lotnicze z portalu *Vienna GIS*



Rys. 1. Zdjęcie lotnicze pomnika żołnierzy Armii Czerwonej

(2) Dane geodezyjne - osnowa fotogrametryczna

W celu wyznaczenia współrzędnych punktów osnowy fotogrametrycznej wykonano pomiar tachimetryczny, około 100 punktów równomiernie rozmieszczonych na badanym obiekcie. Wykorzystano do tego teodolit Wild T2, który charakteryzował się błędem pomiaru kierunku na poziomie 2 cc. Jako punkty nawiązania posłużyły punkty pomiarzone techniką GPS (*fast-static*). Ze względu na brak możliwości pomiaru odległości do punktów została przyjęta metoda pomiaru umożliwiająca wykonanie przestrzennego wcięcia w przód. W wyniku wyrównania danych uzyskano średni błąd średniokwadratowy położenia punktu w płaszczyźnie poziomej wynoszący około 2 centymetrów a w wysokości około 3 centymetrów

(3) Nazemne zdjęcia cyfrowe i skaningu laserowy

Głównym źródłem danych wykorzystywanym do modelowania trójwymiarowego obiektu architektonicznego były dane pozyskane za pomocą naziemnego skanera laserowego Z+F Imager 5006 oraz amatorskiego aparatu Nikon P90. W wyniku przeprowadzonych prac otrzymano chmury punktów z dziewięciu stanowisk

rozmieszczonych dookoła badanego obiektu oraz zdjęcia, które zostały zorientowane w procesie wieloobrazowej triangulacji przy zastosowaniu pakietu Orient/Orpheus.

3.2. Opracowanie danych pomiarowych

(1) Lotniczy skaning laserowy i lotnicze zdjęcie cyfrowe

Na podstawie danych pozyskanych z lotniczego skaningu laserowego wygenerowany został Numeryczny Model Terenu w przyjętym układzie współrzędnych (MGI Austria GK M34). Oparty jest na sferoidzie Bessl'a 1841; odwzorowanie poprzeczne UTM (*Universal Transverse Mercator*) o południku środkowym $16^{\circ} 20''$ E. Następnie wykonano rektyfikację zdjęcia pozyskanego z portalu mapowego *Vienna GIS* w pakiecie ArcGIS. Zorientowanie danych w jednym przyjętym układzie umożliwiło stworzenie realistycznego 3D modelu otoczenia badanego obiektu, który przedstawiono na rysunku 2.

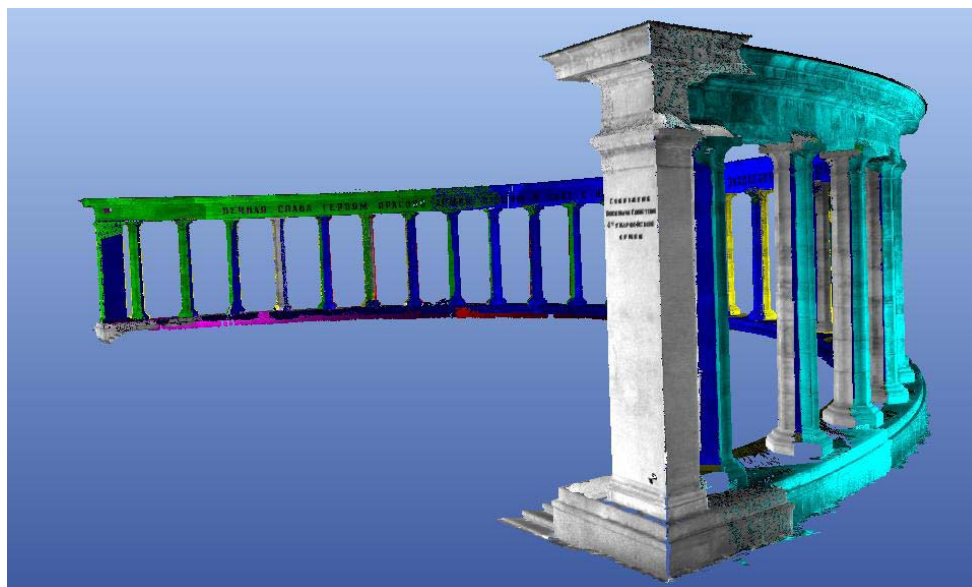


Rys. 2. Numeryczny Model Terenu wraz z naniesioną teksturą

(2) Naziemny skaning laserowy

W celu stworzenia trójwymiarowego modelu pomnika wraz z jego otoczeniem, wykorzystano pozyskane dane z naziemnego i lotniczego skaningu laserowego, które zostały przetworzone i zorientowane w programie Luposcan (rys. 3) względem przyjętego układu współrzędnych. Do opracowywania kolumn wykorzystano chmurę punktów o rozdzielczości około 3 mm, natomiast to górnej części pomnika wykorzystano dane z lotniczego skaningu laserowego. Wygenerowany model 3D został wyeksportowany do formatu *wrl*. Model został wygenerowany w programie Luposcan zarówno w sposób automatyczny jak i półautomatyczny. Ze względu na występujące błędy generowania płaszczyzn zdecydowano się na wykorzystanie do dalszych opracowań jedynie modelu stworzonego w sposób półautomatyczny (rys. 3).

Dodatkowo, w oparciu o dane z naziemnego skaningu laserowego, wygenerowano modele trójwymiarowe obiektów stanowiących otoczenie badanego właściwego obiektu tj. krzewy, drzewa, itp



Rys. 3. Model trójwymiarowy pomnika stworzony w sposób półautomatyczny

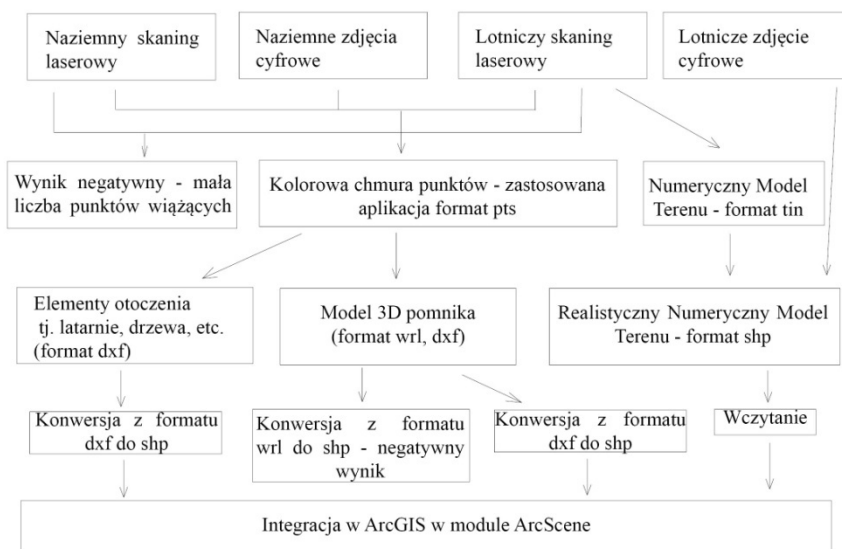
4. INTEGRACJA DANYCH Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ FOTOGRAMETRYCZNYCH

Proces integracji danych pozyskanych z różnych źródeł został wykonany w oparciu o schemat zaproponowany przez Andersona (Anderson i In, 2011).

W pierwszym etapie integracji wykonano próbę połączenia danych z lotniczego skaningu laserowego z danymi z naziemnego skaningu laserowego. Jako wspólne płaszczyzny dopasowania chmur punktów posiadających georeferencję wybrano filary stanowiące. Niestety ze względu na zbyt małą liczbę punktów (po 2, 3 punkty na fragmencie filaru) zarejestrowanych z lotniczego skaningu laserowego nie była możliwa orientacja wzajemna tych danych.

W kolejnym etapie wykonano próbę integracji danych z naziemnego skaningu laserowego ze zdjęciami wykonanymi amatorską kamerą cyfrową. W tym celu został stworzony prototyp autorskiej aplikacji umożliwiającej automatyczne kolorowanie chmury punktów. Jej działanie opierało się na zorientowanych wcześniej obrazach cyfrowych oraz chmurach punktów posiadających georeferencję. Jako dane wejściowe zostały wykorzystane zdjęcia, które powinny być wykonywane w przybliżeniu równoległe do fragmentu badanego obiektu oraz w miarę możliwości nie powinny na nich występować zbyt duże fragmenty, na których nie odwzorowano obiektu. W pierwszym etapie algorytm wstępnie filtrował chmurę punktów w celu eliminacji tych punktów, które nie odnosiły się do powierzchni zarejestrowanych na zdjęciu. W kolejnym kroku algorytm wyszukiwał

najbliższych czterech pikseli (obrazu cyfrowego) posiadające współrzędne w układzie terenowym, względem danych pozyskanych za pomocą naziemnego skaningu laserowego. Nowa wartość koloru obliczana była na podstawie metody bilinearnej. Pokolorowane chmury punktów zapisano w formacie *pts*. Pozwoliło to na wykonanie modelu w barwach rzeczywistych i zastąpienie procesu tekstuowania badanego pomnika.



Rys. 4. Schemat procesu przygotowania danych pomiarowych i ich integracji

Końcowa integracja danych została wykonana w pakiecie ArcGIS w module ArcScene umożliwiającą wyświetlanie i zarządzanie danymi trójwymiarowymi. Na rysunku 4 został przedstawiony schemat wykorzystanych danych oraz ich kolejnych kroków przetwarzania. Podczas wczytywania plików zapisanych w różnych formatach *wrl* wystąpiły problemy z konwersją do wewnętrznego formatu *shp*. Aplikacja nie była w stanie poprawnie przetworzyć centymetrowej siatki TIN co spowodowało negatywny efekt tj. „kwadratowy” kształt kolumn. Rozwiązaniem tego problemu był import danych zapisanych w formacie *dxf*. Mniejsze obiekty takie jak drzewa, krzewy, etc. zostały zapisane w formacie CAD co umożliwiło bezpośrednie wczytanie ich do pakietu ArcScene. Ze względu na fakt, iż NMT został wykonany za pomocą pakietu ArcGIS możliwe było jego bezpośrednie wczytanie bez konieczności przeprowadzania konwersji danych.

Szczegółowy opis wykonywanych integracji przedstawiono w pracy Markiewicza (2011). Na rysunku 5 został przedstawiony wynik ostatecznej integracji danych.



Rys. 5. Wizualizacja stworzonego modelu trójwymiarowego Pomnika Żołnierzy Armii Czerwonej wraz z otoczeniem

4.1. Ocena dokładności i możliwości zastosowania różnych źródeł danych

Ocena dokładności przeprowadzonego procesu modelowania została wykonana w dwóch etapach. W pierwszym skupiono się na zbadaniu dokładności przetwarzania danych surowych pomiarowych, natomiast w drugiej zbadano wpływ integracji danych na modelowanie obiektu pakiecie ArcGIS.

Na początku przeprowadzono ocenę wpływu orientacji zewnętrznej poszczególnych skanów na spójność oraz transformację do układu zewnętrznego. Do orientacji skanów, wykonanych z różnych stanowisk, wykorzystano technikę *Target based-registration* (Mass, Vosselman, 2010; Dal Piaz, i in. 2011), dzięki której uzyskano średni błąd orientacji wzajemnej równy 2.6 mm a dla orientacji zewnętrznej 15 mm. Taką dokładność orientacji można uznać za poprawną, gdyż chmury punktów zostały wykonane z rozdzielczością 3 mm.

Na etapie analizy danych z lotniczego skaningu laserowego sprawdzono różnice pomiędzy Numerycznymi Modelami Pokrycia Terenu stworzonymi na podstawie każdego z szeregów. W wyniku tego uzyskano różnice wysokościowe pomiędzy każdymi parami szeregów, mieszczące się w przedziale 0 - 2 cm, co można było traktować jako dokładność orientacji wzajemnej.

W wyniku terratriangulacji sieci zdjęć wykonanych aparatem niemetrycznym uzyskano typowy błąd położenia środków rzutów, który wyniósł około 3 cm.

Kolejnym etapem analizy dokładności było wczytanie wszystkich zbiorów danych tj. zdjęć, pomiarów z naziemnego skaningu laserowego, punktów mierzonych przy pomocy tachimetru i pokazane ich wpływu na możliwości modelowania trójwymiarowego. Posłużyły do tego numeryczne modele propagacji błędów względem współrzędnej X, Y oraz Z, dzięki którym można było określić dokładność z jaką zostały odwzorowane badane fragmenty obiektu. W wyniku przeprowadzonych analiz błęd wyznaczenia (ze wszystkich źródeł danych) położenia względem współrzędnej:

- X zawierał się w przedziale 0.020 do 0.153 m,
- Y zawierał się w przedziale 0.020 do 0.146 m,
- Z zawierał się w przedziale 0.030 do 0.105 m.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

W wyniku przeprowadzonego projektu można wyciągnąć następujące wnioski dotyczące wykorzystania różnych źródeł danych (źródłowych), sposobu ich integracji oraz uzyskiwanych dokładności:

(1). Integracja danych z różnych źródeł fotogrametrycznych ma na celu usprawnienie oraz uzupełnienie braku danych w celu uzyskania kompletnego modelu trójwymiarowego.

(2). Wykorzystywanie różnych źródeł danych jest stosowane w przypadku potrzeby uzyskania szczegółowych i precyzyjnych modeli trójwymiarowych np. do przeprowadzania analiz związanych z badaniem kształtu, zależności geometrycznych bądź usytuowania w przestrzeni trójwymiarowej.

(3). Integracja danych związana jest z doбором odpowiedniego oprogramowania, sprzętu komputerowego oraz wiedzą o możliwościach wykorzystania każdego ze źródeł danych

w celu stworzenia jednorodnego produktu fotogrametrycznego. Nie istnieje jedno uniwersalne oprogramowanie umożliwiające połączenie w całość różnych źródeł danych. Problemy pojawiają się w przypadku eksportu oraz importu danych. Spowodowane jest to niekompatybilnością formatów zapisu plików stosowaną przez wiodących producentów oprogramowania GIS, CAD oraz fotogrametrycznego.

(4). Wykorzystanie oprogramowania GIS umożliwia zarządzanie i przetwarzanie danych z różnych źródeł fotogrametrycznych. Dodatkowo, dzięki tworzeniu baz danych o obiekcie, możliwe jest przeprowadzanie analiz, które pozwalają na podejmowanie decyzji np. dotyczących ponownego opracowania fragmentu obiektu. Inną zaletą wykorzystania pakietów np. ArcGIS jest możliwość prezentacji oraz wizualizacji trójwymiarowej.

(5). W przyszłości, prace w kierunku integracji danych z różnych źródeł fotogrametrycznych powinny prowadzić do rozwinięcia, usystematyzowania i ujednoczenia zapisu danych. Pozwoliłoby to na uniknięcie procesów łączenia, transformacji i konwersji danych oraz wyeliminowania błędów podczas każdego z etapów przystosowania danych.

6. LITERATURA

- Agnello, F., Lo Brutto, M. (2007). *Integrated surveying techniques in cultural heritage documentation*. ISPRS Archives Volume XXXVI-5/W47, 2007.
- Aguilera, D., Lahoz, J., Finat, J., Martinez, J., Fernandez, J., San Josem J. (2006). *Terrestrial laser Canning and low-cost aerial photogrammetry in the archeological modeling of a Jewish tanneries*. ISPRS Commission V Symposium "Image Engineering and Vision Metrology", Dresden, 25-27.X.2006.
- Berladin J.A., Picard M., El-Hakim J., Godin G., Bandiera A., and Latouche D. (2003), *Virtualizing a Byzantine crypt by combining high-resolution textures with laser scanner 3D data*. In Proc. VMMS 202, pages 3-14, 202.
- Briese, Ch., Pfeifer, N., Haring, A.(2003). *Laserscanning and photogrammetry for the modeling of the statue Marc Anton*. International CIPA Symposium, Antalya, 30.IX-04.X.2003.
- Böhm, J., Becker, S., Halla, N.(2007), *Model refinement by integrated processing of laser scanning and photogrammetry*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol. XXXVI-5/W47.
- Dal Piaz, V., Guarnier, A., Pirtti, F., Vettore, A. (2011). *Stability control of an historical structure with TLS survey*.
- Kaczmarczyk, M., Kowalczyk, M. (2006). *Odtworzenie przestrzennego kształtu powierzchni niewielkiego obiektu architektonicznego na podstawie niometrycznych zdjęć cyfrowych*. Warszawa: Archiwum Fotogrametrii, Kartografii.
- Kraus, K. (2007). *Photogrammetry, Vol.1, Fundamentals and Standard Processes*. Bonn: Dümmlers.
- Markiewicz J., (2011) Praca magisterska: *Integracja danych z różnych źródeł fotogrametrycznych przy budowie modelu 3D obiektu.*, Warszawa, Politechnika Warszawska.
- Nettley, A., Anderson, K., DeSilvey, C., Caseldine, C. (2011). *Using terrestrial laser scanning and lidar data for photo-realistic visualization of climate impacts at heritage sites*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol. XXXVIII-5/W16.
- Vosselman, G., Mass, H. (2010). *Airbone and Terrestrial Laser Scanning*. Dunbeath: Whittles Publishing.

ASPECTS OF PHOTOGRAMMETRIC DATA INTEGRATION FOR GENERATION 3D MODELS OF THE SELECTED OBJECTS LOCATED IN THE URBAN SPACE

KEY WORDS: data integration, terrestrial laser scanning, airborne laser scanning, bundle adjustment, ArcGIS

Summary

Photogrammetry is the most common method which is used to document and analyze the historic buildings and cultural heritage. However terrestrial laser scanning method is becoming more often use in this purpose. Although many advantages the terrestrial laser scanning method has some limitations which in combination with the classical photogrammetric approaches makes this both

methods complementary. This paper present the experience related to the process of photogrammetric data integration for creation of 3D model Red Army monument located in Vienna. The process included two steps. The first one consisted of data acquisition, retrieved with classical geodetic technique, both airborne and terrestrial laser scanning and ground-based images. Through pre-processing and orientation it was possible to verify data accuracy and to prepare it for further processing. The second step referred to combination and visualization of all data in the ArcGIS. The main purpose of this study was to verify the possibility of using different data sources to generate 3D models of selected objects located in urban space.

Dane autora:

Mgr inż. Jakub Stefan Markiewicz
e-mail: markub124@wp.pl
telefon: 603 622 957