

Ireneusz Jesionek

Przykłady naziemnych skanerów laserowych

Acta Scientifica Academiae Ostroviensis nr 35-36, 123-130

2011

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Irencusz Jesionek

Przykłady naziemnych skanerów laserowych

1. Wstęp

Skanery laserowe są instrumentami, o których ostatnio wiele się mówi ze względu na wszechstronność zastosowania, wysoką dokładność (i niestety równie wysoką cenę). W Polsce technologia skanowania wciąż ma jeszcze posmak nowości. Ale skanerów z miesiąca na miesiąc przybywa i u nas. Urządzenia te służą do bardzo szybkiego, zdalnego pozyskiwania danych przestrzennych. Pracują wykorzystując laser impulsowy lub fazowy zintegrowany z kamerą cyfrową i komputerem. Dają one dokładne wyniki przy odległościach od obiektu w zakresie 0.5 m – 2500 m. Sam pomiar skanerem nie jest zbyt skomplikowany[6].

Ustawiamy go w najlepszym miejscu w stosunku do mierzonego obiektu a tzw. punkty dopasowania (tarcze lub sygnały) i lustra w jego otoczeniu. Za pomocą tachimetru namierzamy tarcze i lustra określając ich współrzędne w takim układzie, w jakim chcemy mieć pomierzony obiekt. Skaner nie wymaga poziomowania (posiada wbudowany kompensator), ani centrowania nad punktem. Jeżeli chodzi o czas trwania pomiaru, zależy on od wielkości obiektu oraz wymaganej dokładności pomiaru. Skanery dają możliwość pomiaru około 1000 – 500 000 punktów na sekundę (w zależności od modelu i klasy skanera), są więc niezwykle szybkim narzędziem do pozyskiwania danych [2]. Wielkości tego rzędu są dla geodety pracującego na tradycyjnym sprzęcie wielkościami kompletnie abstrakcyjnymi. Skanery różnią się również średnicą plamki wiązki lasera, która ulega zmianie wraz z odległością. To głównie ten parametr decyduje o przeznaczeniu skanera. Im mniejsza plamka tym większa dokładność pomiaru. Co za tym idzie, skanery służące do inwentaryzacji systemów przemysłowych będą miały nieduży zasięg, ale lepszą dokładność [4].

Skanery laserowe nie mają specjalnych wymagań, co do warunków oświetleniowych ani pogodowych, więc pomiary mogą być wykonywane zarówno w dzień jak i w nocy. Samo skanowanie odbywa się automatycznie, co pozwala na wykonywanie w jego trakcie innych prac geodezyjnych.

Wyniki pomiarów dostarczane są w postaci gęstej „chmury punktów” o dokładnie znanych współrzędnych X,Y,Z. Dane pomiarowe mogą być zapisane w najbardziej popularnych formatach (np. DXF, DWG) a następnie dowolnie modelowane i przetwarzane, w zależności od potrzeb i wymagań, przy użyciu programów takich jak: Cyclone, CloudWork, PolyWork, RealWork. Umożliwiają one m. in. łączenie skanów z zadaną dokładnością, filtrację danych, modelowanie, wykonywanie dowolnych przekrojów mierzonego obiektu, dokonywanie obliczeń odległości, powierzchni, objętości oraz parametrów fizycznych obiektu [2].

2. Przykłady najpopularniejszych skanerów

2.1 CYRAX 2500

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 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 jest już od kilku lat na rynku, w związku z czym trudno porównywać go z najnowszymi urządzeniami tego typu. Działa na zasadzie dokładnego bezreflektorowego pomiaru odległości oraz odchylenia wiązki lasera.

Podstawą systemu jest szybki dalmierz impulsowy, który w określonym interwale czasu wysyła wiązkę światła. Prostopadłe do siebie dwa obracane przez serwowator lustra kierują ją na skanowaną powierzchnię. 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 $\pm 3 \text{ mm}$. Skanuje z prędkością 1000 punktów na sekundę a jego zasięg to 200 m. W przypadku rekomendowanych odległości do skanowanego obiektu rzędu 1,5-50 m 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 przyrosty o minimalnej wielkości 0,25 x 0,25 mm.

Pomiar wykonywany jest z prędkością 1000 pkt/s, przy czym skanowanie odbywa się kolumnami. Operator może na bieżąco filtrować dane i identyfikować punkty. Wyniki pomiaru w postaci chmury punktów (model 2D lub 3D) wizualizowane są na ekranie komputera. 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 [5].

2.2 Trimble GX

Trimble GX to panoramiczny skaner laserowy o szybkości pomiaru do 5000 pkt/s. Jest to profesjonalny instrument pomiarowy, obecny na rynku od 2005 roku. Ma dwuosiowe kompensatory do wprowadzania poprawek z tytułu wychylenia osi pionowej skanera. Współpracuje ze spodarkami Wild, dzięki czemu możliwa jest pełna kontrola pozycjonowania głowicy względem punktów osnowy. Wbudowane serwowatory pozwalają na skanowanie w pełnym horyzoncie (360°), co dodatkowo umożliwia budowanie korzystnej geometrii transformacyjnych tarcz referencyjnych. Znacznik osi celowej (środkowa układu dalmierczego) na korpusie pozwala na bezpośrednie wyznaczenie wysokości głowicy względem przyjętego układu współrzędnych wysokościowych. Oszczędność czasu skanowania i wielkości pliku danych osiąga się dzięki możliwości wskazania obszaru skanowania na panoramicznym zdjęciu wykonanym wbudowaną w głowicę kamerą CCD.

Do prowadzenia pomiarów stosuje się programy PointScape i PocketScape, które pozwalają na ustawienie parametrów skanowania, pomiary na chmurze punktów oraz rendering. Do obróbki danych uzyskanych ze skanowania stosuje się Real Works Survey. Umożliwia on orientowanie skanów i ich łączenie, georeferencję chmur, pomiary, tworzenie raportów, modelowanie 3D, posiada także obsługę przetworzonych danych GPS. [3,4]

2.3 Topcon GLS – 1000

We wrześniu 2007 roku na targach INTERGEO w Lipsku Topcon zademonstrował swój skaner laserowy o symbolu GLS - 1000. W swojej konstrukcji mechanicznej mocno nawiązuje on do tachimetrów. Świadczą o tym chociażby zamontowane w obudowie leniwki z serwowatorami. Korzysta się z nich podczas ręcznego definiowania obszaru skanowania. Jeszcze jedną charakterystyczną cechą jest zainstalowany dwuosiowy kompensator.

Innowacją skanera jest zastosowanie wbudowanego interfejsu umożliwiającego obsługę urządzenia bez zewnętrznego komputera. Dzięki takiemu rozwiązaniu użytkownik może ustawić parametry skanowania, wykonać zdjęcie czy rozpocząć proces skanowania bez podłączania dodatkowych urządzeń zewnętrznych. Takiej konfiguracji powinna towarzyszyć wewnętrzna pamięć na obserwacje. Topcon postawił jednak na wymienne karty pamięci. Integracja w urządzeniu interfejsu sterowania, pamięci na dane i baterii ma, obok bezapelacyjnych zalet, jedną wadę – wymaga bezpośredniego dostępu do instrumentu. Specyfika klientów wykorzystujących dane pozyskane skanerami laserowymi (zakłady przemysłowe, budowniczowie, konstruktorzy, archeolodzy itp.) i realizowane dla nich zamówienia wymagają często pracy w trudnych warunkach, gdzie bezpośrednia obecność operatora jest mocno niewskazana. Z tej patowej sytuacji pozwala wybrnąć opcja zdalnej obsługi Topcon za pomocą łącza Wi-Fi (w promieniu ok. 100 m. od stanowiska pomiarowego).

Mobilność urządzenia podkreślają cztery wbudowane baterie pozwalające na nieprzerwaną pracę przez około 4 h. Całe gotowe do pracy urządzenie waży 12 kg. Kolejną innowacją jest zastosowanie najnowszej generacji lasera o klasie bezpieczeństwa 1, który potrafi wykonywać pomiary na odległości 350 m z dokładnością 4 mm. Dokładność pomiarów kątowych to 6". GLS –1000 przystosowany jest do wykonywania pomiarów w polu widzenia 360° w poziomie oraz 70° w pionie z prędkością 3 000 pkt/s gromadząc je na wymiennej karcie pamięci SD. Dodatkowe oprogramowanie Image Master pozwala na podgląd pracy, projektowanie obiektów w skanowaniu, a także eksport danych do formatów CAD. [3]

2.4 Leica HDS 3000 ScanStation 2

Ten uniwersalny skaner impulsowy charakteryzuje się wysoką dokładnością wyznaczenia pozycji (6 mm) i odległości (4 mm), a przede wszystkim niespotykaną dotąd zdolnością zageszczenia ścieżki skanowania poniżej 1 mm. Takie rozwiązanie jest szczególnie przydatne przy precyzyjnych pomiarach niewielkich elementów architektonicznych czy przemysłowych. Zaletą systemu jest również możliwość wizualnego umiejscowienia pojedynczego, specyficznego punktu czy wybranego elementu obiektu na badanej powierzchni i wykonanie jego bardzo dokładnego

pomiaru. Optyka skanera składa się z pojedynczego zwierciadła, nadającego wiązkę światła kierunek wychodzenia i powracania. Laser ma kolor zielony i jest widoczny dla człowieka. Wielkość plamki padającej na obiekt waha się od 4 do 6 mm w odległości od przeszkody nieprzekraczającej 50 m. System ma zdolność rejestracji nawet do 50 000 pkt/s. Zasięg pracy, gwarantowany przez producenta to 300 m (przy poziomie odbicia sygnału 90%, przy 18% będzie to 130 m).

Urządzenie charakteryzuje się również poszerzonym w stosunku do poprzedniej wersji ScanStation polem widzenia ($360^\circ \times 270^\circ$). Duże zasięgi pozwalają na skanowanie trudno dostępnych miejsc (stropy, tunele, mosty, wysokie budowle, kolumny, wieże) i monitorowanie rozległych obszarowo prac w terenie. Instrument posiada wbudowany aparat cyfrowy o rozdzielczości 1 megapiksela. Sterowanie pracą urządzenia odbywa się za pośrednictwem komputera z oprogramowaniem Leica CycloneSCAN. Zapewnia ono obsługę całego procesu skanowania i przetwarzania pomiarów. W aplikacji można zdefiniować gęstość ścieżki, obszar, a także sekwencje skanowania kolejnych obiektów [3].

2.5 Skanery fazowe Leica

Opisane dotychczas skanery były urządzeniami z impulsowym trybem pracy. Leica HDS 6200 oraz HDS 4500 są skanerami pracującymi w trybie fazowym. Technika impulsowa ma większy zasięg, ale za to niższą prędkość pomiaru w porównaniu z systemem fazowym. Instrumenty fazowe pozwalają na pomiar współrzędnych punktów i odtworzenie kształtu powierzchni z lepszą dokładnością niż w przypadku skanera impulsowego. Ich dużą zaletą, decydującą w wielu zastosowaniach o wyborze modelu tego typu, jest znacznie większa prędkość pracy.

Niewątpliwie, oba te instrumenty są bardziej zaawansowane technologicznie od prezentowanego HDS 3000. Na przykład HDS 6200 potrafi mierzyć 1 mln pkt/s a pole widzenia podawane przez producenta to $310^\circ \times 360^\circ$. Zasięg skanowania to 79 m. Urządzenie może pracować w temperaturach od -10°C do $+45^\circ\text{C}$. Instrument posiada wbudowany dysk twardy o pojemności 60 GB i pozwala na ustawienie zakresu oraz gęstości skanowania a także kontrolę sensora pochylenia z poziomu panelu sterowania. Instrument nie posiada kompensatora ani wbudowanego aparatu cyfrowego. Pracuje na tym samym oprogramowaniu co HDS 3000 [3], [8].

2.6 ZF Imager 5006

Skaner laserowy 3D IMAGER 5006 to jeden z najszybszych tego typu instrumentów na rynku. Jego maksymalna prędkość skanowania to 500 000 pkt/s. Urządzenie to należy do grupy instrumentów fazowych. Pojawił się na rynku w 2006 roku. W porównaniu z opisanymi skanerami fazowymi firmy Leica, ten posiada wyższą dokładność pomiaru. Maksymalny zasięg pracy to 79 m i wynika on z parametrów działania modułu dalmierczego (długości fali i jej częstotliwości), a dokładność liniowa na 50 m wynosi 1 mm. Światło lasera jest widoczne dla oka, ma kolor czerwony i klasę bezpieczeństwa III R, co oznacza, że nasz wzrok nie jest zagrożony.

Mechanizmy serwowatorów obracają instrument w zakresie 360° w poziomie i 310° w pionie. Warto wspomnieć, że niemiecki producent oferuje także specjalną serię 5006 o nazwie PROFILER. Różni się ona od IMAGERA tym, że pracuje tylko w jednej

płaszczyźnie – obraca się w pionie. Zainstalowany np. na samochodzie potrafi dokonywać pomiaru profili prostopadłych do kierunku jazdy. Instrument posiada wbudowany panel sterowania z 4-liniowym ciekłokrystalicznym ekranem z podświetleniem oraz 6 klawiszy. Zintegrowano go z wewnętrznym modułem komputerowym i dyskiem twardym o pojemności 80 GB. W środku znajdziemy system operacyjny Linux i oprogramowanie sterujące pracą urządzenia. Jego menu zostało ograniczone do minimum, tak by obsługa nie była nadto uciążliwa [3].

Warto dodać, że na tegorocznych Międzynarodowych targach Intergeo w Kolonii zaprezentowany został następcą omawianego skanera – ZF Imager 5010. Urządzenie mierzy na odległość od 0,3 do 187,3 m z dokładnością do 0,3 mm na dystansie 10 m i 2 mm na 100 m. Pole widzenia tego skanera wynosi 320° w pionie i 360° w poziomie. Dane zbiera z maksymalną prędkością 1,016 mln pkt/s. Na jednej baterii może działać do 2,5 godzin. Skaner ten był jednym z czterech nowych urządzeń do skaningu naziemnego zaprezentowanych na Intergeo 2010 [1].

Oprogramowanie Z+F LaserControl pozwala na skonfigurowanie sprzętu, natychmiastowe obejrzenie efektów jego pracy a nawet na pokolorowanie chmury punktów. Pozostałe rozwiązania mogą posłużyć wyłącznie do sterowania skanowaniem. Omawiany skaner znalazł zastosowanie m. in. na arabskiej pustyni, w Pałacu Wilanowskim, na lodowcu w Spitsbergenie. Jest stosowany także na kolejach brytyjskich i amerykańskich, które w określonych interwałach czasu są zobligowane do inwentaryzacji swojej sieci i wykrywania ewentualnych przeszkód w transporcie. Niemiecka policja kryminalna używa skanerów Z+F do dokumentowania miejsc przestępstw [3].

2.7 Lynx Mobile Mapper

Wynikiem ponad dwuletnich prac badawczych kanadyjskiej firmy Optech i włoskiej Sineco jest zintegrowany system mobilnego skaningu laserowego 3D – Lynx Mobile Mapper. Jego głównym zadaniem jest wykonywanie pomiarów skanerem laserowym, zamontowanym na ruchomej platformie. Działa on w trybie profilowania, tzn. jego praca odbywa się tylko w jednej płaszczyźnie. Sprzęt może być zainstalowany zarówno na samochodzie, jak i łodzi, dźwigu czy drezynie poruszającej się po torach kolejowych. Podstawowym elementem systemu Lynx jest stworzony przez kanadyjskiego Optecha specjalnie do tego celu skaner laserowy z obrotową głowicą 360°, pracujący tylko w jednej płaszczyźnie. Posiada on zasięg ok. 100 m, a prędkość skanowania wynosi 100 000 pkt/s. Głowica obraca się w prędkością 9000 obr./min i działa nawet w temperaturze -20°C, co przy innych skanerach jest praktycznie niemożliwe.

Na pojeździe zamontowany jest minimum jeden skaner, a najbardziej efektywne jest użycie dwóch sensorów a ich maksymalna ilość dla tego systemu to cztery. Lynx Mobile Mapper daje także możliwość podłączenia dwóch skalibrowanych kamer video, z których obraz służy do nakładania rzeczywistych kolorów na chmury punktów. Zestaw uzupełniają dwa dwuczęstotliwościowe odbiorniki satelitarne GPS. Jeden z nich dostarcza danych o pozycji samochodu, natomiast drugi pełni funkcję elektronicznego kompasu [3], [9].

2.8 Velodyne HDL-32E

Firma Velodyne zaprezentowała niedawno skaner laserowy HDL-32E. Urządzenie przeznaczone jest dla mobilnych systemów skanowania (MLS) i spośród innych produktów tej spółki wyróżniają je mniejsze gabaryty oraz niższa cena. HDL-32E ma wymiary 15 x 8,6 cm i waży niecałe 1,5 kg. Składa się z 32 laserów, które wykonują do 800 tys. pomiarów na sekundę. Pole widzenia skanera wynosi 360° w poziomie i 40° w pionie (od +10° do -30°).

HDL-32E wykonuje pomiary na odległości od 5 cm do 100 m z dokładnością nie gorszą niż 2 cm. Skaner niedawno wszedł do sprzedaży [7].

3. Zastosowanie skanerów w praktyce pomiarowej

Skanery laserowe są na świecie coraz popularniejsze. Wykorzystywane są zarówno do badań naukowych, jak i zadań komercyjnych. Dziedzina, w której są najczęściej stosowane, jest projektowanie instalacji przemysłowych, których stopień skomplikowania jest niekiedy tak duży, że pomiar metodami klasycznymi nie przyniósłby pożądanego efektu. Może on być na tyle czasochłonny, że przerwa w pracy urządzeń skutkowałaby ogromnymi stratami finansowymi. W przypadku instalacji energetycznych i chemicznych bywa niebezpieczny, a niekiedy wręcz niewykonalny. Skaner laserowy, dokonując bezlustrwego 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 pozyskanie informacji było dotychczas znacznie utrudnione. Coraz szersze zastosowanie widoczne jest w architekturze, gdzie odpowiednia jakość dokumentacji odzwierciedlającej 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 skanerem, a analiza może być przeprowadzona 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 wątplenia 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 [3], [4].

Literatura

1. Królikowski J., *Cała naprzód*, „Geodeta” 11/2010.
2. Maciaszek J., *Skanowanie laserowe jako nowa technologia inwentaryzacji i wizualizacji zabytkowych komór solnych*, „Przegląd Solny” 2008, t. 24, z. 3/2.

3. „Geodeta” 4/155, 2008, Dodatek SKANERY LASEROWE
4. Pudło M., *Skanery laserowe*, „Geodeta” 6/2006.
5. Studencki M., *Rzeźbienie laserem*, „Geodeta” 6/2003.
6. Ziajka M., *Nowe możliwości szybkich pomiarów obiektów inżynierskich*, „Przegląd Geodezyjny”, Warszawa 2003.
7. <http://www.geoforum.pl/?page=news&id=8513&link=nowy-skaner-velodyne-dla-mls&menu=46816,46853&year=2010&category=42>
8. http://www.leica-geosystems.pl/pl/Leica-HDS6200_64228.htm
9. <http://www.optech.ca/pdf/LynxDataSheet.pdf>

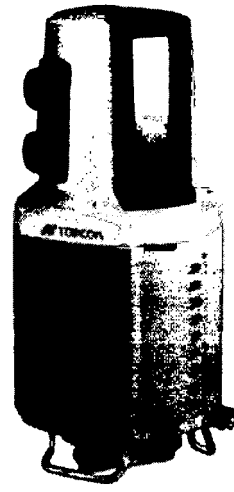
Załączniki:



1. Cyrax 2500



2. Trimble GX



3. Topcon GLS-1000



4. Leica HDS 3000



5. Leica HDS 6000



6. Leica HDS 4500



7. ZF Imager 5006



8. Lynx Mobile Mapper



9. Velodyne HDL-32E