

Jak bardzo zmieniają się czasy i technika, niech świadczy fakt, że w użyciu są już instrumenty, które pozwalają mierzyć 1000-2000 punktów w ciągu 1 sekundy i tworzyć z nich bardzo dokładny i użyteczny model 3D.

Mowa tu o skanerach laserowych. Na świecie jest ich kilkaset, a dwa dotarły także do Polski:

CYRAX 2500 oraz **Callidus**.

Charakteryzują się one wysoką precyzją, wygodą i ekonomią pomiaru.

I chyba tylko cena może dziś powstrzymać potencjalnego użytkownika przed zamianą tachimetru

na to nowoczesne

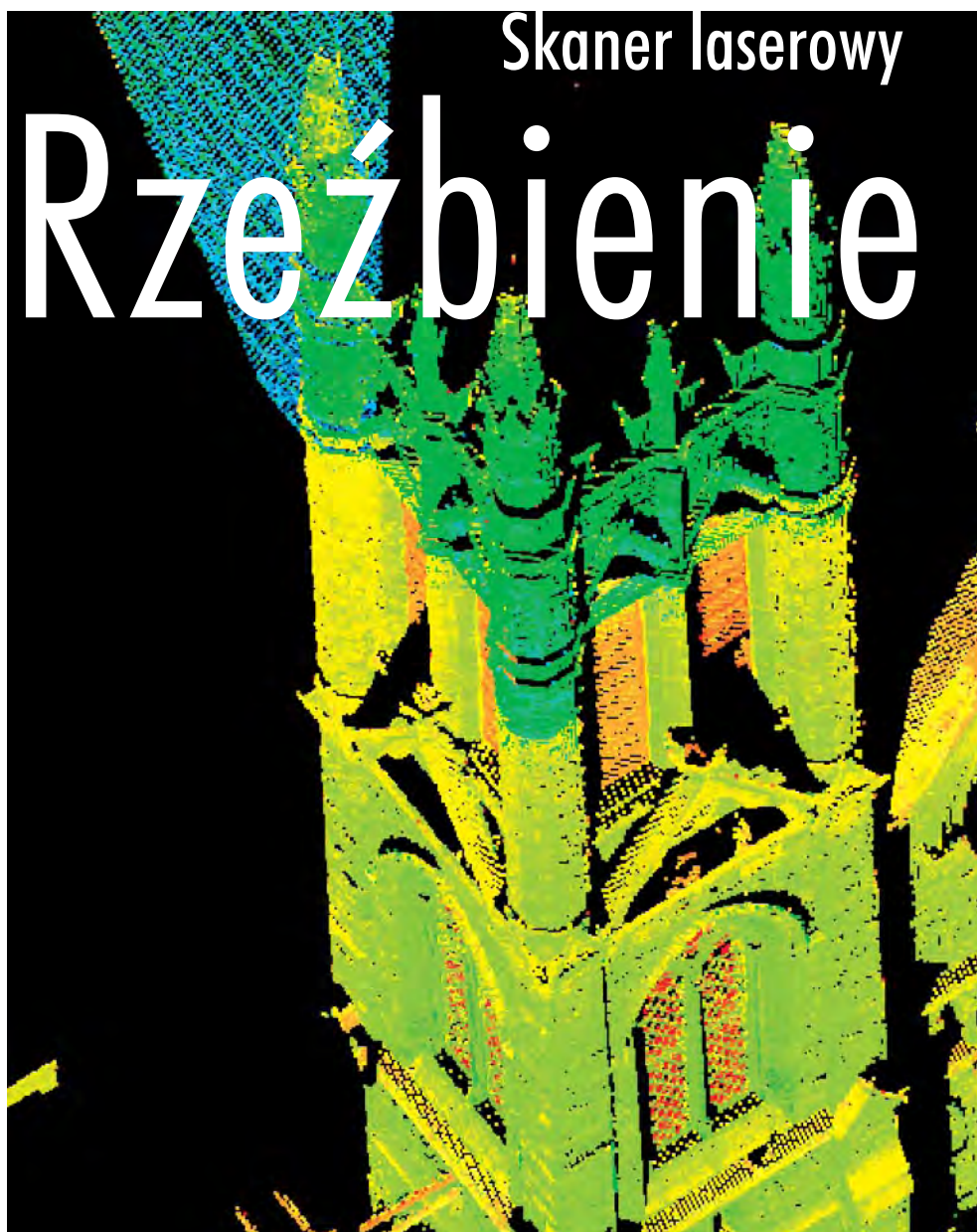
i bardzo funkcjonalne

urządzenie.

W zestawieniu

przedstawiamy kilka z nich, a szczegółowo –

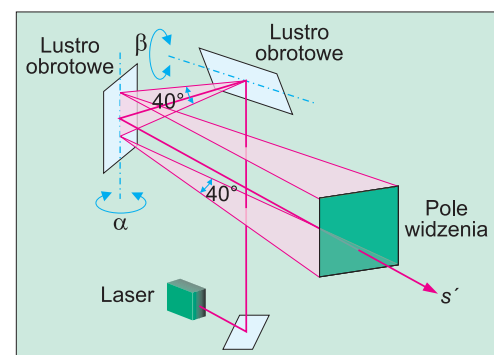
CYRAX 2500 firmy **Cyra Technologies** (koncern **Leica Geosystems**).



● Budowa i zasada działania

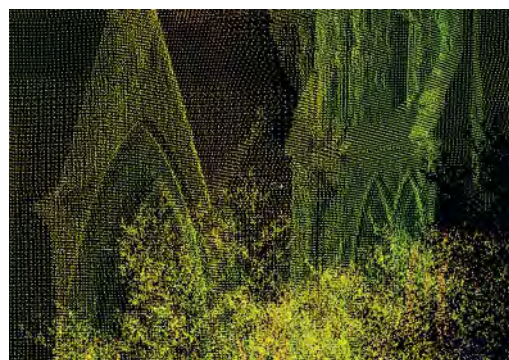
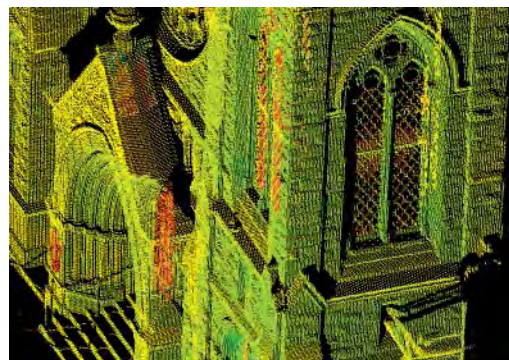
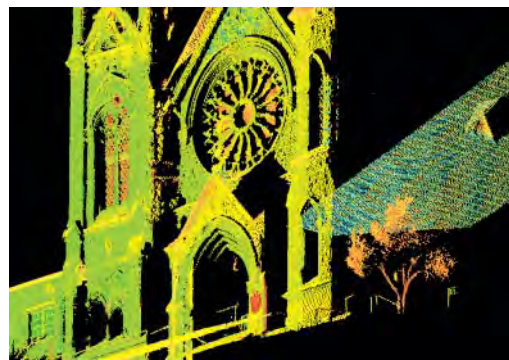
Od 1993 roku, kiedy to Ben Kacyra rozpoczął prace nad skanerem laserowym, instrumenty te przeszły ogromną ewolucję. Prototyp był tak duży, że trzeba go było transportować samochodem. Ale nawet w porównaniu z pierwszą generacją (modelem 2400) CYRAX 2500 jest o 50% mniejszy i lżejszy. Producent osiągnął to dzięki wysokiemu poziomowi integracji systemu i zmniejszeniu kluczowych elementów skanera. CYRAX 2500 działa na zasadzie dokładnego bezreflektorowego pomiaru odległości i odchylenia wiązki lasera. Pod-

stawą systemu jest bardzo szybki dalmierz impulsowy, który w określonym interwale czasu wysyła wiązkę światła. Prostopadle do siebie dwa obracane przez serwowymotor lustra kierują ją na skano-



CYRAX 2500

laserem



Oprogramowanie Cyclone pozwala oglądać chmurę punktów z różnych perspektyw i różnej odległości

waną powierzchnię (rys. obok). Mierzony jest czas przebycia drogi do obiektu i z powrotem. Jego pomiar wykonywany jest z dokładnością 10 ps ($10 \text{ s} \times 10^{-12}$), co w przeliczeniu na odległość daje $\pm 3 \text{ mm}$. W przypadku rekomendowanych odległości do skanowanego obiektu rzędu 1,5-50 m i wielkości plamki lasera 6 mm można osiągnąć dokładność pojedynczego pomiaru odległości do punktu w granicach $\pm 4 \text{ mm}$, a dokładność kąta – $12''$. Laser mierzy przystość o minimalnej wielkości $0,25 \times 0,25 \text{ mm}$. Do uzyskania precyzyjnego trójwymiarowego modelu ($\pm 2 \text{ mm}$) Auli Głównej Politechniki Warszawskiej wystarczy 5-godzinna sesja pomiarowa (ilustracja na s. 12).

● Czas na pomiar

W skład zestawu wchodzi: skaner laserowy, zasilacz, statyw oraz komputer wyposażony w specjalne oprogramowanie. Urządzenie zasilane jest z sieci lub z akumulatorów (ich wymiana nie powoduje przerwy w skanowaniu). Komunikacja skanera z komputerem prowadzona jest przez port Ethernet. Ustawienie instrumentu na statywie, zainicjowanie urządzenia pomiarowego i uruchomienie komputera zajmuje kilka minut. Przed rozpoczęciem pomiaru operator wykonuje wbudowanym w instrument aparatem CCD zdjęcie skanowanego obiektu. Posłuży mu ono w dalszej pracy do określenia zakresu skanowania.

Głowicę skanera należy ustawić ręcznie tak, aby obiekt znalazł się w polu widzenia instrumentu ($40^\circ \times 40^\circ$). Taki zakres pozwala z odległości 100 m zeskanować z jednego stanowiska $160\,000 \text{ m}^2$. Właściwy pomiar jest poprzedzony tzw. próbkowaniem, które umożliwi określenie odpowiedniej rozdzielczości skanowania dla otrzymania żądanej dokładności. W tym przypadku rozdzielczość uzależniona jest od głębi i poziomu skomplikowania kształtu obiektu, jego zdolności pochłaniania i odbijania światła, warunków atmosferycznych itp. CYRAX 2500 pozwala mierzyć maksymalnie obszar 1000×1000 punktów. Pomiar wykonywany jest z prędkością 1000 pkt/s, przy czym skanowanie odbywa się ko-

Skanery laserowe



Marka
Model

3rdTech
DeltaSphere-3000

Cyra Technologies
Cyrax 2500

MENSİ
GS100

Dokładność pojedynczego pomiaru odległości	±8 mm dla 12 m	±4 mm dla 50 m	±6 mm dla 100 m
Dokładność pojedynczego pomiaru pozycji	±10 mm dla 12 m	±4 mm dla 50 m	±6 mm dla 100 m
Dokładność pojedynczego pomiaru kąta	55"	12"	6"
Maks. szybkość skanowania	25 000 pkt/s	1000 pkt/s	5000 pkt/s
Min./maks. zasięg [m]	0,30/12	1,5/100	2/100
Minimalna wielkość mierzonego przyrostu	3'x3'	0,25x0,25 mm	6"x6"
Pole widzenia (pion/poziom)	150°/360°	40°/40°	60°/360°
Wielkość plamki lasera	7 mm dla 10 m	<6 mm dla 50 m	3 mm dla 50 m
Moc lasera [mW]	5	<1	1
Temperatura pracy	od 0°C do 45°C	od 0°C do 40°C	od 0°C do 40°C
Pomiar nocny	tak	tak	tak
Wodoszczelność	nie	nie	tak
Odporność na wstrząsy	tak	tak	tak
Zasilanie prądem zmiennym [V]	110-240	90-240	110-240
Zasilanie prądem stałym [V]	12	12	24
Baterie	standardowe baterie 12 V	akumulator kwasowo-ołowiowy	NiMh
Czas działania na bateriach [h]	4-8	8	4
Wymiary dł.xszer.xwys. [cm]	35,5x35,5x10,1	40x33,7x43	32x42x28
Waga [kg]	10	20,5	13,6
Gwarancja	1 rok	1 rok	1 rok

lumnami. Operator może na bieżąco filtrować dane i identyfikować punkty. Wyniki pomiaru w postaci chmury punktów (model 2D lub 3D) wizualizowane są na ekranie komputera. Wraz z informacją o ilości odbitego światła (odzwierciedlenie kolorów, które nazywane jest „czwartym wymiarem”) dają one realistyczny obraz skanowanego obiektu.

● Chmura punktów i układ współrzędnych

Chmura punktów jest natychmiastową reprezentacją wyników pomiaru skanerem laserowym. Bardzo szczegółowo i dokładnie odzwierciedla rzeczywistość. I choć jest to pierwszy poziom prezentacji danych, to już na tym etapie jesteśmy w stanie wpasowywać płaszczyzny i bryły

w grupy punktów, wykonywać pomiar i wymiarowanie między punktami modelu, tworzyć różnego rodzaju obiekty (kształty o zadanej grubości, kształtowniki, walce, kule i inne). Dzięki specjalnemu oprogramowaniu można przesuwać, obracać oraz zmieniać wielkość oglądanego obiektu. Dostępne są widoki perspektywiczne i modeli 3D.

Mierzone punkty odnoszone są do układu współrzędnych instrumentu, którego początek umieszczony jest w centrum skanera. Jeśli chcemy transformować chmurę z układu pomiarowego do układu lokalnego, trzeba określić metodami klasycznymi współrzędne co najmniej trzech punktów mierzonego obiektu. Następnie wykonuje się transformację (bez konieczności znajomości współrzędnych centrum skanera czy jego wysokości) i dalej

rejestruje współrzędne w żądanym układzie. Kolejne skany można łączyć (orientować) na wyraźnie widoczne punkty (detale) ze skanów sąsiednich. W przypadku, gdy detale nie pozwalają na uzyskanie odpowiedniej dokładności, należy ustalić tzw. punkty łączne, które pozwolą dopasować poszczególne skany. Można to uczynić, umieszczając specjalne tarcze (kuliste lub płaskie), które będą jednoznacznie identyfikowalne w chmurze punktów.

● Oprogramowanie i wymagania sprzętowe

Do rejestracji i obróbki danych pozyskanych CYRAX-em służy oprogramowanie Cyclone 4.0. Modułowa budowa pozwala na uzbrojenie skanera tylko w naj-

Skanery laserowe



Marka
Model

Optech Inc.
ILRIS 3D

Riegl USA
LPM 25 HA C

Trimble
Callidus

Dokładność pojedynczego pomiaru odległości	±7 mm dla 100 m	±8 mm dla 100 m	±5 mm dla 30 m
Dokładność pojedynczego pomiaru pozycji	±10 mm dla 100 m	±6,3 mm dla 20 m	±3 mm dla 30 m
Dokładność pojedynczego pomiaru kąta	16"	32"	6"
Maks. szybkość skanowania	2500 pkt/s	2000 pkt/s	2700 pkt/s
Min./maks. zasięg [m]	3/1500	2/100	0,15/80
Minimalna wielkość mierzonego przyrostu	5"x5"	32"x32"	15"x4'
Pole widzenia (pion/poziom)	40°/40°	300°/360°	140°/360°
Wielkość plamki lasera	17 mm dla 30 m	20 mm dla 20 m	40 mm dla 10 m
Moc lasera [mW]	10	1,35	2
Temperatura pracy	od 0°C do 40°C	od 0°C do 50°C	od 0°C do 40°C
Pomiar nocny	tak	tak	tak
Wodoszczelność	tak	nie	tak
Odporność na wstrząsy	tak	tak	tak
Zasilanie prądem zmiennym [V]	90-240	nie	100-240
Zasilanie prądem stałym [V]	18-36	11-18	12-30
Baterie	NiMh	standardowe baterie 12 V	akumulator samochodowy
Czas działania na bateriach [h]	2,5	8	
Wymiary dł.xszer.xwys. [cm]	31,2x31,2x20,5	25x30x32	46(wys.)x30(średn.)
Waga [kg]	12	11	13
Gwarancja	1 rok	1 rok	6 miesięcy

bardziej przydatne dla klienta części systemu. Podstawowym modulem (dostarczonym wraz ze skanerem) jest Cyclone-Scan, umożliwiający zdalne sterowanie skanerem, wykonywanie i analizę zdjęć cyfrowych, nastawienie niezbędnych parametrów urządzenia, filtrowanie skanowanych danych, wizualizację chmury punktów itp. Cyclone-Register służy m.in. do łączenia poszczególnych skanów (chmura do chmury), transformacji układów, automatycznego łączenia skanów (z pomiaru na tarczy Cyra). Cyclon-Model to narzędzie do modelowania obiektów. Moduł analizuje dane i umożliwia np. tworzenie siatki TIN, generowanie warstw i NMT, wpasowanie w chmurę punktów płaszczyzn i brył, tworzenie profili i przekrojów, kodowanie itd. Cyclone-Survey jest narzędziem umożliwiającym

połautomatyczne generowanie z chmury mapy (2D, 3D). Cyclone-Viewer pełni rolę przeglądarki modeli zarejestrowanych skanerem, a Cyclone-Server służy do pracy w sieci w trybie klient-serwer.

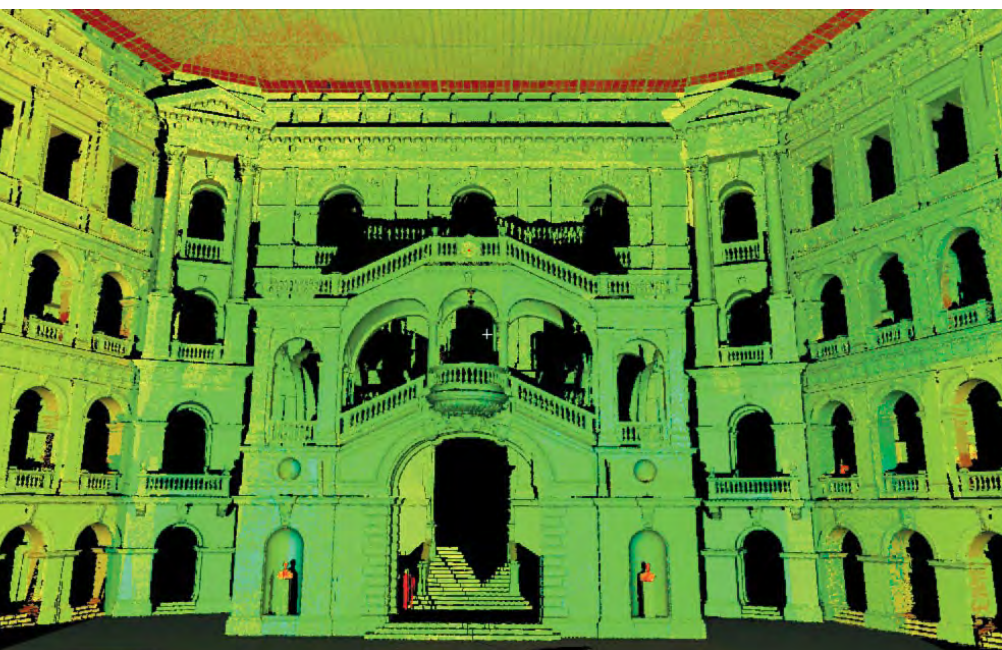
Oprogramowanie Cyclone pozwala na eksport danych w kilku formatach: COE (Cyclone Object Exchange) do MicroStation i AutoCAD-a, DXF, ASCII, CGP, RIEGL, a dla rastra – JPG i BMP.

Osobną aplikacją jest Bentley CloudWorx 2.0 przeznaczona dla użytkowników MicroStation i AutoCAD-a. Aplikacja ta rozwiązuje podstawowy problem systemów CAD-owskich, związany z ograniczeniami w operowaniu olbrzymią liczbą danych (w przypadku chmury punktów mamy do czynienia z milionami punktów).

Do płynnej obróbki danych potrzebny jest komputer co najmniej z procesorem Pentium III 1 GHz, posiadający 512 MB pamięci operacyjnej RAM, 40 GB twardego dysku oraz kartę graficzną wyposażoną w akcelerator 3-D OpenGL. Wszystkie wymienione aplikacje pracują na platformach Windows NT 4.0, Windows 2000 i Windows XP.

Zastosowanie

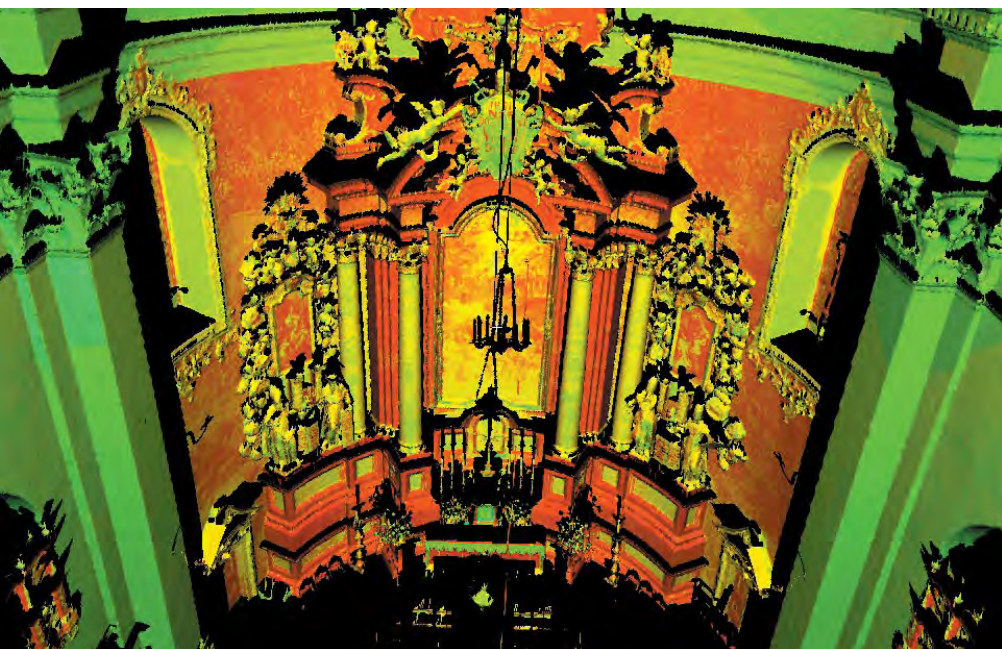
Skanery laserowe są na świecie coraz popularniejsze. Wykorzystywane są zarówno do badań naukowych, jak i zadań komercyjnych. Dziedziną, w której są najczęściej stosowane, jest projektowanie instalacji przemysłowych, których stopień skomplikowania jest niekiedy tak duży, że pomiar metodami klasycznymi nie przyniósłby pożądanego efektu.



Aula Główna Politechniki Warszawskiej

Może on być na tyle czasochłonny, że przerwa w pracy urzędów skutkowałaby ogromnymi stratami finansowymi. W przypadku instalacji energetycznych i chemicznych bywa niebezpieczny, a niekiedy wręcz niewykonalny. Skaner laserowy, dokonując bezlustrowego pomiaru, omija wszystkie te ograniczenia. Znacząca liczba prac została wykonana dla celów modernizacji dróg, autostrad i w różnego rodzaju opracowaniach budowlanych. Skaner laserowy jest nieocenionym narzędziem przy pracach podziemnych (tunele, kopalnie), skąd pozy-

skanie informacji było dotychczas znacznie utrudnione. Coraz szersze zastosowanie widoczne jest w architekturze, gdzie odpowiednia jakość dokumentacji odwierciedlającej stan obiektu jest najważniejszym elementem w ocenie zakresu i metody renowacji. Ten sposób pomiaru jest bardzo popularny także wśród archeologów. W znacznym stopniu upraszcza proces żmudnej inwentaryzacji poszczególnych warstw wykopalisk. Przejście do kolejnej odkrywki jest możliwe po wykonaniu pomiaru skanerm, a analiza może być przeprowadzona



Ołtarz w kościele św. Piotra i Pawła w Krakowie

na modelu wirtualnym. Technika ta zaczyna też bardzo prędko funkcjonować w przemyśle filmowym i rozrywkowym, gdzie wykorzystywana jest do tworzenia animacji. Obecna jest głównie tam, gdzie czas pomiaru decyduje o zastosowanej metodzie.

Bez wątpienia skaner laserowy jest konkurencją dla fotogrametrycznych pomiarów naziemnych, których proces opracowania jest bardzo kosztowny i długotrwały. Istnieje możliwość tworzenia planów warstwowych opartych na numerycznym modelu terenu, poprzez rzut trójwymiarowego skanu na płaszczyznę. Z pewnością skanery laserowe wkrótce zrewolucjonizują przemysł geomatyczny.

W Polsce przeprowadzono pierwsze pomiary w Krakowie i Warszawie. Skanowanymi obiektami były m.in.: kościół św. Piotra i Pawła, Barbakan, krypta grobowa w zakonie Reformatów oraz Aula Główna Politechniki Warszawskiej.

● Zalety i wady

Zalet skanera laserowego jest wiele. Można je wymieniać długo, począwszy od konstrukcji przez oprogramowanie, na poziomie użyteczności kończąc. Bez wątpienia skanowanie wpłynie znacząco na skrócenie czasu i redukcję kosztów pomiaru, a także procesu projektowego oraz pozwoli na uniknięcie błędów w projekcie. Nie można zapomnieć także o wysokiej precyzji instrumentu, która umożliwia zobrazowanie nawet drobnych detali. Abstrahując od ograniczeń technicznych (brak wodoszczelności, brak możliwości pomiaru poniżej 0°C, zaledwie roczny okres gwarancji), które będą zapewne wkrótce usunięte, technologia ma na razie jedną poważną wadę. Cena urządzenia waha się w granicach 125-150 tys. euro i zależy od konfiguracji oprogramowania i wyposażenia dodatkowego. Na zakup takiego sprzętu mogą więc sobie pozwolić tylko przedsiębiorstwa, które potrafią zapewnić ich pełne wykorzystanie (dniówka pracy takim skanerm kosztuje ok. 1500 euro).

Ale nie traćmy nadziei. Skanery, tak jak dalmierze, tachimetry i odbiorniki GPS, staną się wkrótce standardowym wyposażeniem firm geodezyjnych. A warto czekać, bo technologia jest na miarę XXI wieku.

Marek Studencki
Wszystkie prezentowane
opracowania udostępniła firma
Czerski Trade Polska