

NISKOBUDŻETOWA DIGITALIZACJA OBIEKTÓW ARCHITEKTONICZNYCH: OD DRONA DO MODELU BIM

Julia Gonet, Alicja Pijewska, Anna Stepaniak

Studenckie Koło Naukowe BIM - Projektowania Numerycznego Struktury Architektonicznych

Streszczenie

Praca koncentruje się na niskobudżetowej digitalizacji obiektów architektonicznych z wykorzystaniem dronów i fotogrametrii. Temat opracowania skupia się na procesie tworzenia modelu BIM w oparciu o zdjęcia lotnicze oraz porównaniu dokładności różnych metod pomiarowych. Posługując się dronem wykonano serię zdjęć Muzeum Archeologicznego w Krakowie, a następnie wygenerowano chmurę punktów w programie RealityCapture oraz utworzono model 3D w Revicie.

Oprogramowanie RealityCapture umożliwiło automatyczne przetworzenie zdjęć z drona na precyzyjną chmurę punktów, natomiast Revit pozwolił na stworzenie dokładnego modelu architektonicznego. Uwzględniono wszystkie elementy elewacji budynku, włączając okna, drzwi, boniowania oraz detale architektoniczne. Praca została podzielona na pięć etapów: 1) zdjęcia z drona, 2) przetwarzanie w RealityCapture, 3) eksport chmury punktów i import do Revita, 4) modelowanie inwentaryzacji w Revit, 5) porównanie wymiarów z pomiarów tradycyjnych, z chmury punktów oraz z modelu BIM.

WPROWADZENIE

Fotogrametria i dokumentacja cyfrowa są obecnie dynamicznie rozwijającymi się technologiami w obszarze inwentaryzacji architektonicznej. Oferują one nowatorskie możliwości dokumentowania obiektów zabytkowych, zapewniając szybkie tworzenie precyzyjnych modeli cyfrowych. Modele te ułatwiają analizę przestrzeni oraz skuteczną komunikację między wszystkimi uczestnikami procesu projektowego.

Niskobudżetowe podejście z wykorzystaniem dronów rewolucjonizuje tradycyjne metody inwentaryzacji. Przyspiesza proces tworzenia modeli BIM przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej dokładności pomiarowej. Technologia ta demokratyzuje dostęp do zaawansowanych narzędzi dokumentacji, umożliwiając mniejszym pracowniom i instytucjom kulturalnym prowadzenie profesjonalnej inwentaryzacji przy ograniczonych środkach finansowych.

Dron

Wykonanie zdjęć dronem dla celów fotogrametrycznych wymaga posiadania odpowiednich uprawnień lotniczych. W Polsce latanie dronem regulują przepisy europejskie, które dzielą operacje na kategorie. Dla potrzeb dokumentacji architektonicznej najbardziej odpowiednie są uprawnienia kategorii otwartej w podkategorii A1/A3. Uprawnienia A1/A3 można zdobyć bezpłatnie poprzez szkolenie i egzamin online na platformie drony.gov.pl. Proces ten jest prosty i zajmuje około 2 godzin. Uprawnienia te pozwalają na loty dronami o masie do 250g, jednak z pewnymi ograniczeniami dotyczącymi odległości od osób i budynków.

Podczas wykonywania zdjęć obiektu architektonicznego należy pamiętać o przestrzeganiu zasad bezpieczeństwa - utrzymywaniu odpowiedniej odległości od osób postronnych i zabudowań. Przed lotem konieczne jest również zarejestrowanie się jako operator drona i oznaczenie urządzenia numerem rejestracyjnym. Dla uzyskania wysokiej jakości chmury punktów kluczowe jest wykonanie zdjęć pod różnymi kątami, zapewniając odpowiednie pokrycie fotografowanego obiektu ze wszystkich stron. Warunki pogodowe mają znaczący wpływ na końcowy rezultat - najlepsze efekty osiąga się przy bezchmurnym niebie z równomiernym, rozproszonym światłem. Ostre cienie, silny wiatr czy niekorzystne warunki oświetleniowe mogą znacząco obniżyć jakość wygenerowanej chmury punktów, utrudniając późniejsze modelowanie w programie do BIM.

Przetwarzanie w Reality Capture

RealityCapture to wydajne, darmowe oprogramowanie fotogrametryczne pozwalające przekształcić zdjęcia z drona w wysokiej jakości modele 3D. Proces przetwarzania obejmuje kilka kluczowych etapów:

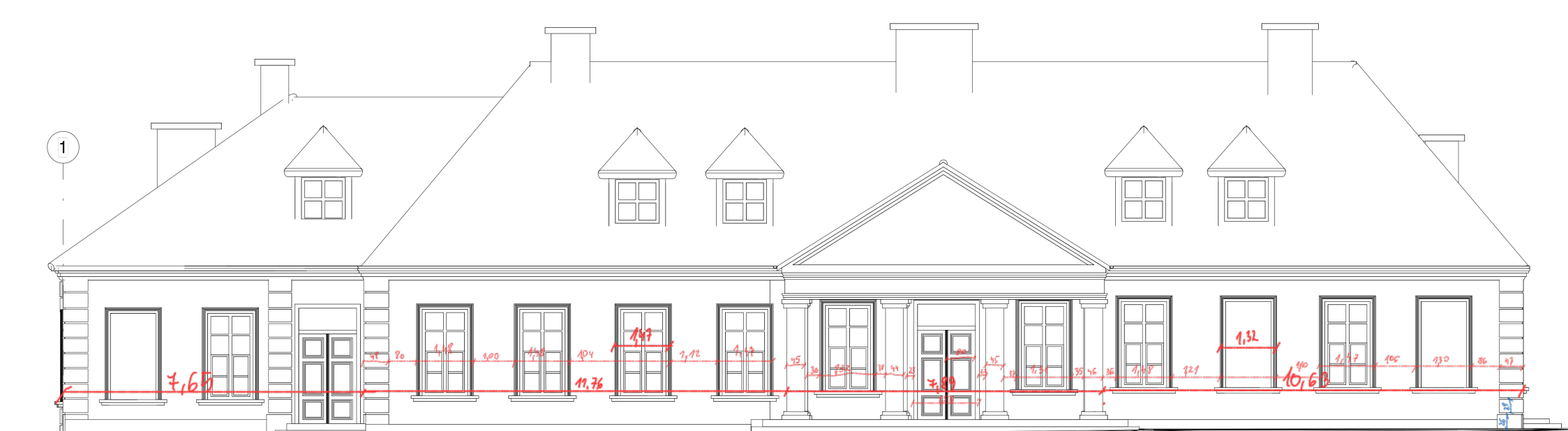
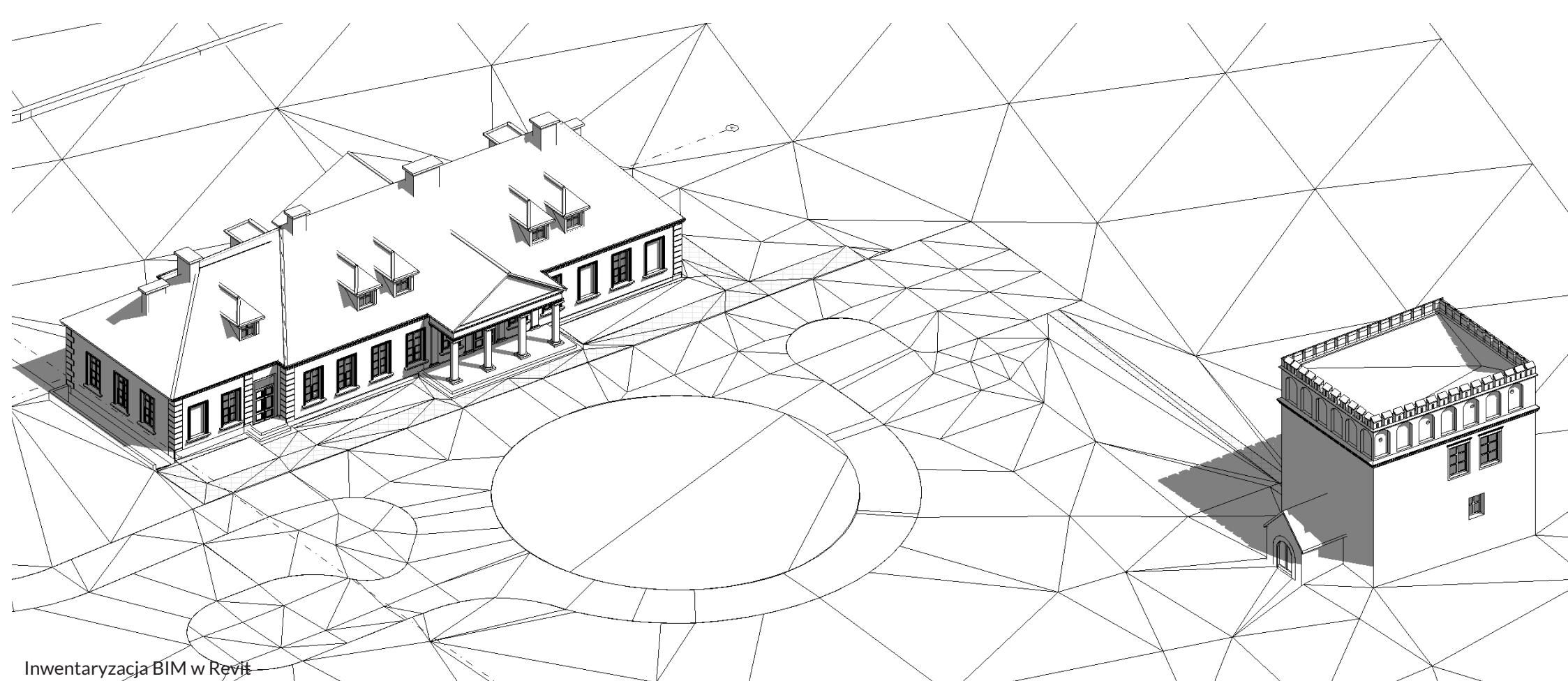
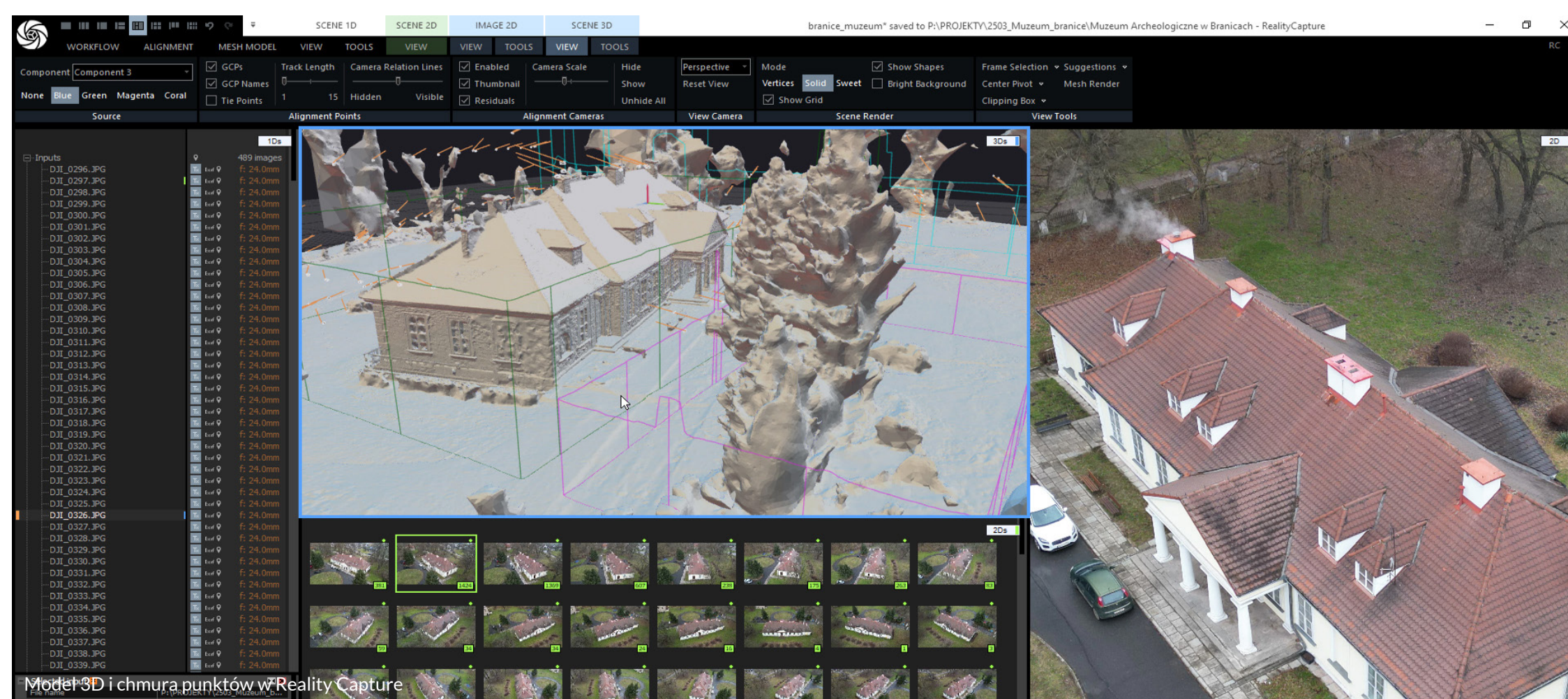
- Import danych - załadowanie zdjęć wykonanych dronem do programu, z zachowaniem metadanych zawierających informacje o pozycji GPS i orientacji kamery.

- Wyrównanie zdjęć - program automatycznie identyfikuje punkty charakterystyczne na nakładających się fotografiach i oblicza dokładne pozycje każdego zdjęcia w przestrzeni 3D, tworząc rzadką chmurę punktów.
- Generowanie gęstej chmury punktów - na podstawie wyrównanych zdjęć algorytmy fotogrametryczne tworzą szczegółową reprezentację obiektu składającą się z milionów punktów z precyzyjnymi współrzędnymi XYZ i informacją o kolorze.
- Tworzenie siatki (mesh) - przekształcenie chmury punktów w trójwymiarową siatkę poligonów reprezentującą powierzchnię obiektu, z możliwością decimacji (redukcji liczby poligonów) dla optymalizacji modelu.
- Teksturowanie - nałożenie tekstur z oryginalnych zdjęć na model mesh dla realistycznego odwzorowania wyglądu obiektu.
- Eksport danych - zapisanie chmury punktów w formacie .e57 umożliwiającym import do oprogramowania BIM lub wyeksportowanie modelu mesh do formatu odpowiedniego dla dalszej obróbki.

RealityCapture wyróżnia się szybkością przetwarzania i wysoką precyzją rekonstrukcji, co czyni go idealnym rozwiązaniem dla niskobudżetowej dokumentacji architektonicznej.

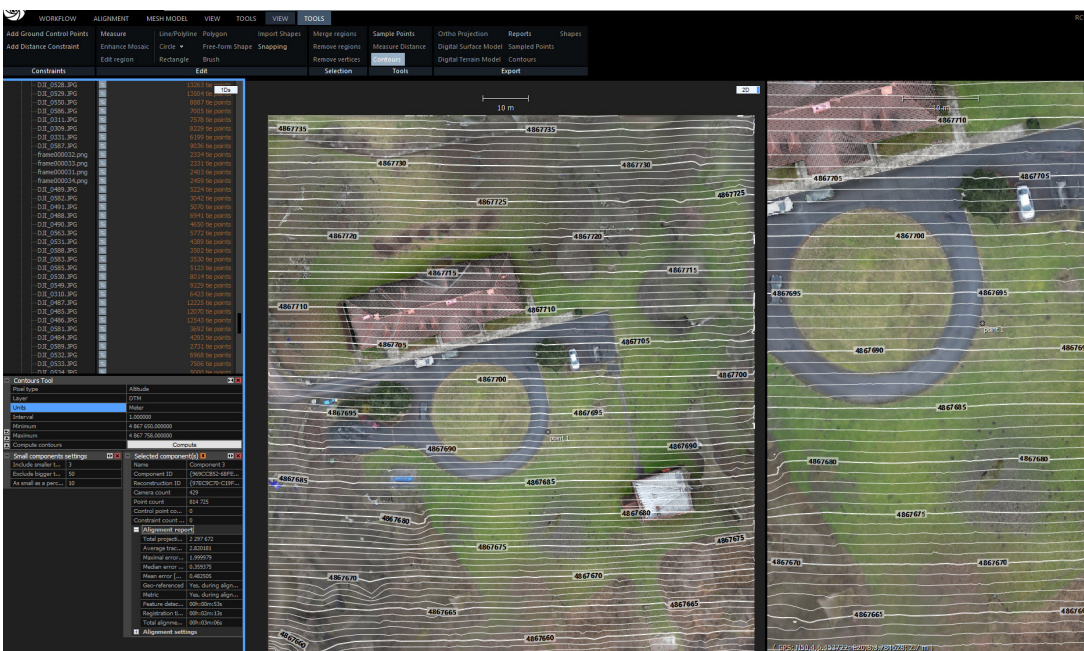
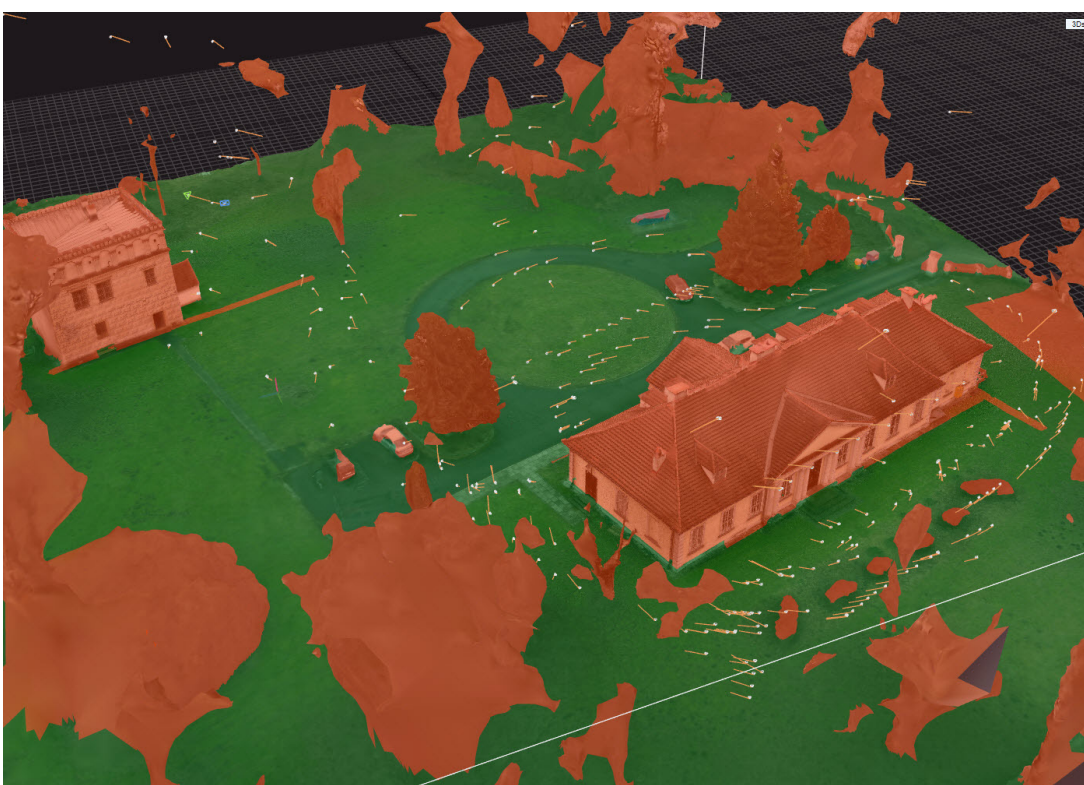
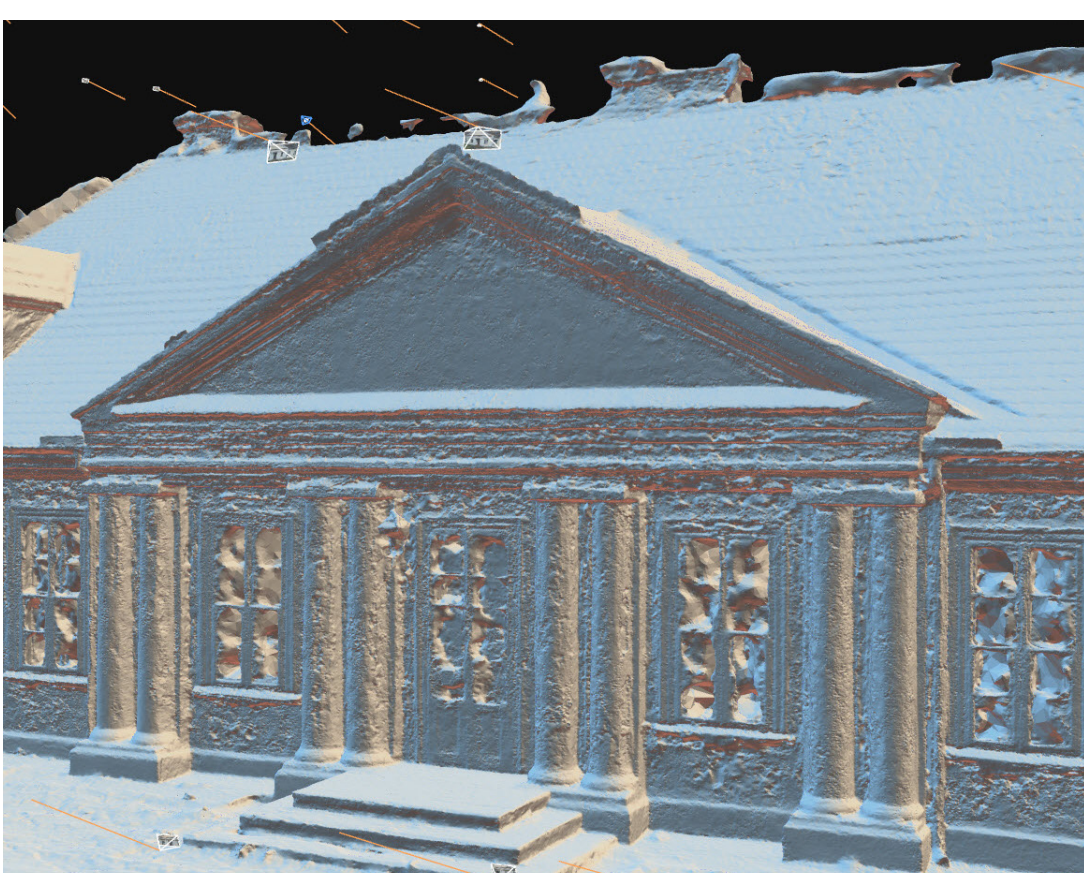
Eksport chmury punktów

RealityCapture pozwala eksportować wygenerowane chmury punktów w różnych formatach kompatybilnych z narzędziami BIM. Format .e57 stanowi uniwersalny standard branżowy, zachowujący geometrię i informacje o kolorze. Formaty .las i jego skompresowana wersja .laz są popularne w zastosowaniach LiDAR, oferując dobry kompromis między jakością a rozmiarem pliku. Dla bezpośredniej współpracy z Revit najwaźniejsze są formaty Autodesk: .rcs (pojedyncza chmura punktów) oraz .rcp (projekt zawierający wiele chmur). Format .rcp można otworzyć bezpośred-



Summary

The work focuses on low-budget digitalization of architectural objects using drones and photogrammetry. The subject of the study concentrates on the process of creating a BIM model based on aerial photographs and comparing the accuracy of different measurement methods. Using a drone, a series of photographs of the Archaeological Museum in Krakow was taken, followed by generating a point cloud in RealityCapture software and creating a 3D model in Revit. RealityCapture software enabled automatic processing of drone images into a precise point cloud, while Revit allowed for the creation of an accurate architectural model. All elements of the building's elevation were included, encompassing windows, doors, rustication, and architectural details. The work was divided into five stages: 1) drone photography, 2) processing in RealityCapture, 3) exporting point cloud and importing to Revit, 4) inventory modeling in Revit, 5) comparison of dimensions from traditional measurements, point cloud, and BIM model.



nio w Revit, co umożliwia wykorzystanie danych jako referencji przy tworzeniu precyzyjnego modelu BIM budynku.

Modelowanie na chmurze punktów

W Revit zaimportowaną chmurę punktów wykorzystuje się jako precyzyjną referencję do tworzenia modelu BIM. Projektant rysuje ściany, okna, drzwi i inne elementy architektoniczne bezpośrednio na chmurze, dopasowując je do rzeczywistej geometrii obiektu. Proces ten wymaga interpretacji danych oraz decyzji modelarskich dotyczących stopnia szczegółowości i dokładności odwzorowania.

Podsumowanie

Porównanie wymiarów uzyskanych różnymi metodami pomiarowymi wykazało bardzo małe różnice między tradycyjnymi technikami (taśma, dalmierz) a metodami cyfrowymi (chmura punktów, model BIM). Różnice wynoszą zaledwie kilka centymetrów, co potwierdza wysoką dokładność niskobudżetowej digitalizacji. Fotogrametria dronem w połączeniu z odpowiednim oprogramowaniem stanowi więc efektywną alternatywę dla kosztownych technologii skanowania, oferując zbliżoną precyzję przy znacząco niższych nakładach czasowych i finansowych.

Literatura

- [1] Cieplucha W., Zima K. R., i Burek K., „Application of BIM systems in intelligent design – process and cost”, Structure and Environment, t. 17, Art. nr 1, 2025, doi: 10.30540/sae-2025-002.
- [2] Radziejowska A., Cieplucha W., i Majta M., „BIM model for the operational phase based on available documentation”, Archives of Civil Engineering, t. 71, Art. nr 1, 2025, doi: 10.24425/ace.2025.153338.
- [3] Radziejowska A., Cieplucha W., i Majta M., „Pilot implementation of a digital building model for operational management”, Archives of Civil Engineering, t. 71, Art. nr 1, 2025, doi: 10.24425/ace.2025.153339.
- [4] Borkowski A. S., „Propeutyka BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym”. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2024.

SKN BIM - Projektowania Numerycznego Struktury Architektonicznych
Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki
Katedra Projektowania Architektonicznego A-6
Opiekun: dr inż. arch. Wojciech Cieplucha
Honorowi goście: Marcin Majta (NDI S.A.), Kinga Wielgus (NDI S.A.)

