

LABORATORIUM SKANOWANIA I MODELOWANIA 3D



Uruchomione w 2007 roku Laboratorium Skanowania i Modelowania 3D powstało przy Instytucie Historii Architektury, Sztuki i Techniki (Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej) dzięki grantowi UE. Bazuje ono na dwóch technologiach: High Definition Surveying (HDS) będącej domeną Leica Geosystems oraz Building Information Modeling (BIM) propagowanej przez Bentley Systems.

JACEK KOŚCIUK

Jeszcze we wczesnych latach 70. ubiegłego stulecia Instytut, kierowany wówczas przez prof. Jerzego Rozpędowskiego, korzystał często z zaawansowanych opracowań geodezyjnych. Współpracowano z Katedrą Geodezji i Fotogrametrii AR we Wrocławiu (dziś Uniwersytet Przyrodniczy) oraz Pracownią Fotogrametrii Okręgowego Przedsiębiorstwa Geodezyjno-Kartograficznego we Wrocławiu. Jedyna dostępna wtedy technologia fotogrametrii analogowej, wymagająca zarówno specjalistycznego sprzętu, jak i profesjonalnej wiedzy fotogramet-

rycznej, nie pozwalała na bezpośrednie zastosowanie tych rozwiązań przez pracowników instytutu (architektów, archeologów i historyków sztuki). Takie możliwości zarysowały się dopiero w momencie pojawienia się komputerów osobistych i specjalistycznego oprogramowania.

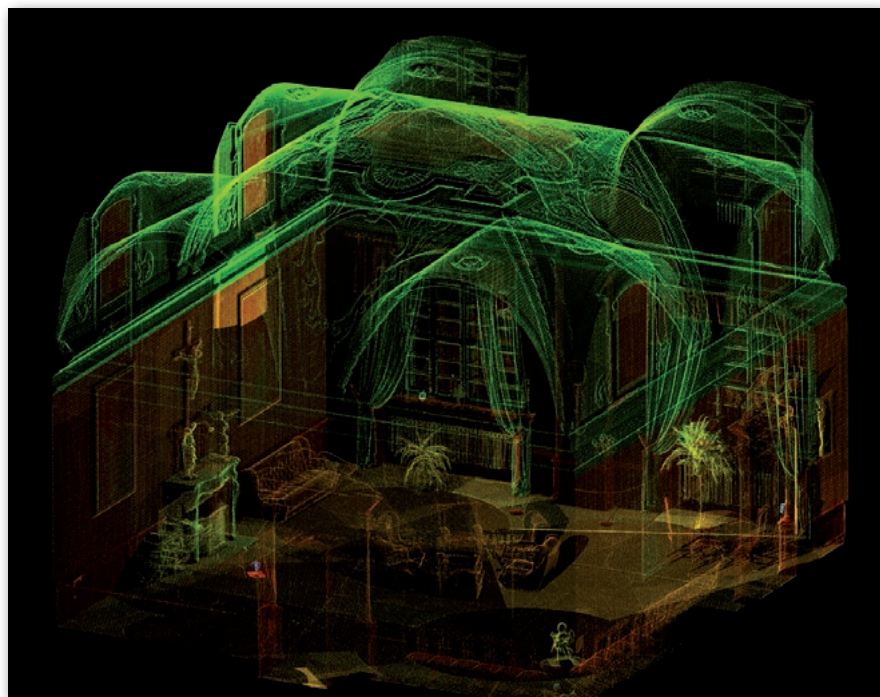
• DO ZAAWANSOWANYCH OPRACOWAŃ

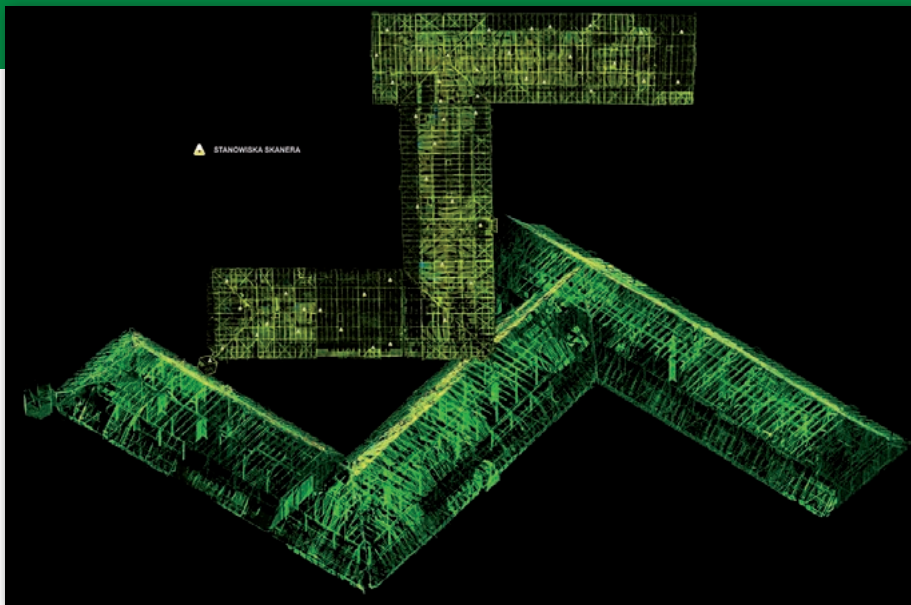
Pierwsze tego typu opracowania wykonywane w Instytucie bazowały na rozwiązaniach przeniesionych z wrocławskiej firmy ARCHIKON s.c. Na początku lat 90., korzystając z technologii Bentley MicroStation, wykonała ona kilka opracowań (z perspektywy ponad 10 lat moż-

na je ocenić jako niezwykle prymitywne) próbujących połączyć trzy elementy: inwentaryzację i modelowanie 3D, ortofoto (a właściwie jego namiastkę w postaci fotomozajki) oraz projektowanie 3D. Szczególnie pomocne były tu doświadczenia ARCHIKON-u wyniesione z inwentaryzacji Katedry Wrocławskiej św. Jana Chrzciciela dla potrzeb wpisu na Listę Światowego Dziedzictwa oraz inwentaryzacji i odbudowy Synagogi pod Białym Bocianem we Wrocławiu. Właśnie ten ostatni projekt był źródłem cennych doświadczeń z zastosowań współczesnego oprogramowania w działalności architektoniczno-konserwatorskiej.

Innowacyjne (jak na tamte czasy) pomysły zaowocowały nawet nominacją projektu odbudowy synagogi do amerykańskiej nagrody Proactive Engineering Award. W jego ramach pomierzono za pomocą tachimetru elektronicznego kilka tysięcy charakterystycznych punktów oraz wykonano kilkaset zdjęć cyfrowych elewacji, detalu architektonicznego i zachowanych fragmentów stałego wyposażenia. Pomiar tak dużej liczby elementów dały w efekcie rodzaj „chmury punktów” (bardzo ubogiej w porównaniu do dzisiejszych chmur ze skanowania 3D), która posłużyła do stworzenia modelu 3D w oprogramowaniu Bentley Triforma. Model stanowił wyjściowe dane do projektowania, które odbywało się także w przestrzeni 3D. Tradycyjne rysunki płaskie (rzuty, elewacje i przekroje), a także dokumentacja przedmiarowa generowana była automatycznie z modelu, w którym oprócz danych geometrycznych osadzone były także informacje bazodanowe (rodzaje użytych materiałów budowlanych, technologii itp.). Zdjęcia cyfrowe wraz ze współrzędnymi przestrzennymi charakterystycznych punktów posłużyły z kolei do szczegółowych opracowań płaskich. Po usunięciu skrótów perspektywicznych tworzone z nich fotomozajki, którą następnie wektoryzowano w trybie ekranowym.

Rys. 1. Fragment inwentaryzacji barokowego zespołu pocysterskiego w Henrykowie. Tzw. Sala Purpurowa – chmura punktów ze skanera 3D





Rys. 2. Inwentaryzacja więźby dachowej barokowego zespołu pocysterskiego w Henrykowie - chmura punktów ze skanera 3D

LABORATORIUM ŚWIADCZY USŁUGI SKANOWANIA I MODELOWANIA 3D

- **Drogownictwo i budownictwo cywilne** - pozyskiwanie danych i tworzenie cyfrowych modeli DTM stanowiących podstawę do projektowania i inwentaryzacji obiektów inżynierskich; inwentaryzacja dróg i linii kolejowych, węzłów drogowych, mostów i wiaduktów, tuneli, obiektów hydrotechnicznych.
 - **Przemysł przetwórczy, chemiczny i petrochemiczny** - inwentaryzacja i modelowanie 3D skomplikowanych instalacji;
 - **Przemysł wydobywczy** - inwentaryzacja i modelowanie 3D (w tym DTM) odkrywek, hałd, szybów, komór podziemnych.
 - **Budownictwo** - inwentaryzacja istniejących konstrukcji w przypadku ich remontów lub komputerowych symulacji wytrzymałościowych.
 - **Konserwacja zabytków i archeologia** - szybka inwentaryzacja skomplikowanych zabytków i stanowisk archeologicznych dla potrzeb badań, dokumentacji archiwalnej czy dokumentacji projektowej.
 - **Planowanie przestrzenne i zarządzanie zespołami urbanistycznymi** - technologia skanowania 3D jest obecnie jednym z najbardziej efektywnych czasowo i ekonomicznie narzędzi pozyskania danych potrzebnych do generowania trójwymiarowych modeli miast i osiedli.
 - **Zarządzanie kryzysowe** - szybka inwentaryzacja obiektów, które uległy awarii lub z powodu skażenia są niedostępne do bezpośredniego pomiaru.
 - **Sektor wojskowy** - pozyskiwanie danych do tworzenia wirtualnego pola bitwy, które na poziomie dowodzenia pozwala na integrację wszystkich rodzajów działań rozpoznawczych i bojowych.
- Kontakt z Laboratorium możliwy jest przez e-mail: jacek.kosciuk@pwr.wroc.pl oraz jacek.malanczuk@pwr.wroc.pl.

● Z PRAKTYKI DO DYDAKTYKI

Wszystkie te doświadczenia zbiegły się w czasie z utworzeniem na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej specjalizacji Ochrona Zabytków. Instytut stanął przed problemem przygotowania nowoczesnego programu dydaktycznego obejmującego m.in. szeroko rozumianą problematykę inwentaryzacji i dokumentacji obiektów budowlanych. Rola takiego przedmiotu w toku kształcenia architektów - mających w przyszłości zajmować się przede wszystkim istniejącymi budynkami i konstrukcjami - jest oczywista. Opracowanie takiego programu dydaktycznego było tym trudniejsze, iż od wielu lat przedmiot „inwentaryzacja budowlana” nie był, niestety, nauczany na tym wydziale. Brakowało więc nie tylko doświadczeń dydaktycznych, ale i kadry znającej z praktyki współczesne, najbardziej zaawansowane metody inwentaryzacji i dokumentacji. Dzięki szczęśliwym, personalnym powiązaniom z firmą ARCHIKON udało się jednak przenieść do procesu dydaktycznego wszystkie jej praktyczne doświadczenia i stworzyć w ten sposób program dydaktyczny oferujący studentom coś więcej niż zajęcia z „nieśmiertelną parcianą taśmą mierniczą”.

Był to więc w zasadzie proces odwrotny do tego, którego należałoby się spodziewać po ośrodkach akademickich. Poza kształceniem powinny one przecież przekazywać także do praktycznego zastosowania

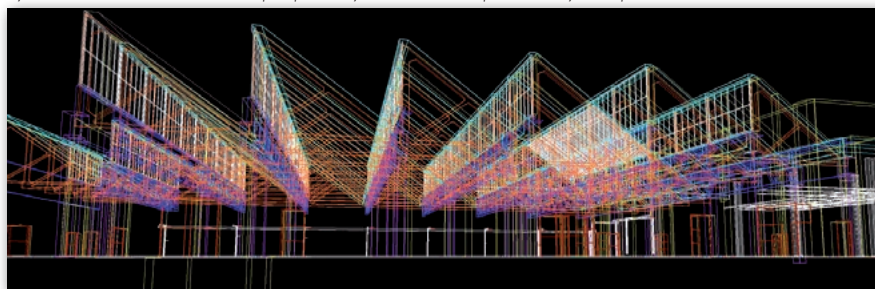
w „przemysłe” najnowocześniejsze technologie i metody. Jednak z perspektywy ponad 10 lat podjętą wówczas decyzję ocenić należy jako jedyną możliwą. Zaowocowała ona wieloma pozytywnymi efektami - przede wszystkim pobudziła na wydziale zainteresowanie nowoczesnymi technologiami inwentaryzacji i projektowania. Wielu pracowników instytutu i studentów wydziału, uczestnicząc w badaniach i projektach prowadzonych w Polsce, a także poza jej granicami, zaczęło z powodzeniem stosować nowe metody. Wymienić tu można dla przykładu badania bloku śródmiastowego we Wrocławiu oraz opracowania Marina El-Alamain i Abû Mîna w Egipcie czy Nea Paphos na Cyprze.

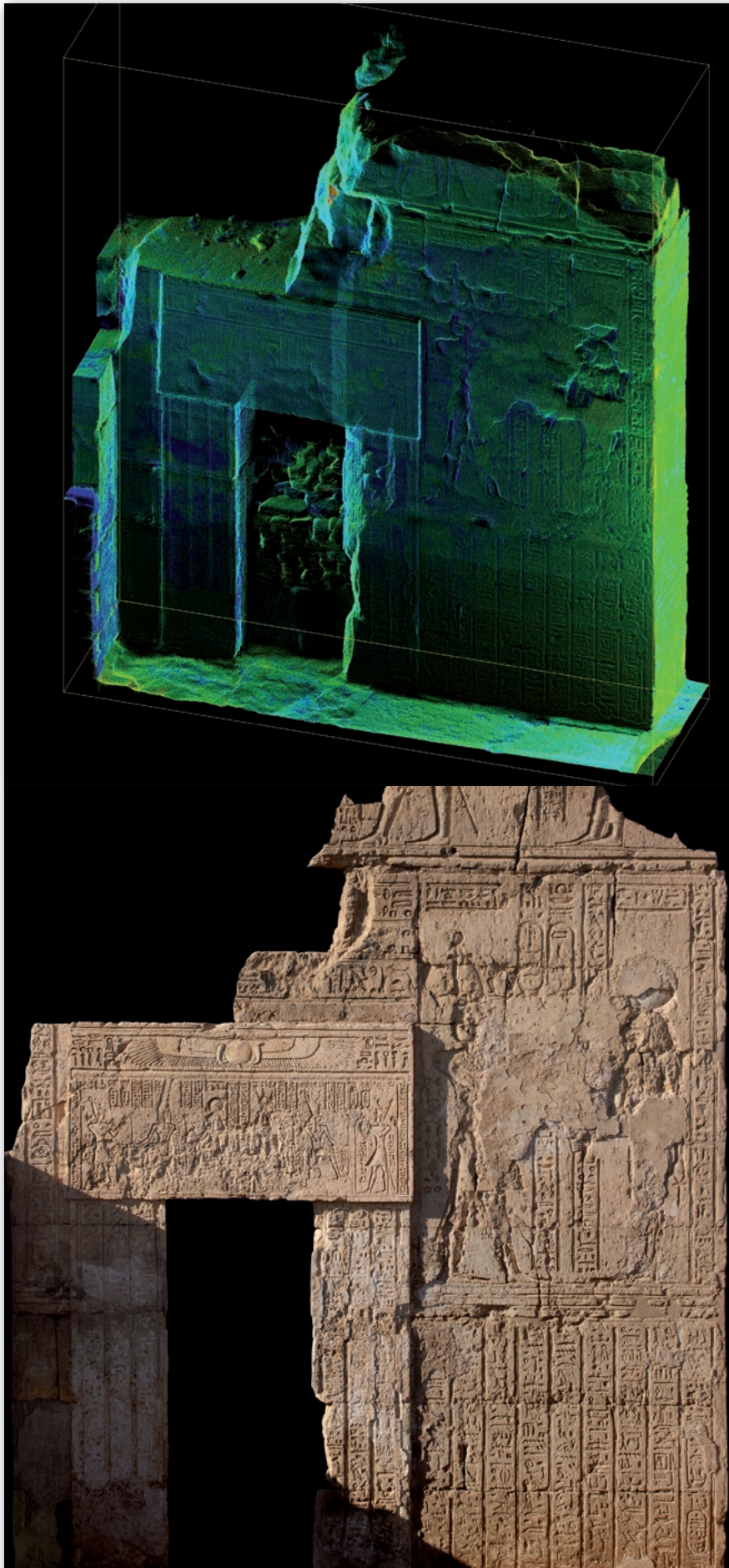
● URUCHOMIENIE LABORATORIUM

W tym czasie pojawiły się na rynku zastosowań komercyjnych pierwsze skanery 3D, a jednocześnie, sprzęt i oprogramowanie do fotogrametrii cyfrowej bliskiego zasięgu, które można by „powierzyć w ręce architektów”. Śledząc na bieżąco ten rozwój, szukaliśmy więc sposobu wyposażenia Instytutu w odpowiednie zaplecze sprzętowe i programowe. Taką okazją stał się właśnie grant WKP 1/1.4.2/2/2005/87/168/464 w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego Wzrost Konkurencyjności Przemysłu, który pozwolił na stworzenie Laboratorium Skanowania i Modelowania 3D.

Uruchomione w 2007 r. Laboratorium bazuje na dwóch technologiach: High Definition Surveying (HDS) będącej domeną Leica Geosystems i Building Information Modeling (BIM) propagowanej przez Bentley Systems. Poza niezbędnym parkiem komputerowym i wielkoformatowymi drukarkami HP, sprzętowe zaplecze laboratorium stanowią w tej chwili Leica ScanStation HDS 3000, Leica SmartStation TPS 1203 oraz GPS SmartRover 1200. Jako cyfrowa kamera do celów fotogrametrii bliskiego zasięgu służy nam Fuji FinePix S5 Pro. Do opracowywania wyników pomiarów i modelowania 3D używamy zarówno oprogramowania Leica GeoSystems (Leica GeoOffice i Leica Cyclone), jak i bogatej palety oprogramowania Bentley Systems bazującego na Bentley MicroStation (Bentley Triforma, Bentley Architecture, Bentley

Rys. 3. Model 3D do celów projektowych żelbetowej hali fabrycznej





Rys. 4. Świątynia Repit. Fragment chmury punktów i opracowanie ortofoto

Structural, Bentley CloudWorx i Bentley Descartes). Ten bogaty zestaw oprogramowania uzupełniliśmy dodatkowo aplikacją PHIDIAS (opis na s. 40) do wykonywania opracowań fotogrametrycznych w środowisku MicroStation bazujących zarówno na fotopunktach, jak i na chmurach punktów ze skanerów 3D. W przypadku specyficznych opracowań, zwłaszcza dotyczących pomiarów i modelowania budynków historycznych o bogatych formach wystroju architektonicznego, wykorzystujemy także oprogramowanie JRC 3D Reconstructor 2.

● POCZĄTEK DZIAŁALNOŚCI

W fazie uruchamiania Laboratorium wykonaliśmy też pierwsze opracowania komercyjne: inwentaryzację barokowego zespołu pocysterskiego w Henrykowie (rys. 1) wraz z wieżbą dachową (rys. 2), inwentaryzację i model 3D do celów projektowych żelbetowej hali fabrycznej jednego z zakładów przemysłowych we Wrocławiu (rys. 3) oraz ortofoto zachowanych fragmentów świątyni Repit w Athribis w Górnym Egipcie (rys. 4). Każde z tych opracowań podporządkowane było innym celom i przygotowywane w odmienny sposób.

W przypadku wieżby klasztoru w Henrykowie była to inwentaryzacja do ekspertyzy stanu technicznego całej konstrukcji ciesielskiej. Istotne więc były wszystkie skręcenia, ugięcia i wybożenia belek, a także ewentualne zmiany przekroju poprzecznego na długości elementu. Z kolei inwentaryzacja żelbetowej hali fabrycznej przygotowywana była dla potrzeb stosunkowo skomplikowanego projektu instalacji przemysłowej, który miał być w całości opracowywany w 3D. W tym przypadku, właśnie ze względu na wymagania projektowe, poszczególne elementy (ściany, podłogi, belki) reprezentowane były w sposób idealizowany, tzn. z pominięciem lokalnych odkształceń od idealnej płaszczyzny, prostopadłości, cylindra itp.

Celem ostatniego z wymienionych projektów – opracowania ortofoto zachowanych relikwów świątyni Repit – było przygotowanie dokumentacji stanu istniejącego, a jednocześnie pozyskanie danych do teoretycznej rekonstrukcji niemal zupełnie zrujnowanej budowli. Istotna więc była nie tylko wysoka rozdzielczość uzyskanych obrazów ortofoto (nie gorsza niż 0,5 mm), ale i ich dokładna lokalizacja przestrzenna ze średnim błędem położenia punktu nie gorszym niż 4 mm. Opracowanie wykonano za pomocą kombinowanej metody, wykorzystując przygotowaną przez kolegów z Uniwer-

sytetu w Bochum chmurę punktów ze skanera 3D jako źródło danych o położeniu przestrzennym każdego z punktów przetwarzanego fotogramu.

● OFERTA LABORATORIUM

Laboratorium – powołane zgodnie z założeniami SPO Wzrost Konkurencyjności Przemysłu do świadczenia usług polskim podmiotom gospodarczym – oferuje więc już dziś szeroką gamę opracowań. Ich zakres i charakter przekazywanych danych są zawsze do uzgodnienia z zamawiającym. W najprostszej wersji klient otrzymuje surowe dane, które następnie samodzielnie przetwarza. W przypadku skanowania 3D jest to chmura punktów w formacie IMP. Może towarzyszyć jej opracowanie typu Leica TrueView, na którym, posługując się zwykłą przeglądarką internetową, zamawiający może odczytać na tle panoramicznego zdjęcia współrzędne przestrzenne dowolnych punktów odwzorowanych w chmurze 3D lub też pomierzyć przestrzenne odległości pomiędzy dowolnymi punktami. Współrzędne takie lub konkretne odległości przestrzenne mogą być także eksportowane do plików zewnętrznych w formacie XML. Ta ciekawa technologia, nazywana często wirtualnym geodetą (*virtual surveyor*), w praktyce sprowadza się do przeniesienia decyzji co do punktów obiektu podlegających rejestracji z etapu prac terenowych do etapu opracowania kameralnego. Dane zebrane w terenie przy pomocy skanera 3D są w znacznym stopniu nadmiarowe, a dopiero w trakcie ich opracowywania, często zależnie od fazy całego projektu, decyduje się, które zostaną faktycznie użyte.

Kolejną formą oferowanych usług jest możliwość opracowywania wyników pomiarów na stanowiskach komputerowych dostępnych w Laboratorium i konsultacji ze strony personelu. Ten rodzaj usługi może być poprzedzony wstępnym, zazwyczaj 3-dniowym szkoleniem dotyczącym obsługi oprogramowania. Najbardziej zaawansowaną formą współpracy jest kompletne opracowanie wektorowe 3D wraz z wymaganymi rzutami i przekrojami.

Można więc powiedzieć, że historia zatoczyła pełne koło: rozwiązania, których prototypy przejęliśmy w instytucie z obszaru zastosowań praktycznych, dzięki SPO Wzrost Konkurencyjności Przemysłu wracają do praktyki inżynierskiej wzbogacone o najnowsze rozwiązania technologiczne.

JACEK KOŚCIUK
(LabScan 3D, I-12, W-1, PWR)

GDZIE UCZĄ O SKANOWANIU?

Choć skanowanie laserowe jest czynnością łatwą, szybką i dokładną, to jednak wymaga odrobiny wprawy i znajomości pewnych reguł. Wychodząc naprzeciw potrzebom edukacyjnym, na Politechnice Wrocławskiej powołano do życia Centrum Dydaktyczne Skanowania 3D HDS.

Centrum powstało przy Instytucie Historii Architektury, Sztuki i Techniki w ścisłej współpracy z firmą Leica Geosystems, która oferuje szeroki zakres produktów, rozwiązań oraz usług w zakresie technik skanowania HDS. Z kolei pracownicy naukowci wydziału legitymują się sporym doświadczeniem we wdrażaniu takich rozwiązań do procesu dydaktycznego i badawczego.

W ramach działalności Centrum przewiduje się poszerzenie oferty dydaktycznej dla studentów i doktorantów. Techniki skanowania mają być brane pod uwagę przy ustalaniu tematów prac magisterskich i dyplomowych. Oferta skierowana do firm i administracji zawiera dodatkowo kursy i studia podyplomowe, a przede wszystkim organizację wykładów, szkoleń oraz targów i pokazów.

Czym zajmuje się Centrum Dydaktyczne? Wbrew pozorom, nie nauką praktycznego stosowania technologii skanowania 3D w terenie. Od dawna instrumenty pomiarowe są konstruowane z myślą o maksymalnym uproszczeniu obsługi. Wystarczy krótkie szkolenie, by opanować obsługę skanera na poziomie umożliwiającym zrealizowanie pomiaru. Wykładowcy skupiają się bardziej na zagadnieniu planowania pomiaru i dostosowania parametrów pracy urządzenia do potrzeb. Skanowanie w nieprzemysłowy sposób zmusi obserwatora do przetworzenia ogromnej ilości nadprogramowych, często zbędnych, danych. Jest to jedna z większych wad technologii skanowania, którą można wyeliminować poprzez odpowiedni dobór sposobu działania. Jeszcze większy problem pojawia się po zgromadzeniu kilku czy kilkunastu gigabajtów danych. Sztuką jest ich poprawne przetworzenie i optymalne wykorzystanie.

W Centrum Dydaktycznym dobrze wyposażone laboratorium komputerowe jest więc ważniejsze od samego skanera. Przetwarzanie chmur punktów wymaga bowiem szybkich stacji roboczych z dużą ilością pamięci operacyjnej, pojemnymi

macierzami dyskowymi i wydajnymi procesorami. Leica Geosystems dostarczyła licencję sieciową programu Cyclone dla 12 stanowisk i przeszkoliła pracowników zarówno w obsłudze skanera, jak i oprogramowania.

Wszystkie organizowane przez Centrum Dydaktyczne kursy są skierowane do przedsiębiorstw oraz administracji publicznej. Na trzydniowym szkoleniu podstawowym słuchacze mogą m.in. zapoznać się z techniką skanowania, poćwiczyć łączenie chmur punktów pozyskanych z kilku stanowisk pomiarowych czy zaznaczyć się ze specyfiką zastosowań skanera w różnych dziedzinach.

Kurs rozszerzony trwa od pięciu do dziesięciu dni. Poza tematyką szkolenia podstawowego obejmuje zagadnienia obróbki pozyskanych danych. Uczestnicy trenują wstawianie obiektów wektorowych w chmurę punktów (płaszczyzn, prostych, cylindrów, wycinków sfery, automatyczne rozpoznawanie narożników prostopadłościanu), modelowanie konstrukcji stalowych (profile walcowane i instalacje rurowe), śledzenie krawędzi, modelowanie powierzchni siatką typu mesh, generowanie przekrojów czy obliczenia objętości.

W zależności od zapotrzebowania Centrum przygotowuje kilkudniowe kursy dotyczące wybranych aspektów modelowania z ukierunkowaniem na potrzeby różnych branż. Przede wszystkim z zakresu opracowań inwentaryzacji architektonicznych (generowanie rzutów i przekrojów budowli), opracowań fotogrametrycznych naziemnych z wykorzystaniem chmur punktów do generowania ortofotografii obiektów lub tworzenia numerycznych modeli terenu (wraz z przekrojami) na potrzeby inwestycji drogowych.

JACEK MAŁAŃCZUK

Kontakt z Centrum Dydaktycznym:
jacek.malanczuk@pwr.wroc.pl
oraz jacek.kosciuk@pwr.wroc.pl