

Skaning laserowy w inżynierii odwrotnej i analizach dynamicznych

SKAN W 3D

Skaning laserowy umożliwia szybki i obiektywny zapis wycinka przestrzeni i różnorodne wykorzystanie tak zarejestrowanych danych. Wieloletnie doświadczenia firmy Scan-3D zdobyte przy realizacji zleceń w Niemczech, w Polsce i innych krajach pozwalają na spisanie uwag, które powinny pomóc w lepszym zrozumieniu tej nowoczesnej technologii.

ŁUKASZ UCHAŃSKI,
LARS SOERENSEN

Oczywiście sposób akwizycji danych, ich jakość oraz ilość, a także metoda przetwarzania zależą od charakteru opracowania końcowego. Inaczej podejmiemy do tematu inwentaryzacji budowli kubaturowej, inaczej do pomiaru infrastruktury zakładu przemysłowego. Aby wykorzystać skaning laserowy do inwentaryzacji jakiegoś obiektu, na wstępie należy przeanalizować wymagania postawione w wytycznych dotyczących finalnej dokumentacji. Do prac, takich jak rekonstrukcja, odbudowa bądź adaptacja obiektu zabytkowego, niezbędne będzie zebranie najpierw kompletu informacji o tym obiekcie. Znajdziemy je m.in. w: dokumentacji historycznej, opisie aktualnego stanu budowli i szczegółowych zaleceniach konserwatora.

Jakże często podczas prezentacji wyników skanowania jesteśmy świadkami efektownych pokazów

chmur punktów lub wymodelowanych brył. Wysoka precyzja pomiaru nie zawsze idzie w nich w parze z jakością prezentacji. Zdarza się bowiem, że wirtualny obraz zbudowany jest na bazie niedostatecznie przetworzonych danych. Filtry stosowane do tego typu prac są domyślnie implementowane przez oprogramowanie, w rezultacie użytkownik często kieruje się dość przypadkowym zestawem parametrów oferowanych przez aplikację. Analizy filtracji obrazu pokazują, że ustawienia domyślne zwykle powodują nadpisywanie oryginalnych plików danymi przefiltrowanymi za pomocą algorytmów o niejasnych parametrach. Nie oznacza to, że należy pracować jedynie na chmurach niefiltrowanych, warto jednak zwrócić uwagę na niebezpieczeństwa związane z automatycznym eliminowaniem danych. Dopiero gruntowne opanowanie oprogramowania skanera oraz stosowanie niezależnych platform do obróbki danych laserowych pozwala na „bezpieczne” ich przetwarzanie i uzyskanie zamierzonego efektu.

Stosując skanery o różnych parametrach technicznych, jesteśmy w stanie dostarczyć klientowi dane odpowiednie pod względem jakości, gęstości oraz właściwości. Zdarza się jednak, że diametralnie różne zadania wykonywane są przy użyciu tego samego narzędzia, bo tylko takie było na wyposażeniu firmy. Praktyka taka prowadzi do niepełnego wykorzystania potencjału, jaki oferuje nowoczesna technologia. Stosowanie urzędzenia z parametrami niewłaściwymi do wykonania danego zadania jest też odstępstwem od kanonów obowiązujących zarówno w fotogrametrii, jak i geodezji.

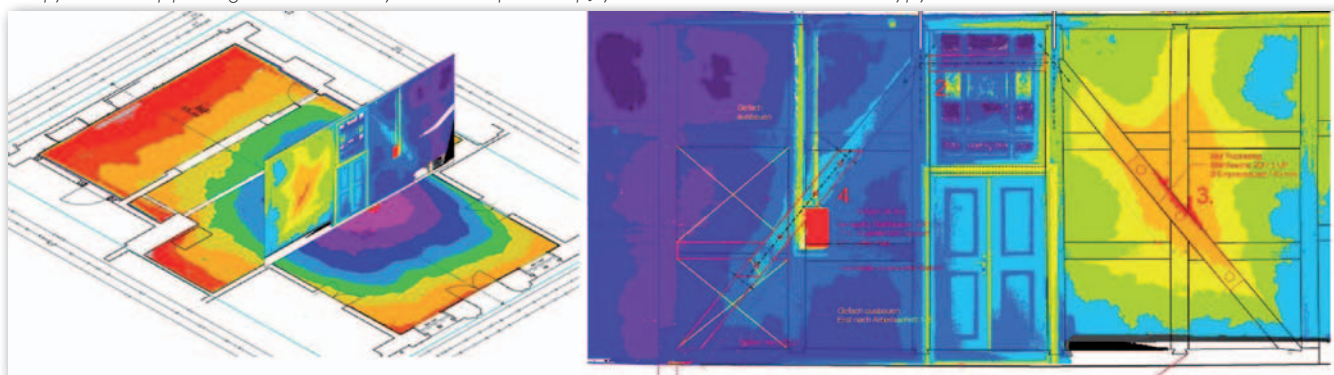
Podstawowym celem każdej firmy powinno być dostarczanie klientowi takiego produktu, jakiego on oczekuje. W przypadku skaningu laserowego mamy jednak kłopot z określeniem dokładności danych na etapie zamawiania usługi. Z reguły klient nie jest w stanie sprecyzować dokładności opracowania, co wynika najczęściej z jego nikłej wiedzy o samym skaningu. Zdarza się, że zamawiający potrafi jedynie zdefiniować cel, któremu ma służyć finalne

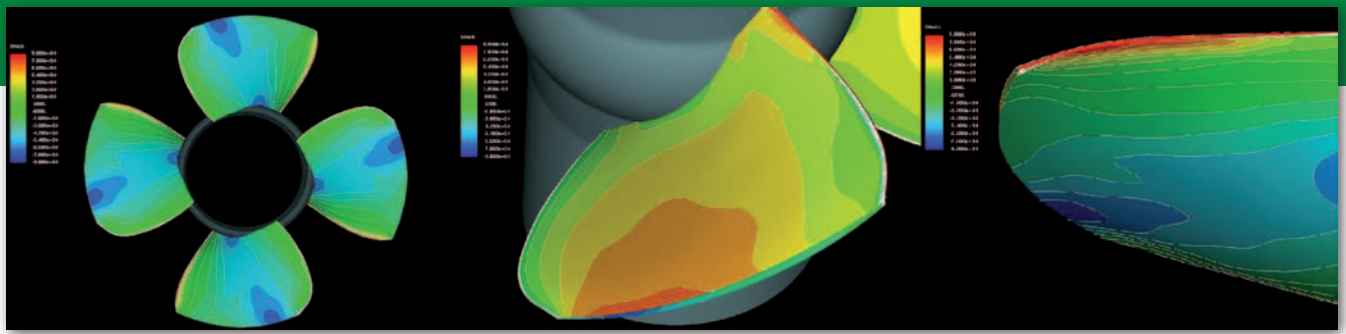
opracowanie. Do obowiązków wykonawcy należy zatem taki dobór sprzętu i metod pomiarowych, aby wynik prac spełniał oczekiwania klienta. Dla uniknięcia sytuacji konfliktowych nasza firma stara się dostarczać opracowania wykonane z dokładnością o poziom wyższą niż żądana przez klienta.

W Niemczech wymogi techniczne produktów końcowych są przejrzyste opisane w normach DIN oraz pracach tamtejszych architektów, którzy sprecyzowali w nich wymagania dokładnościowe oraz zawartość operatów. W Polsce sprawy te regulują Wytyczne Techniczne G-3.4 „Inwentaryzacja zespołów urbanistycznych, zespołów zieleni i obiektów architektury” wydane w 1980 r. przez GUGiK oraz normy ISO dla budownictwa (PN-ISO 7737 1994, PN-ISO 7976-1 1994). Na ich podstawie można wyróżnić dwa poziomy dokładności pomiaru elementów architektonicznych:

- 1 cm – mury i ściany, dla których wymiary podawane są z dokładnością do 1 cm (nawet jeżeli nie ma możliwości identyfikacji poszczególnych elementów z tą dokładnością),
- 2-3 mm – stolarka okienna, drzwiowa, detale (jeżeli są opracowywane w du-

Mapy deformacji podłogi oraz ścian budynku wraz z przenikającym szkicem elementów konstrukcyjnych



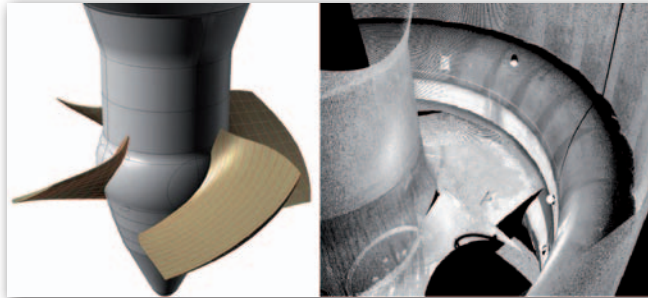


Mapy deformacji turbiny elektrowni wodnej w Neuhausen stworzone na potrzeby analiz aquadynamicznych

zym powiększeniu), dla których wymiary podawane są z dokładnością do 1 mm. Wydaje się jednak, że usystematyzowanie tego obszaru działalności i stworzenie standardów jest niezbędne nie tylko z uwagi na potrzeby dokumentacyjne/archiwizacyjne, ale i kontrolne (jakość wykonania prac). Poza tym standardy dają możliwość nieskrępowanej wymiany danych, co może przyczynić się do zwiększenia obszaru stosowania tej technologii.

Kolejnymi kryteriami są: dokładność kalibracji skanów i dalszej ich obróbki, zasięg skanera, a także możliwość dodatkowej rejestracji obrazu. Liczy się więc nie tylko precyzja samego urządzenia skanującego. Nie bez znaczenia są też kryteria ekonomiczne uwzględniające czas i łatwość pomiaru. Warto pamiętać o różnicy pomiędzy skanerami fazowymi i impulsowymi. Zarejestrowanie panoramicznej chmury punktów o wysokiej rozdzielczości za pomocą tych pierwszych zajmuje od kilku do kilkunastu minut, a za pomocą tych drugich – od kilkudziesięciu minut do kilku godzin.

Skaning laserowy tylko pozornie jest zadaniem mało skomplikowanym, z czego nie zawsze zdają sobie sprawę zainteresowani skanowaniem architektki czy projektanci. Po pierwsze, zapominają o tym, że do uzyskania właściwego produktu trzeba umieć założyć osnowę pomiarową. Jest to szczególnie ważne podczas badania deformacji obiektu bądź inwentaryzacji skomplikowanych struktur wymagających najwyższej precyzji. Wiedza



Model turbiny elektrowni wodnej w Neuhausen oraz zarejestrowana chmura punktów wraz z kulami kalibracyjnymi

dotycząca procesu wyrównania osnowy, liczby i rozmieszczenia punktów węzłowych jest nie do przecenienia. Po drugie, trudno myśleć o sukcesie w skaningu bez posiadania interdyscyplinarnego zespołu. Opracowanie końcowej dokumentacji wymaga nie tylko pracy geodetów, fotogrametrów czy fachowców od trójwymiarowych modeli, ale też architektów, specjalistów od konstrukcji budowli itp.

Wykonanie dziesiątków zleceń pozwoliło nam na wypracowanie własnej ścieżki technologicznej. Uwzględnia ona m.in. wyniki testów laboratoryjnych dotyczących charakterystyki odbitego promienia laserowego dla różnych typów skanerów, a także stopnia rozpoznawalności tarcz referencyjnych drukowanych w różny sposób na różnorodnych materiałach. Ważne dla efektu końcowego są właściwie dobranie fotopunkty, które powinny uwzględniać parametry instrumentu. Do tego dochodzi oczywiście wybór odpowiedniej metody orientacji i filtracji chmur punktów.

Skaning wsparty możliwością prowadzenia analiz dynamicznych znajduje szerokie zastosowanie w dziedzinie inżynierii odwrotnej (wstecznej).

W przypadku inwentaryzacji prowadzi ona do wiernego zrekonstruowania obrazu/kształtu badanego obiektu. Wśród licznych prac wykonanych przez nasz zespół ciekawym wydaje się projekt zrealizowany w 2010 r., którego celem było zeskanowanie oraz wirtualne „złożenie” fragmentów gotyckich okien. Kamienne elementy okien przewieziono do laboratorium, w którym ręcznym skanerem FaroArm precyzyjnie zeskanowaliśmy ich powierzchnię. Następnie za pomocą aplikacji: Faro, Lupos3D oraz Rhinoceros 3D, wymodelowaliśmy i odtworzyliśmy oryginalny kształt okien.

Analiza dynamiczna, czyli w dużym uproszczeniu śledzenie zmian obiektu w funkcji czasu, jest szczególnie przydatna w pomiarach obiektów przemysłowych. Jednym z trudniejszych tematów, z jakimi musieliśmy się zmierzyć, było badanie turbiny w elektrowni wodnej. Zadanie polegało na precyzyjnym określeniu zmiany kształtu łopatek turbiny na skutek jej wieloletniej eksploatacji. Na proces ten wpływ ma zarówno płynąca pod wielkim ciśnieniem woda, jak i przemieszczające się z nią ciała stałe. Wychodząc od pierwotnych planów turbiny oraz pozyskania danych o jej aktu-

alnym stanie, poprzez zeskanowanie jej wnętrza i zastosowanie autorskiej technologii bazującej na bardzo gęstych przekrojach i wygenerowaniu tzw. swobodnych kształtów, wymodelowaliśmy stan rzeczywistej turbiny.

Podczas prac trzeba było zrezygnować z automatycznej aproksymacji modelu, ponieważ operacja taka zafałszowałaby wynik końcowy. Dopiero po obróbce danych i przeprowadzeniu konsultacji z ekspertami od budowy i eksploatacji turbin mogliśmy przystąpić do narysowania „mapy” odchyleń turbiny od stanu pierwotnego.

Technologia analiz dynamicznych znajduje także zastosowanie w przemyśle stoczniowym. Dotyczy to zarówno etapu projektowania kadłuba statku, jak i analiz powykonawczych. Takie badania prowadzone na świeżo zmontowanym kadłubie dostarczają informacji na temat zależności pomiędzy jego odkształceniem a efektywnością pływu czy wielkością oporów wody. Inną grupą obiektów, dla których można zastosować tę metodę, są skomplikowane budowle inżynierskie (jak chociażby układy rur w instalacjach przemysłowych) czy budowle podatne na odkształcenia (np. wielkopowierzchniowe dachy czy ściany).

ŁUKASZ UCHAŃSKI
(Scan-3D Polska)
LARS SOERENSEN
(Scan-3D)

Spółka Scan-3D z Berlina działa od 2000 r. i specjalizuje się w inwentaryzacji obiektów budowlanych metodą naziemnego skaningu laserowego. Głównym terenem działania firmy są Niemcy. W 2011 r. otworzyła oddział w Warszawie