

Geodezyjna inwentaryzacja Zamku Czocho na Dolnym Śląsku

Pięknie i precyzyjnie

Inwentaryzacja zabytku może nie tylko przysłużyć się jego ochronie, ale także być okazją do przetestowania nowych technologii pomiarowych, zacieśnienia współpracy między firmami, a nawet odkrycia historycznych tajemnic!

Jerzy Królikowski

Choć na łamach GEODETY opisaliśmy wiele projektów polegających na pomiarze zabytków, to przedsięwzięcie zrealizowane na Zamku Czocho

jest wyjątkowe pod wieloma względami. Wrażenie robi już sam obiekt badań – nie tylko jego rozmiary i skomplikowana bryła, ale także ciekawa historia. Projekt wyróżnia również zaangażowanie sporej liczby sprzętu i firm oraz połączenie różnych technologii pomiarowych. A nie-



wykluczone, że najciekawszą rzeczą w całym przedsięwzięciu będą odkrycia, jakich uda się dokonać dzięki analizie ogromnej ilości zebranych danych.

• Pro bono na tropie tajemnic

Pomiar Zamku Czocho to tylko jeden z przykładów (choć z pewnością najciekawszy) wieloletniej współpracy wrocławskiej firmy geodezyjnej WROGEO i miesięcznika „Odkrywca”. Czasopismo to zajmuje się nie tylko opisywaniem rozmaitych odkryć, ale w ramach własnej grupy eksploracyjnej GEMO samo podąża tropem historycznych tajemnic, prowadząc wykopiska archeologiczne czy różnego rodzaju badania nieinwazyjne.

W 2013 r., po ogłoszeniu jednego z odkryć, działalnością grupy zainteresował się Marek Jędrzejczak z WROGEO. – W tamtym czasie już od dwóch lat posiadaliśmy skaner. To okres, w którym można nabrać sporego doświadczenia w wykorzystaniu tej technologii. Po informacjach prasowych o odkryciu GEMO uznaliśmy, że stanowiłaby ona duże wsparcie w tego typu badaniach. Tym bar-



Pracownicy Overhead4d i CityMind wykonują naloty dronami. Obok przedstawiciel „Odkrywcy”



Zdjęcia lotnicze zamku wykonano przy użyciu wirnikowca DJI Matrice 600

dziej że u nas, na Dolnym Śląsku, o historyczne tajemnice ocieramy się, można by rzec, codziennie. Wyszliśmy więc z propozycją bezpłatnego wsparcia GEMO w zakresie pomiarów geodezyjnych – wspomina. Pierwsze owoce tej współpracy zebrano jeszcze tego samego roku, realizując dwa projekty w Górach Sowich, tj. skanowanie sztolni w masywach Sobonia i Gontowej. W obu przypadkach skaninę zapewnił wymierne korzyści. – Wyniki pomiarów Gontowej pozwoliły całkowicie zmienić kierunek działań eksploracyjnych. Wykazały bowiem, że ubytek w stropie to efekt zawалу, a nie pozostałość po jakimś nieznanym korytarzu. Kilka miesięcy temu podziemny chodnik w masywie Gontowej uległ zawaleniu, a sztolnia na Soboniu została planowo odcięta. Dziś obydwie obiekty są więc dostępne jedynie w chmurze punktów – mówi Łukasz Orlicki z GEMO.

W ramach dalszej współpracy zeskanowano pałac w Jedlince oraz zamki w Urazie i Grodnie. W niektórych projektach posiłkowano się także danymi z lotniczego skanowania kraju. – Początkowo

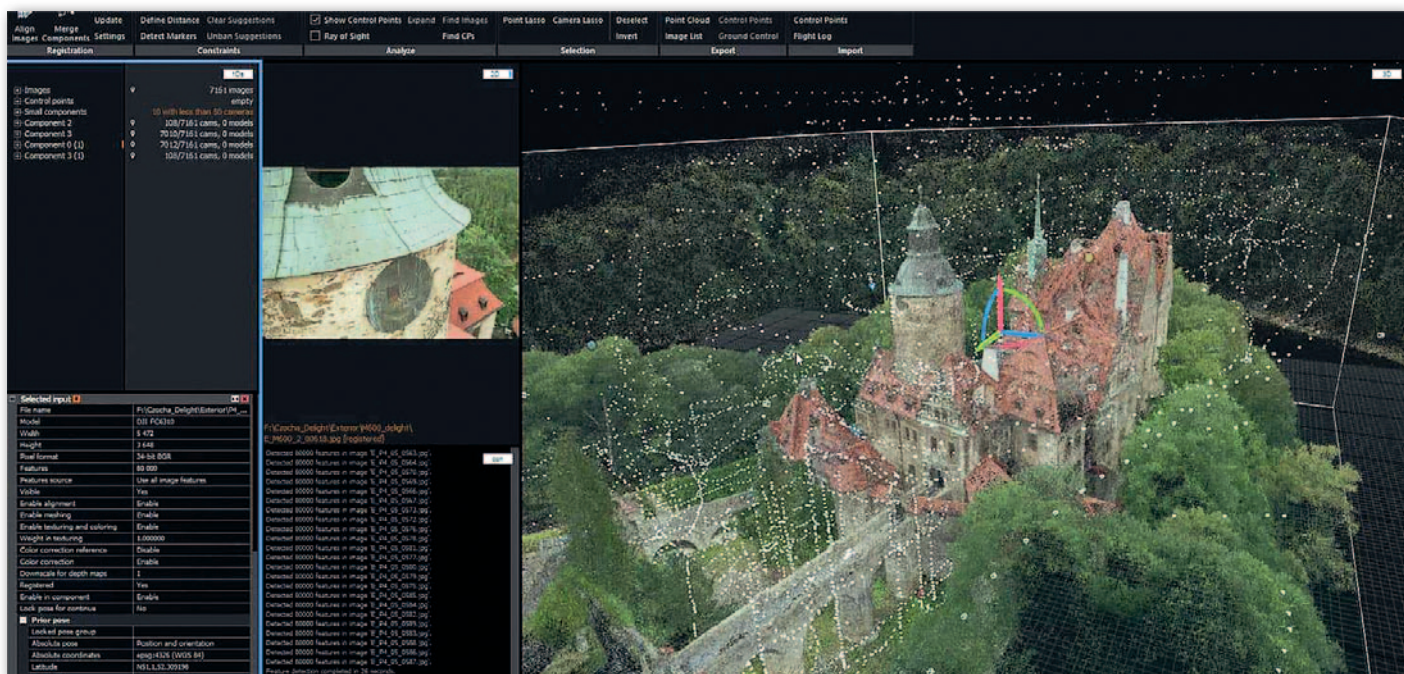
w środowisku eksploratorów technologii te budziły sensację, ale m.in. dzięki naszym wspólnym projektom obecnie są standardowym narzędziem badań – podkreśla Marek Jędrzejczak. Wtórnie mu Łukasz Orlicki, który zauważa, że dziś zdecydowana większość sudeckich sztolni jest już zeskanowana.

• Sześciu może więcej

Współpraca, choć udana, rodziła poczucie niedosytu. Pomysłów na kolejne, bardziej ambitne badania nie brakowało – jednym z nich był właśnie Zamek Czocha. Problem stanowiły jednak ograniczone możliwości realizowania przez WROGEO projektów non-profit przy rosnącym apetycie ze strony GEMO. Swoje wsparcie zaoferowała wówczas firma FARO Technologies Polska, która szukała okazji do pozyskania ciekawych danych do celów marketingowych i promocyjnych. – Naszym pierwszym wspólnym projektem był skaninę sztolni w Złotym Stoku, który pomógł odnaleźć dawno zasypane wyjście z kopalni. Współpraca była na tyle udana, że padła propozycja

Od warowni do hotelu

Zamek Czocha to architektoniczna perełka Dolnego Śląska, malowniczo położona na Pogórzu Izerskim nad rzeką Kwisą. Obiekt powstał w XIII wieku z rozkazu króla czeskiego Wacława I Przemysłydy i miał bronić granicy śląsko-łużyckiej. Historia zarówno samego zamku, jak i jego właścicieli jest przebogata, pełna intryg i legend. Na przestrzeni wieków obiekt był wielokrotnie przebudowywany, a jego obecny wygląd to w dużej mierze zasługa ostatniego przedwojennego właściciela – Ernsta Gütschowa, drezdeńskiego producenta wyrobów tytoniowych. Zamek w kiepskim stanie technicznym nabył on w 1909 r., a trzy lata później zlecił jego gruntowną przebudowę znanemu architektowi Bodo Ebhardtowi. Gütschow rezydował w nim do 1945 r. W 1952 r. obiekt przejęło wojsko, organizując tu ośrodek wypoczynkowy dla oficerów i ich rodzin. Od 1996 r. zamek jest publicznie dostępny jako ośrodek hotelowo-konferencyjny. Część wewnątrz jest również otwarta dla zwiedzających. Jedną ze słynnych atrakcji zamku są liczne ukryte przejścia. Pochodzenie intrygującej nazwy obiektu nie jest pewne, wiadomo natomiast, że na przestrzeni wieków wielokrotnie się zmieniała. Zamek znany był chociażby jako: Caychow, Schochuff, Schocha, Tzschocha, a tuż po wojnie – Czachów.



Łączenie danych ze skaningu laserowego oraz zdjęć lotniczych i naziemnych zrealizowano w oprogramowaniu Reality Capture

zeskanowania Zamku Czocha – wspomina Arkadiusz Pawłowski z FARO.

Dlaczego akurat ten obiekt? Już od dawna budzi on ogromne zainteresowanie wśród poszukiwaczy tajemnic. Wyobraźnię rozpala przede wszystkim sieć ukrytych przejść i korytarzy. Wielu uważa, że nie wszystkie zostały odnalezione. Na nieznane dotychczas pomieszczenia wskazują zresztą niektóre dokumenty. – W bibliotece Europejskiego Instytutu Zamków w Braubach dotarliśmy do planów opracowanych na potrzeby rekonstrukcji zamku, którą zlecił jego właściciel Ernst Gutschow. Wynika z nich, że obiekt powinien mieć sporą liczbę ukrytych podziemnych pomieszczeń. Przypuszczenia te potwierdzają powojenne wzmianki w literaturze,

w których mowa jest o nieznannej dziś sali ze szklaną podłogą. Mamy więc mnóstwo pytań i mało odpowiedzi – wyjaśnia Jarosław Kuczyński, dyrektor Zamku Czocha. Dodaje, że skaningu posłuży do wytypowania miejsc, gdzie prowadzone będą dalsze badania – na początku nieinwazyjne, a później, w porozumieniu z konserwatorem zabytków, również inwazyjne.

Biorąc pod uwagę spory zakres prac do wykonania, uznano, że im więcej rąk na pokładzie, tym lepiej. Pomysłodawcy projektu zaprosili więc do niego firmę scan 3D z Gdyni, która skanowaniem laserowym zajmuje się od ponad 5 lat, zapewniając szeroki asortyment usług – od digitalizacji małych obiektów muzealnych, po skanowanie i modelowanie 3D

całych fabryk. – Uznaliśmy ponadto, że skoro zabieramy się do pomiaru tak spektakularnego obiektu, trzeba to zrobić najpiękniej, jak się da, a do tego niezbędna jest fotogrametria. Do projektu włączyliśmy zatem słowacką firmę Capturing Reality, która jest autorem oprogramowania fotogrametrycznego Reality Capture. Ta z kolei namówiła do współpracy swojego najlepszego klienta, czyli firmę fotogrametryczną Overhead4D, też ze Słowacji – opowiada Arkadiusz Pawłowski. Całość prac była dokumentowana przez filmowców z CityMIND, czego efekty można zobaczyć w filmie dostępnym na profilach społecznościowych uczestników projektu.

• Dużo sprzętu, firm i turystów

Po dopełnieniu formalności i uzyskaniu zgody od właściciela obiektu 28 lipca uczestnicy projektu stawili się przed Zamkiem Czocha z ambitnym planem zebrania wszystkich niezbędnych danych raptem w 3 dni. – Jednym z wyzwań była koordynacja prac. Na zamku równolegle pracowało pięć firm, wykorzystując 6 skanerów i 2 drony. Należało zatem działać tak, by się nie dublować i nie wchodzić sobie w drogę, dbając jednocześnie o bezpieczeństwo ludzi i sprzętu – mówi Arkadiusz Pawłowski. Z kolei dla Lechosława Trznadla, wówczas pracownika WROGEO, a obecnie firmy scan 3D, największym wyzwaniem była... praca wśród tłumów zwiedzających. Pomiary wykonywano bowiem w szczycie sezonu turystycznego, niedługo po poluzowaniu obostrzeń epidemicznych. Mimo najszerszych chęci nie dało się uniknąć uchwycenia zwiedzających w chmurach punktów, a ich usuwanie przysporzyło sporo pracy. – Dzięki narzędziu Moving



Skany wykonano przy użyciu instrumentów serii FARO Focus

Objects Filter w oprogramowaniu FARO Scene w dużej mierze można to zrobić automatycznie – wyjaśnia Arkadiusz Pawłowski.

Duży ruch turystyczny był jednym z powodów, dla których podczas skanowania zrezygnowano ze stosowania kul czy tarczek pomiarowych. – Staraliśmy się robić możliwie gęste stanowiska w jak najwyższej jakości, by móc je efektywnie łączyć metodą „chmura do chmury”. Jedynę przewiązanie, które wykonaliśmy na kulach, przeprowadziliśmy po to, aby ograniczyć długość ciągu skanowania i ominąć pomieszczenia gospodarcze – wyjaśnia przedstawiciel FARO. Dodaje, że zastosowana metodyka się sprawdziła, bo dzięki niej udało się uzyskać chmurę o średniej dokładności 4 mm. Pomiar wykonano różnymi modelami skanerów serii FARO Focus – od S70 do S350. – Ich niewątpliwą zaletą jest niewielka waga, szczególnie istotna przy częstych zmianach stanowiska. Mocną stroną instrumentów jest również naturalne odwzorowanie kolorów – mówi Szymon Bloch.

Początkowo planowano skanowanie jedynie podziemi zamku oraz fasady. Ostatecznie w terminie późniejszym



Jedna z pomierzonych rzeźb gotowa do wydruku 3D

udało się pomierzyć także wszystkie wnętrza udostępnione turystom. Co więcej, druga fala pandemii pozwoliła wejść do opustoszałych pomieszczeń hotelowych i administracyjnych. Ostatecznie wykonano aż 1,2 tys. skanów. – To

oczywiście spora liczba, która znacząco wpływa na czasochłonność opracowania danych, choć ostatnio zrealizowaliśmy projekt, w którym stanowisk było aż 10 tys. – podkreśla Szymon Bloch.

• Wyścig z czasem i pogodą

Równoległe ze skanowaniem trwało wykonywanie zdjęć zamku. Z powietrza zbierał je dron DJI M600 Matrice. – Wybór tak dużej maszyny uwarunkowany był koniecznością użycia wysokiej jakości lustrzanki, niezbędnej, by wiernie odwzorować wszelkie szczegóły architektoniczne. My postawiliśmy na aparat z matrycą 40 Mpx – wyjaśnia Tomáš Barnáš z firmy Overhead4D. Choć obiekt nie jest powierzchniowo duży, jego dokładne obfotografowanie wymagało przeprowadzenia kilku nalołów. Każdy trwał maksymalnie 20 minut z uwagi na ograniczoną pojemność baterii drona. Wykorzystano też znacznie mniejszy wirnikowiec DJI Phantom 4 przede wszystkim do obrazowania wybranych pomieszczeń, w tym chociażby Sali Rycerskiej. Poza tym pozyskano wiele zdjęć naziemnych. Łącznie w ciągu trzech dni zebrano aż 25 tys. fotografii, z czego 7 tys. z drona.



Na potrzeby projektu wykonano 1,2 tys. skanów zarówno fasady, jak i wnętrza zamku



Przykład wykorzystania efektów projektu do stworzenia gry komputerowej

Słowacka firma Overhead4D specjalizuje się w inwentaryzacjach fotogrametrycznych z naciskiem na wizualny efekt opracowania. We współpracy z jednym z deweloperów przygotowała np. aplikację pozwalającą klientom podziwiać widok z okien ich przyszłych mieszkań. Opracowała też rozwiązanie umożliwiające zwiedzanie w trybie wirtualnej rzeczywistości jaskini zamkniętej dla ruchu turystycznego. Jakże było w jej ocenie główne wyzwanie podczas pomiarów Zamku Czocha? – Przede wszystkim czas. Na zebranie wszystkich danych mieliśmy zaledwie 3 dni, a każdy z nich wykorzystaliśmy od świtu do zmierzchu. Szczęśliwie pogoda nam sprzyjała. Przez większość czasu było pochmurnie, mieliśmy więc korzystne rozproszone światło do fotografowania fasady – przyznaje Tomáš Barnáš.

• Skaniny i zdjęcia – małżeństwo idealne

Wyróżnikiem projektu jest także połączenie na dużą skalę skanowania laserowego ze zdjęciami – zarówno lotniczymi, jak i naziemnymi. Fotografie posłużyły nie tylko jako źródło wysokiej jakości tekstur, ale także do uzupełnienia laserowej chmury punktów. To uzupełnienie było szczególnie istotne w przypadku dachu, praktycznie niedostępnego dla naziemnego skanera. Chmura ze zdjęć przydała się także do lepszego odwzorowania niektórych pomieszczeń oraz detali architektonicznych.

Łączenie tych dwóch typów danych przeprowadzono w oprogramowaniu Reality Capture. Jak podkreśla Jana Budosova z firmy Capturing Reality, czynność ta jest prosta i realizowana całkowicie automatycznie na zasadzie „przeciągnij i upuść”. Podczas obróbki program trak-

tuje dane ze skaningu jako „ważniejsze” i bardziej dokładne. Tworzą one swego rodzaju rusztowanie, które następnie uzupełniane jest danymi ze zdjęć.

Czy połączenie tych dwóch typów materiałów wiąże się z jakimiś trudnościami technicznymi lub pułapkami? – Nie. Kluczowe jest natomiast poprawne pozyskanie danych, przede wszystkim zdjęć. Muszą być ostre i mieć odpowiednie wzajemne pokrycie – odpowiada Jana Budosova. Szymon Bloch dodaje, że trzeba też uważać na powierzchnie, które słabo odwzorowują się na zdjęciach – np. szklane czy błyszczące obiekty.

Uczestnicy projektu zgodnie przyznają, że skany i fotografie świetnie się uzupełniają. – Zdjęcia dają dużo lepszy efekt wizualny. Obraz jest bowiem ciągły, a nie punktowy. Wadą jest jednak konieczność zakładania osnowy fotogrametrycznej – wyjaśnia Lechosław Trznadel. – Dzięki danym ze skaningu podczas wykonywania nalotu dronem ani nie musieliśmy stosować fotopunktów, ani nawet nie geotagowaliśmy zdjęć, a mimo to zachowaliśmy wysoką dokładność wynikowego modelu – zapewnia Tomáš Barnáš. – To perfekcyjne połączenie, bo skaniny laserowe ma sens tam, gdzie fotogrametria nie ma żadnego, np. w pomieszczeniach z białymi ścianami – dodaje Arkadiusz Pawłowski z FARO.

Dla firm uczestniczących w tym przedsięwzięciu łączenie zdjęć i skaningu nie jest nowością. – Po raz pierwszy na większą skalę wykorzystaliśmy tę metodę w 2014 roku przy inwentaryzacji zamku w Lidzbarku Warmińskim. Od tego czasu stosujemy ją na wielu innych, także mniejszych obiektach. Biorąc pod uwagę wady i zalety obu technologii, uważam, że ich łączenie jest czymś oczywistym – mówi Marek Jędrzejczak. – Realizuje-

my coraz więcej projektów, przy których w jedną rękę biorę skaner, a w drugą walizę z dronem. Te technologie świetnie się przenikają i obserwujemy, że rynek jest tego coraz bardziej świadomy – podkreśla Lechosław Trznadel. – My również dostrzegamy coraz szersze wykorzystanie tej metodyki, choć jej popularyzację wciąż utrudniają wysokie ceny skanerów. Przy większych projektach to jednak mniejszy problem – dodaje Jana Budosova.

• Będzie sensacja?

Projekt inwentaryzacji Zamku Czocha jest już na finiszu – w terenie wykonywane są ostatnie skany wybranych pomieszczeń. Po ich zakończeniu opracowany zostanie szczegółowy fotorealistyczny model mesh obiektu. Oprócz tego, że będzie on wykorzystywany do poszukiwania nieznanymi komnat i przejść, dla dyrekcji zamku stanie się cennym materiałem do celów konserwatorskich i edukacyjnych. Oczywiście tego typu model może być użyty na wiele innych sposobów – np. do stworzenia gry komputerowej lub aplikacji do zwiedzania zamku w okularach wirtualnej rzeczywistości. Co z tego uda się zrealizować? To już zależy od decyzji dyrekcji zamku, które zapadną po zakończeniu projektu.

Czy nowoczesne technologie pomiarowe faktycznie pozwoliły dokonać jakiegoś spektakularnego odkrycia? Do czasu zamknięcia projektu jego uczestnicy wolały nie informować o szczegółach. – Ale już teraz możemy powiedzieć, że udało nam się uzyskać odpowiedzi na kilka pytań dotyczących podziemnej części zamku – zdradza Łukasz Orlicki z GEMO. – Dane wyglądają tajemniczo. Liczymy, że będzie sensacja – stwierdza krótko Arkadiusz Pawłowski.

Jerzy Królikowski