

mgr inż. arch. Leszek Włochyński¹⁾

Jedną z coraz wyraźniej rysujących się odmian BIM, mających nawet własną nazwę HBIM, jest BIM dedykowany budynkom i budowlom historycznym, zazwyczaj zabytkom (HistoricalBIM/HeritageBIM). Rozważania na temat HBIM rozpocznę w tym wydaniu miesięcznika „Materiały Budowlane” od omówienia zagadnień inwentaryzacji, a między nadzieję kolejne artykuły będą poświęcone specyfice modelowania i zarządzania informacją o zabytku.

W ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój tzw. inżynierii odwróconej, w tym technologii cyfrowych wspomagających wykonywanie pomiarów i opracowywanie inwentaryzacji architektoniczno-budowlanych. Ponadto znacznie zwiększyła się dostępność tych nowoczesnych rozwiązań zarówno w formie usług, jak i coraz tańszego instrumentarium możliwego do pozyskania i samodzielnego wykorzystania przez architektów nieposiadających bazy geodezyjno-kartograficznej. Rozwiązania te umożliwiają zwiększenie efektywności prac inwentaryzacyjnych w odniesieniu do różnych obiektów. Szczęólnego znaczenia nabierają jednak w kontekście prac związanych z zapisem wiedzy o obiekcie zabytkowym, gdzie stan zastany jest nie tylko obiektywnym punktem wyjścia do prac projektowych, konserwatorskich i modernizacyjnych, ale przede wszystkim nośnikiem wartości historycznych, artystycznych i naukowych, czasem niemożliwych do utrzymania ze względu na stan techniczny obiektu i zachodzące w nim zmiany – planowane lub samoistne.

W latach 2017 – 2018 prowadziłem badania na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej (WAPW) pod kierunkiem **dr. hab. inż. arch. Krzysztofa Koszewskiego** i **dr inż. arch. Moniki Neff** dotyczące praktycznych aspektów inwentaryzacji z wykorzystaniem technik cyfrowych, a w latach wcześniejszych kilkakrotnie asystowałem

prof. dr. hab. inż. arch. Robertowi Kunklowi w tradycyjnych studenckich praktykach inwentaryzacyjnych obiektów zabytkowych. Ponadto w 2018 r., we współpracy z **arch. Iwoną Krawiec** i **arch. Moniką Rustecką**, kierowałem praktyką studencką i pracami pomiarowymi w obiektach sakralnych w Kościelniku i Kościelnikach Średnich, gdzie z powodzeniem wykorzystano kompilację technik tradycyjnych i nowoczesnych. Ponadto jestem czynnym zawodowo architektem i BIM managerem. W działalności zawodowej sięgam po nowoczesne techniki wspomagające prace inwentaryzacyjne i projektowe, ostatnio w zespole pałacowo-parkowym w Mordach we współpracy z **arch. Tomaszem Pałką** (BIMmonuments.pl).

Warsztat tradycyjny

W tradycyjnym warsztacie pracy architekta-inwentaryzatora podąża się w pewnym stopniu za metodami pracy praktykowanymi w geodezji inżynierskiej. Zazwyczaj jednak posługuje się najprostszymi instrumentami, a nade wszystko unika skomplikowanych metod obliczeniowych. Na taką tendencję wskazywać może choćby doświadczenie Zakładu Architektury Polskiej WAPW, gdzie od dziesięcioleci z powodzeniem prowadzi się prace inwentaryzacyjne w obiektach zabytkowych, w tym powiązane z praktykami studenckimi, podczas których uczy się skutecznego stosowania prostych i tanich metod pomiaru, stawiając logiczne rozpoznanie dyspozycji przestrzennej i funkcjonalnej budowli na pierwszym miejscu przed matematyczną precyzją odwzorowania zdejmowanych pomiarów. W celu uniknięcia błędów pomiarowych stosuje się proste techniki pozwalające na kontrolowanie wyników – pracę „od ogółu do szczegółu”, pomiar metodą ciągłą, wiązanie mierzonych elementów siecią trójkątów (figur geometrycznie niezmiennych), poligonizację prostokątną. W przypadku obiektów nieregularnych, o bardzo złożonej dyspozycji planu, do współpracy należy zaprosić geodetów,

HBIM – inwentaryzacja

którzy przeliczą oraz ustabilizują sieć poligonową i niwelacyjną oraz z użyciem teodolitów lub tachimetrów dokonają namerowań optycznych w odniesieniu do elementów ważnych z punktu widzenia całej budowli, a trudnych lub niedostępnych w pomiarze dla architekta, np. ze względu na ich znaczne wzniesienie, jak gzymsy czy kalenice.

Metoda tradycyjna wykonywania inwentaryzacji architektoniczno-budowlanej ma wiele zalet wynikających z bezpośredniej pracy z mierzonym obiektem (m.in. umożliwia bieżącą weryfikację wyników), a także dostępności samej metody bazującej na stosunkowo tanim oprzyrządowaniu. Jednak bez wątpienia jest też metodą wymagającą znacznego nakładu pracy. Inwentaryzacja w rozsądnym czasie większych i bardziej złożonych obiektów wymaga intensywnej pracy w terenie realizowanej przez wieloosobowe zespoły, co pociąga za sobą znaczne koszty i trudności logistyczne.

Scanning 3D

Tymczasem coraz większą popularnością w inwentaryzacji obiektów i zespołów architektonicznych cieszy się **metoda skaningu laserowego**. Polega ona na wykonywaniu automatycznego pomiaru laserowego przez obrót skanera wokół jego pionowej osi i obrót lustra wokół osi poziomej, dając w rezultacie trójwymiarową chmurę punktów rozlokowanych promieniście wokół urządzenia. Zazwyczaj w przypadku jednego obiektu wykonuje się wiele skanów z różnych lokalizacji, aby ograniczyć efekt przesłaniania, gdyż promienie lasera, rozchodząc się prostoliniowo, nie skanują treści za przeszkodami. Zarejestrowane chmury punktów podlegają automatycznemu łączeniu przez kojarzenie części wspólnych oraz dalszej obróbce polegającej na ich czyszczeniu, wyrównywaniu zagęszczenia punktów, czy dostosowywaniu rozdzielczości do potrzeb. Ze względu na promieniste rozchodzenie się światła lasera początkowo zagęszczenie punktów jest większe na elementach blisko urządzenia. Ponadto

¹⁾ Architekt Leszek Włochyński; lw@architekturarestituta.pl

w wyniku złożenia chmur punkty ulegają zagęszczeniu w obszarach wspólnych. W celu uzyskania dużej precyzji łączenia chmur punktów, pochodzących z różnych lokalizacji, można wspomagać się pomiarami tachimetrycznymi założonej wcześniej osnowy, która również podlega skanowaniu. Typowy produkt skanowania laserowego to chmura zawierająca wiele milionów punktów dostępna w postaci dużego pliku o rozmiarze kilku gigabajtów. W związku z tym obróbka chmur punktów, choć w zasadniczym stopniu jest procesem automatycznym, wymaga zaawansowanego oprogramowania i wydajnego sprzętu komputerowego. Dostępne na rynku skanery różnią się ceną i wydajnością, ale najtańsze z nich to wydatek 150 – 200 tys. zł.

Skaner jest urządzeniem mobilnym. W terenie może go obsługiwać jedna osoba. Czas wykonania pojedynczej chmury punktów, to nawet kilkadziesiąt sekund w przypadku obrazowania monochromatycznego do kilku minut w zapisie kolorowym. Na czas pracy skanera wpływa także rozdzielczość skanowania. Skaner, oprócz pomiarów laserowych, może jednocześnie wykonywać fotografie cyfrowe i na ich podstawie przypisywać zmierzonym punktom kolor w skali RGB.

Na podstawie zarejestrowanych chmur punktów można wygenerować automatycznie wyskalowane ortofotomapy będące cięciem poziomym lub pionowym chmury i stanowiące formę dokumentacji w postaci rzutów prostych. Ortofotomapy mogą być podstawą dalszej obróbki, np. jako podkład do wykreślenia typowej dokumentacji inwentaryzacyjnej. Niektóre programy CAD/BIM wspierają obsługę chmur punktów, pozwalając na ich umieszczenie wprost w przestrzeni modelu i cięcie narzędziami programu. Istnieje także oprogramowanie pozwalające na kojarzenie oprogramowania dedykowanego obróbce chmur punktów z oprogramowaniem CAD/BIM i automatyzowane przenoszenie istotnych namiarów (np. PointCab do ArchiCAD). Uogólniając, skaning laserowy to metoda bardzo precyzyjna; szybka, ale wymagająca zaawansowanej obróbki cyfrowej materiału pozyskanego w terenie; prze-

znaczona zarówno do obiektów w skali architektonicznej, w tym detalu, jak i w skali urbanistycznej; dająca bogate możliwości wizualizacji; polegająca na interpretacji materiału poza mierzonym obiektem; rejestrująca bardzo wiele szczegółów pomijanych w tradycyjnej inwentaryzacji. Coraz częściej po scanning 3D sięgają badacze architektury, którzy w ten sposób mogą łatwo zarejestrować istotne dla nich elementy, np. wątki muru, a także konserwatorzy, którzy wykonują tzw. kartowania zabytku, polegające na oznaczaniu, na tle rozwinięcia ścian obszarów o konkretnej charakterystyce pod względem rodzaju uszkodzeń czy niezbędnej ingerencji.

Fotogrametria cyfrowa

Metodą zbliżoną do scanningu 3D, choć bazującą na zupełnie innej technologii, jest tzw. **fotogrametria cyfrowa**. Polega ona na analizie obrazów rastrowych reprezentujących inwentaryzowany obiekt, kojarzeniu sąsiadujących obrazów przez powtarzające się sekwencje pikseli i budowaniu, w procesie nazywanym aerotriangulacją, trójwymiarowego odwzorowania obiektu otekstrowanego pasującymi fragmentami zdjęć. W praktyce metoda pozwala na uzyskanie zadowalających rezultatów na podstawie materiału pochodzącego z niezbyt zaawansowanego aparatu cyfrowego – nawet smartfona. Można także wykorzystywać klatki wyeksportowane z filmów, np. pozyskanych z nalogów dronem. Rozdzielczość zdjęć nie musi być bardzo wysoka, a co więcej zdjęć nie musi być wiele. Już przy kilkunastu zdjęciach średniej rozdzielczości można liczyć na użyteczne efekty. Pod względem sposobu pozyskania materiału źródłowego metoda jest więc bardzo przystępna, tzn. tania. Pewną barierę stanowi oprogramowanie, którego zaawansowane wersje to koszt od kilkunastu do kilkudziesięciu tysięcy złotych (np. Context Capture, Reality Capture), ale proste efekty można uzyskać nawet w oprogramowaniu darmowym. Fotogrametryczny model 3D jest szalenie realistyczny. Pozwala na wirtualne spacer i nazywany bywa modelem inspekcyjnym. W ten sposób można np. penetrować części budowli niedostępne dla człowieka, np. hełmy wież. Pew-

nym wyzwaniem jest kalibracja modelu, tj. rozpoznanie skali i orientacji przestrzennej – odwzorowanie pionów i poziomów, jednak zaawansowane oprogramowanie radzi sobie z tym nie najgorzej.

Na podstawie modelu fotogrametrycznego można wygenerować ortofotoplany, a także zamienić taki model w chmurę punktów i umieścić ją w oprogramowaniu CAD. Choć format zapisu chmury będzie ten sam, jak w przypadku scanningu, to punkty zostaną równomiernie rozłożone na przybliżonych powierzchniach, tzn. nie będą reprezentowały konkretnych precyzyjnych namiarów laserowych, jak w przypadku scanningu. Fotogrametria jest bardzo obiecującą metodą. Daje znakomite rezultaty wizualne, a przy zachowaniu pewnego reżimu pozwala na przetwarzanie obrazów do danych metrycznych. Jest dosyć tania, a jej precyzja stale się poprawia. W branży można już usłyszeć, że dokładność pomiarów wykonanych metodą fotogrametrii cyfrowej zbliża się mocno do dokładności osiąganą w metodzie scanningu laserowego. Wielu usługodawców wykorzystuje techniki łączone – w celu poprawy walorów wizualnych sięga po fotogrametrię, a w celu stabilizacji geometrii buduje osnowę z wykorzystaniem skanerów 3D oraz geodezyjnych pomiarów tachimetrycznych.

Tachimetria laserowa (dalmierzowa)

Jedną z nowych metod jest też tzw. tachimetria laserowa, która wydaje się o tyle ciekawa, że pozwala z jednej strony uszanować pryncypia związane z tradycyjnym warsztatem pracy inwentaryzacyjnej, ale jednocześnie wprowadza wiele udogodnień podczas pomiaru i utrzymania bardzo dużej jego precyzji i, co być może najważniejsze, pozwala na modelowanie informacji o budynku (tworzenie modelu BIM) jednocześnie z pracami pomiarowymi. Pracowałem z urządzeniem marki Flexijet, są jednak na rynku dostępne rozwiązania konkurencyjne, np. Leica 3D Disto. Flexijet to ustawiona na statywie głowica obrotowa wyposażona w dwa serwomotory i zintegrowana z dalmierzem laserowym. Urządzenia tego typu komuniku-



THIXAN – Think and Thicken

– nowoczesne zagęstniki do produkcji farb, tynków, zapraw klejowych pozwalające na uzyskanie idealnej konsystencji i parametrów roboczych



Rettenmaier Polska

Sp. z o.o.

Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B

02-366 Warszawa

mobile +48 600 423 423

Tel + 48 22 608 51 00

e-mail: arboce@jrs.pl

ją się przez kanał bluetooth z laptopem oraz gamepadem, który służy do precyzyjnego naprowadzania lasera na punkty pomiarowe. Odczyt pomiaru wyzwany jest sensorem dotykowym, a specjalne oprogramowanie pozwala na bezprzewodowe przeniesienie i interpretowanie wyników pomiaru bezpośrednio w programie modelującym (np. ArchiCAD) przy jednoczesnym z pracami pomiarowymi modelowaniu elementów budynku w wirtualnym środowisku 3D. Urządzenie wyposażone jest w czujnik wychylenia oraz czujnik ruchu. Nie trzeba go zatem ręcznie poziomować przed rozpoczęciem pracy, a w razie nieumyślnego potrącenia użytkownik będzie poinformowany o zmienionym położeniu głowicy. Podczas pracy nad jednym modelem, pomiarów dokonuje się z wielu stacji pomiarowych, przy czym przenoszenie urządzenia pomiędzy stacjami jest w pełni elastyczne – wystarczy je zlokalizować w nowym położeniu na podstawie punktów referencyjnych. W środowisku roboczym ArchiCAD-a wyniki pomiarów zapisywane są w postaci punktów, na których mogą bazować linie lub trójwymiarowe obiekty architektoniczne, modelowane jednocześnie z dokonywanym pomiarem i uzupełniane o istotne informacje zgodnie z koncepcją modelowania informacji o budynku (BIM). Docelowe opracowanie inwentaryzacyjne może – oprócz modelu BIM – mieć formę typowej płaskiej dokumentacji architektoniczno-budowlanej, generowanej jednak z modelu, co zapewnia jej spójność wewnętrzną i zgodność ze stanem faktycznym.

Podstawowa różnica tachimetrii laserowej z wykorzystaniem urządzenia Flexijet i skaningu 3D polega na tym, że pracując Flexijetem, wykonujemy tylko dedykowane namiary i zapisujemy wyłącznie informacje nas interesujące, interpretując wyniki bezpośrednio przy mierzonym obiekcie. Nie tworzymy ciężkiej i trudnej w obróbce chmury zawierającej miliony punktów nie zawsze potrzebnych. Natomiast w porównaniu z metodą tradycyjną, pomiar Flexijetem jest znacznie szybszy, bardziej precyzyjny, możliwy do realizacji przez jednego operatora i dający znacznie bogatsze możliwości obrazowania przez bez-

pośrednią interpretacją i modelowanie w środowisku BIM (np. ArchiCAD, Revit). Uogólniając, wśród cech rozwiązania z wykorzystaniem urządzenia Flexijet wymienić można: dużą precyzję pomiaru; natychmiastową interpretację (przy obiekcie) dedykowanych namiarów; wzbogacenie pomiarów o istotne informacje przez jednoczesne z pracami pomiarowymi modelowanie BIM. Koszt urządzenia tego rodzaju jest jednak dość wysoki, sięgający 70% najtańszych skanerów 3D.

Podsumowanie

W artykule dokonałem przeglądu osunkowo nowych technik inwentaryzacji, zestawiając je na tle metody tradycyjnej, która ma ugruntowaną pozycję w dorobku architektów, niemniej w dobie współczesnych możliwości jest wypierana jako bardziej pracochłonna. Nowe techniki zapewniają nowe możliwości wynikające z przyspieszenia prac pomiarowych i łatwiejszej do osiągnięcia precyzji odwzorowania geometrii budynku w powiązaniu z tworzeniem spójnej dokumentacji, ale również bogatszej w warstwie informacyjnej. Niosą także zagrożenia związane z automatyzacją czynności pomiarowych i pokusą interpretacji wyników całkowicie poza mierzoną powierzchnią. Jako profesjonaliści, kształtujący swój warsztat pracy związany z inwentaryzacją zabytków architektury, powinniśmy sięgać po narzędzia będące dobrodziejstwem współczesności, jednak krytycznie czerpać owoce z ich stosowania, nie zapominając, że w obliczu wszelkich działań dokumentacyjnych dotyczących zabytku, ważniejszy od dokumentacji jest sam zabytek, tzn. jego warstwa materialna będąca nośnikiem wartości. Czasem jednak kulturotwórcza rola zabytku możliwa jest do przeniesienia wyłącznie w dokumentacji, a wtedy walory dokumentacji wynikające z mądrego zastosowania technik cyfrowych mogą być nie do przecenienia.

Koordinatorem merytorycznym działu Akademia BIM jest mgr inż. arch. Leszek Włochyński – reprezentujący Stowarzyszenie buildingSMART Polska, www.buildingsmart.org.pl