



Naziemne skanowanie laserowe 3D, doświadczenia i perspektywy

Terrestrial 3D laser scanning, experiences and prospects

Dr inż. Piotr Gruchlik^{*)}

Treść: Zaprezentowano uzyskane doświadczenia w zakresie pomiarów skanerem laserowym 3D Trimble TX5. Poznanie i korzystanie z możliwości technologii skaningu laserowego umożliwia wprowadzanie nowej jakości w procesy inwentaryzowania i monitorowania szkód górniczych. Przedstawiono wybrane przykłady zrealizowanych pomiarów z wykorzystaniem skanera laserowego 3D

Abstract: This paper presents the experience gained in the field of 3D laser scanner measurements Trimble TX5. Knowledge and use of the capabilities of laser scanning technology allows to enter a new quality in the processes of inventory and monitoring of mining damage. Some examples of measurements were presented using a 3D laser scanner.

Słowa kluczowe:

skaner laserowy 3D, naziemne skanowanie laserowe, pomiary, szkody górnicze, monitoring

Key words:

3D laser scanner, Terrestrial Laser Scanning, measurement, mining damage, monitoring

1. Wprowadzenie

Skanowanie laserowe jest dziś najszybszą metodą pozyskiwania danych o zupełnie nowej jakości informacji. Otrzymywane tą drogą przestrzenne modele w postaci chmur punktów charakteryzują się kompleksowością zawartych informacji i wiernością odwzorowania mierzonego obiektu.

Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych Głównego Instytutu Górnictwa dysponuje nowoczesnym skanerem laserowym 3D Trimble TX5, który umożliwia pomiar obiektów z prędkością do 976 000 punktów na sekundę, w zasięgu 120 metrów. Wykonano już wiele pomiarów przy jego wykorzystaniu w trudnych technicznie obiektach, między innymi na terenie Bytomia. Doświadczenia wyniesione z realizowanych sesji pomiarowych pozwalają na stwierdzenie, że technologia skanowania laserowego 3D stanowi źródło bardzo dokładnych danych w procesie monitorowania deformacji obiektów i szkód górniczych. Wykorzystanie technologii skaningu laserowego w pracach badawczo-usługowych prowadzonych w Głównym Instytucie Górnictwa pozwala na pełniejsze niż dotychczas przygotowywanie oceny skutków eksploatacji górniczej w obiektach zabudowy powierzchni i oceny ich odporności na górnicze deformacje i wstrząsy podłoża.

Skaning laserowy umożliwia zdalny pomiar setki tysięcy punktów na sekundę z milimetrową precyzją. Każdy z punktów posiada nie tylko swoje współrzędne X, Y, Z ale również parametr intensywności odbitego sygnału czy też kolor. Dzięki

temu operowanie na „chmurze punktów” to zarówno realistyczne wizualizacje, precyzyjne pomiary w przeniesionej wirtualną rzeczywistość przestrzeni, jak i podstawa do zaawansowanego modelowania przestrzennego. Skaner, którym dysponuje GIG pozwala na gromadzenie danych geodezyjnych o stanie obecnym, pozyskiwanie danych do projektowania i przeprojektowywania oraz inspekcji technicznych i analiz porównawczych projektowanych obiektów z wykonanymi. Skanowanie obiektów budowlanych stanowi część zastosowań tego urządzenia. Skaner ten wykorzystywany jest również do skanowania 3D wyrobisk górniczych, hałd i wszelkiego typu obiektów o nieregularnym kształcie.

2. Prezentacja skanera i oprogramowania

Skaner laserowy Trimble TX5 jest precyzyjnym urządzeniem pomiarowym, które tworzy fotorealistyczne, trójwymiarowe obrazy. Działanie urządzenia opiera się na emisji wiązki podczerwonego światła laserowego w kierunku środka obracającego się lustra. Lustro zmienia kierunek lasera podczas obrotów w pionie dookoła skanowanego otoczenia; rozproszone światło z otaczających przedmiotów jest następnie odbijane i wraca do skanera.

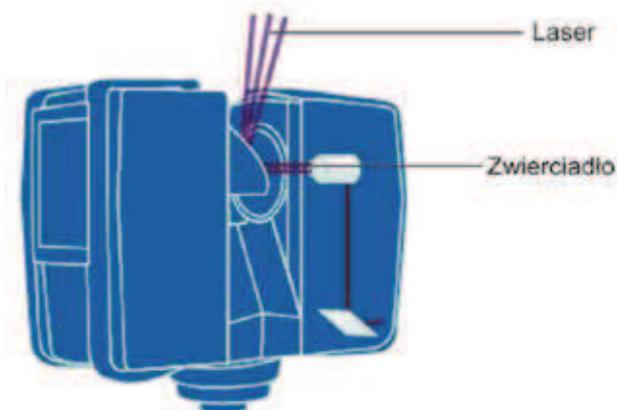
W procesie pomiaru odległości skaner Trimble TX5 wykorzystuje technologię przesunięcia fazowego. Wiązka lasera jest modulowana stałymi falami o różnych długościach. Odległość od skanera do przedmiotu jest określana dokładnie przez pomiar przesunięcia fazowego fal światła podczerwonego. Hipermulacja znacznie poprawia stosunek sygnału

^{*)} Główny Instytut Górnictwa w Katowicach

do szumu modulowanego sygnału przy pomocy specjalnej technologii modulacji. Współrzędne X, Y, Z każdego punktu są następnie obliczane przy użyciu koderów kątowych, aby zmierzyć obrót lustra i poziomy obrót skanera Trimble TX5. Kąty te są kodowane jednocześnie z pomiarem odległości. Odległość, kąt pionowy i kąt poziomy tworzą współrzędną biegunową (δ , α , β), która jest następnie przekształcana na współrzędną kartezjańską (x , y , z). Skaner pokrywa pole widzenia $360^\circ \times 300^\circ$.



Rys. 1. Skaner laserowy 3D Trimble TX5
Fig. 1. Trimble TX5 3D laser scanner



Rys. 2. Konstrukcja skanera laserowego 3D
Fig. 2. 3D laser scanner design

Skaner Trimble TX5 (rys. 1) wyposażony jest w zestaw automatycznych sensorów wspomagających proces rejestracji. System posiada wbudowany kompas elektroniczny, pozwalający na nadanie pozyskiwanym chmurom punktów informacji o kierunku, oraz dwuosiowy kompensator, umożliwiający pozyskanie danych, dotyczących pochylenia urządzenia. Dodatkowo wbudowany czujnik wysokości określa wysokość względem punktu stałego barometrem elektronicznym i dodaje ją do skanu.

Dane ze skanera laserowego Trimble TX5 gromadzone są na karcie SD, co pozwala na łatwy i bezpieczny transfer danych na PC. Dane są wstępnie przetwarzane i rejestrowane w oprogramowaniu Trimble SCENE, po czym mogą

w łatwy sposób zostać zaimportowane do aplikacji Trimble RealWorks, umożliwiającej wykonywanie dalszych operacji i analiz, m.in. pomiarów i modelowania 3D (rys. 2). Uzyskane dane mogą zostać w dalszej kolejności wyeksportowane do oprogramowania 3D typu CAD.

3. Wybrane przykłady zrealizowanych pomiarów

Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych Głównego Instytutu Górnictwa wykonał już kilkadziesiąt pomiarów przy wykorzystaniu skanera laserowego 3D (rys. 3). Z bogatego materiału pomiarowego wybrano kilka ciekawszych przykładów.

3.1. Kościół pw. św. Krzyża w Bytomiu-Miechowicach

Kościół pw. świętego Krzyża jest zlokalizowany w dzielnicy Bytomia-Miechowicach, pomiędzy ulicami Frenzla i Andersa. Zabytkowy obiekt świątyni pochodzi z drugiej połowy XIX wieku. Budynek ten wzniesiono jako murowany w stylu neogotyckim.

Zrealizowano kilka pomiarów na różnych etapach rozwoju eksploatacji górniczej w bezpośrednim sąsiedztwie Kościoła. Przedmiotami szczególnej uwagi były:

- ozdobna ściana attyki na zewnątrz obiektu,
- sklepienia typu gwiaździstego, oparte na ścianach zewnętrznych i filarach wewnętrznych Kościoła.

3.2. Budynek wielorodzinny w Bytomiu

Budynek mieszkalny, wielorodzinny usytuowany w dzielnicy Bytomia-Miechowicach przy ul. Wolnego. Obiekt wybudowany w 1904 roku. Budynek został zabezpieczony na wpływy górnicze poprzez skotwienie w poziomie wszystkich stropów (rys. 4, 5).

3.3. Niecka obniżeniowa w rejonie torowiska Maczki-Bór

Przeprowadzono pomiary deformacji terenu w rejonie Maczki-Bór na OG KWK „Kazimierz-Juliusz”. Zeskanowano nieckę obniżeniową niewielkich rozmiarów, która objęła część torowiska bocznic kolejowej. Opracowany na podstawie wyników pomiarów model 3D terenu, potwierdził w pełni wyniki obserwacji geodezyjnych prowadzonych przez Dział Mierniczy Kopalni (rys. 6, 7).

3.4. Jaskinia „Szachownica”

Trudnym obiektem do pomiarów okazał się kompleks 5 sal w jaskini „Szachownica” na terenie Wyżyny Woźnicko-Wieluńskiej. System jaskiniowy Szachownicy został odsłonięty w trakcie eksploatacji kamienia. Zachwiano tym sposobem statykę górotworu, co powoduje zawały i obrywy stropów. Jest to miejsce masowej zimowej hibernacji nietoperzy. Ze względu na niezwykle urozmaiconą i trudną do pomiarów powierzchnię wewnątrz, zastosowano sztuczne punkty odniesienia w postaci szachownic mocowanych na ociosach sal jaskini (rys. 8).

Otrzymane z procesu skanowania dane były dalej przetwarzane w zakresie:

- orientacji chmury punktów z wszystkich skanów do jednego układu współrzędnych,
- budowy trójwymiarowego numerycznego modelu obiektu,
- tworzenia rysunków 2D (rzuty, przekroje, profile),
- porównywania zmian stanu rzeczywistego obiektu w czasie.



Rys. 3. Przykłady modeli 3D Kościoła na bazie zarejestrowanych skanów
Fig. 3. Examples of 3D models of the Church on the basis of registered scans



Rys. 4. Widok 3D zarejestrowanych skanów budynku mieszkalnego
Fig. 4. 3D view registered scans of a residential building



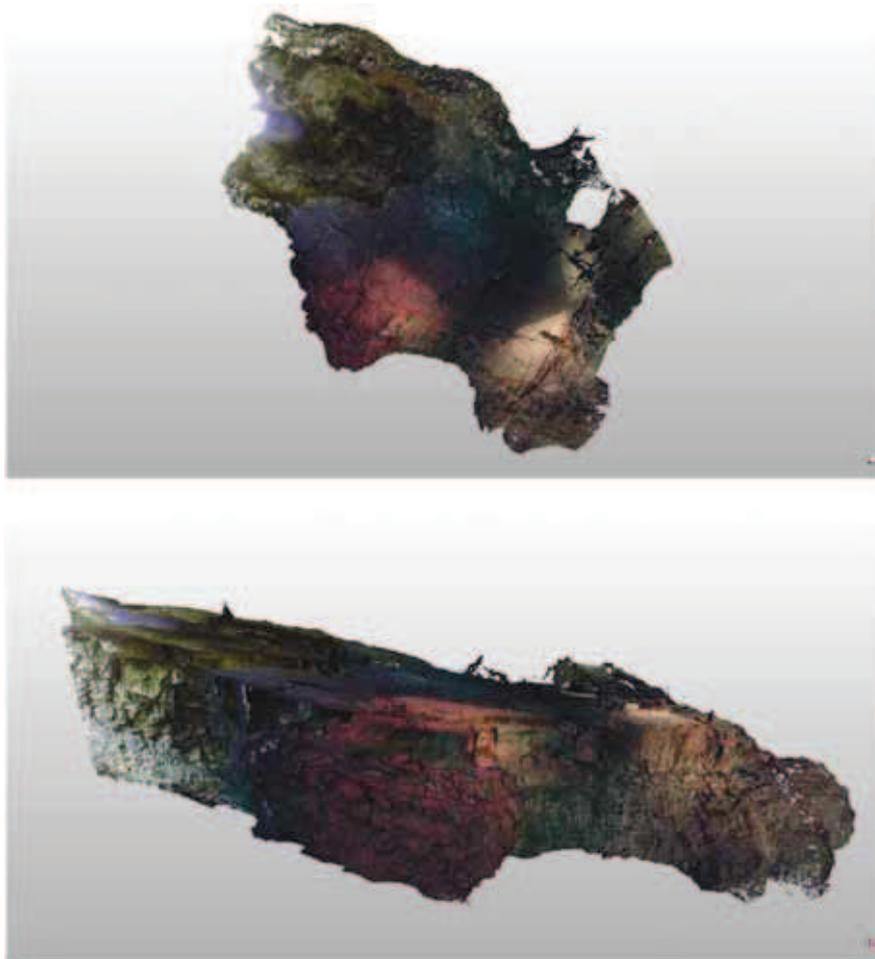
Rys. 5. Widok modelu 3D budynku mieszkalnego
Fig. 5. 3D model of residential building



Rys. 6. Widok fragmentu torowiska w rejonie mierzonej niecki
Fig. 6. Schematic view of railway in the area of the measured subsidence



Rys. 7. Widok modelu 3D terenu w rejonie mierzonej niecki
Fig. 7. View of 3D terrain model in the area of the measured subsidence



Rys. 8. Przykłady modeli 3D sali wejściowej jaskini Szachownica na bazie zarejestrowanych skanów

Fig. 8. Examples of 3D models of the cave Chessboard entrance hall on the basis of registered scans

4. Podsumowanie

Zrealizowane pomiary za pomocą skanera laserowego 3D Trimble TX5 pozwoliły na praktyczne poznanie możliwości technologii skaningu laserowego.

Przed rozpoczęciem skanowania należy upewnić się, że będzie wystarczająco dużo obiektów odniesienia w skanach, tak by nie było problemów w późniejszym procesie rejestracji. Rejestracja skanów w programie SCENE możliwa jest na podstawie naturalnych punktów odniesienia. Zaleca się jednak skorygowanie skanowanego środowiska o dodatkowe sztuczne obiekty odniesienia, takie jak cele sferyczne lub szachownicowe. Dzięki temu można osiągnąć bardziej precyzyjne wyniki rejestracji, gdy takie cele zostaną wprowadzone.

W trakcie pomiarów należy pamiętać, że czynnikami wpływającymi na dokładność pomiaru skanerem laserowym są: zapylenie, wilgotność powietrza, silne źródła światła, wibracje podłoża, odległość mierzonych punktów od skanera, rodzaj skanowanej powierzchni (kolor i struktura). Aby zmniejszyć wpływ tych czynników należy: wykonywać pomiar w sprzyjających warunkach atmosferycznych, unikać pomiaru na obszarach o dużym zapyleniu, nie wykonywać pomiarów podczas pracy ciężkich maszyn lub innych urządzeń powodujących drgania podłoża.

Uzyskane doświadczenie w zrealizowanych sesjach pomiarowych pozwala na stwierdzenie, że technologia skanowania laserowego 3D stanowi źródło bardzo dokładnych

danych w procesie monitorowania stanu obiektów i szkód górniczych. Pozyskiwane w wyniku skanowania wysokodokładne kolorowe zobrazowania 3D, utworzone z milionów danych pomiarowych, umożliwiają wykonywanie dalszych operacji i analiz m.in. pomiarów i modelowania 3D. Dane pomiarowe otrzymywane ze skanowania laserowego wprowadzają nową jakość w procesy inwentaryzowania i monitorowania szkód górniczych.

Literatura

1. Maciaszek J., Gawalkiewicz R.: Zastosowanie skanowania laserowego w diagnostyce obiektów podlegających wpływowi eksploatacji górniczej, Wydawnictwo AGH, Geodezja tom 12 zeszyt 2, 2006 str. 303 ÷ 316
2. Pilecki R.: Zastosowania naziemnego skanera laserowego, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Zeszyt 26, 2012 str. 223 ÷ 233
3. Praca badawczo-rozwojowa GIG nr 58224154-131: Ocena możliwości i warunków prowadzenia eksploatacji górniczej przez KW S.A. Oddział KWK „Bobrek-Centrum” w ramach planu ruchu na lata 2015-2016 w aspekcie ochrony powierzchni, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2014
4. Trimble TX5 3D Laser Scanner User Guide, ver. 1.00, October 2012
5. Trimble TX5 SCENE Software User Guide, ver. 5.1.2., March 2013
6. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. (Dz. U. 2011 nr 163 poz. 981)