

3 RAZY TRIMBLE

Okresowe pomiary w ramach monitoringu geodezyjnego prowadzonego instrumentami skanującymi, tj. tachimetrami i skanerami laserowymi, pozwalają uzyskiwać modele punktowe (o charakterze quasi-ciągłym) łatwe do obróbki i analizy. Na szczególną uwagę zasługują trzy instrumenty Trimble: tachimetr skanujący VX oraz skanery panoramiczne GX i Callidus.

RAFAŁ GAWAŁKIEWICZ

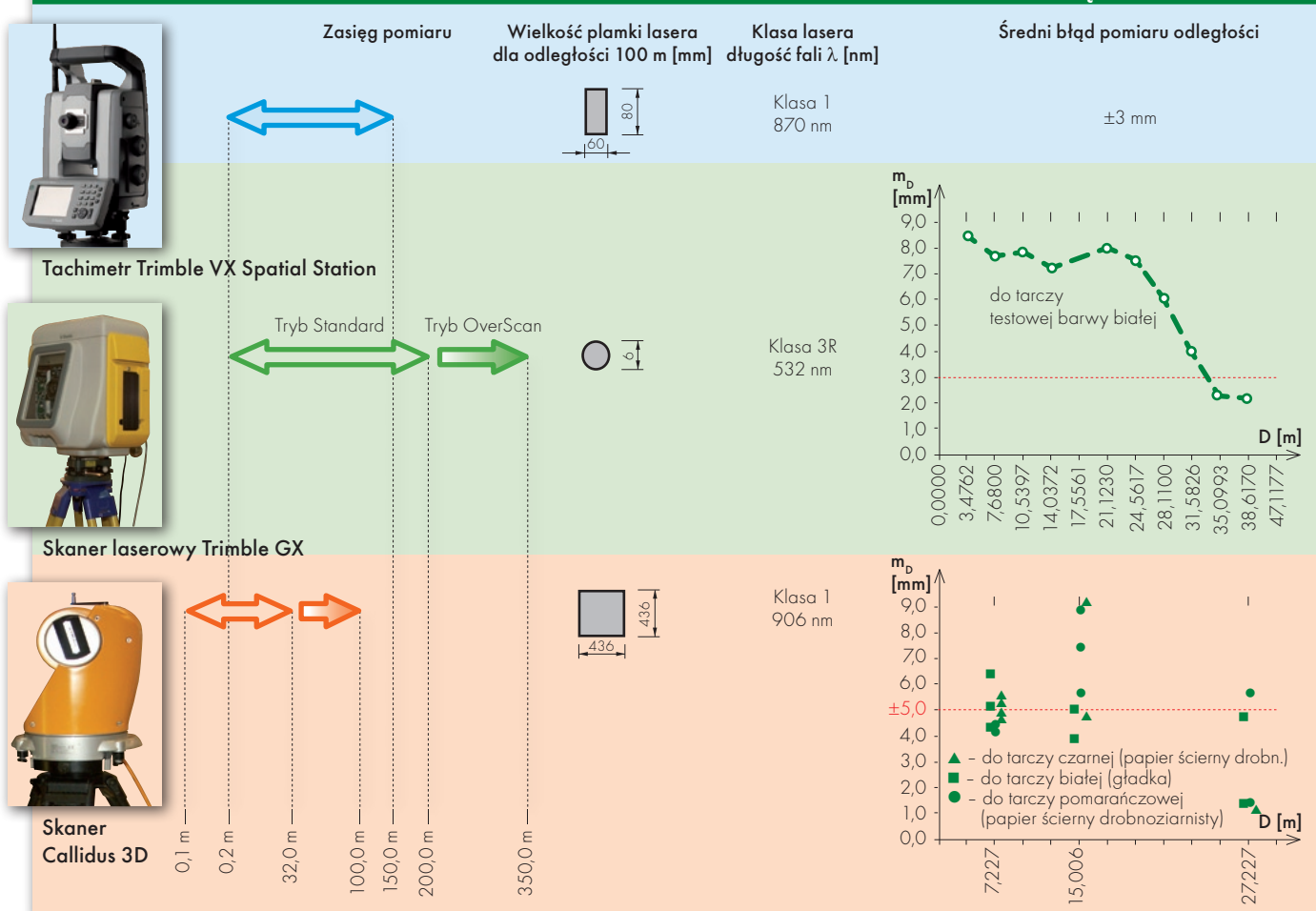
Potrzeba częstej inwentaryzacji obiektów przemysłowych nabiera szczególnego znaczenia na terenach górniczych, gdzie deformacje podłoża wywołane eksploatacją podziemną powodują szkody górnicze w postaci spękań, uszkodzeń i wychyleń elementów konstrukcyjnych, a w skrajnych przypadkach – częściową lub całkowitą ich destrukcję. Bardzo często charakter tych zmian, ich

wielkość oraz częstotliwość, a także złożoność geometryczna i geomorfologiczna obserwowanych obiektów wymuszają stosowanie technik pomiarowych o wysokiej dokładności. Z uwagi na niewielką liczbę mierzonych punktów (najczęściej sygnalizowanych na powierzchni) klasyczne sposoby pomiaru umożliwiały tylko przybliżoną interpretację zmian. Dotyczy to zarówno inwentaryzowanych powierzchni terenu (tworzenie numerycznego modelu terenu) lub modeli obiektów o nieregularnej geometrii (np. haład, skła-

dowisk, zwałowisk), jak i wielokubaturowych obiektów inżynierskich (chłodni kominowych, kominów, zbiorników cieczy i gazów, wyrobisk górniczych kopalń podziemnych i odkrywkowych).

Alternatywna metoda fotogrametryczna, mimo walorów wynikających z charakteru rejestracji danych w formie zdjęć (możliwość „obrysowania” dowolnych szczegółów ze stereogramów), napotyka jednak znaczące ograniczenia np. w szczególnych warunkach atmosferycznych (zamglenie na powierzchni

ZESTAWIENIE WYBRANYCH PARAMETRÓW TECHNICZNYCH INSTRUMENTÓW SKANUJĄCYCH TRIMBLE



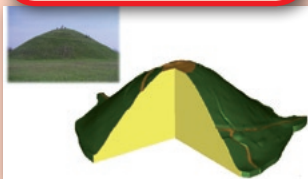
Pomiary deformacji chłodni hiperboidalnej w EC Kraków



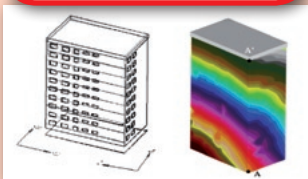
Pomiary wychylenia kominia w KS Bochnia



Pomiar geometrii zabytkowego Kopca Krakusa



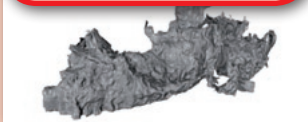
Rektyfikacja w terenie górniczym 11-kondygn. bloku



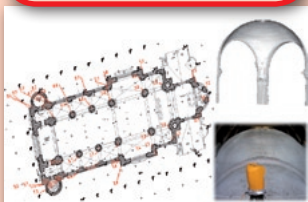
Inwentaryzacja latarni Stilo



Inwentaryzacja Smoczej Jamy na Wawelu



Inwentaryzacja kościoła ZNMP w Inowrocławiu



POMIAR - SKANOWANIE OBIEKTU I POZYSKANIE „CHMURY PUNKTÓW”



Wczytywanie danych do programów:
3D - Extractor,
3D Real Works Survey



Obróbka danych pomiarowych
● matematyczne (półautomatyczne) wpasowanie płaszczyzn, stożków, walców we wskazane fragmenty „chmury punktów”

- „powlekanie chmury punktów” siatkami 3D
- „filtracja” zbioru danych



Tworzenie numerycznego modelu 3D obiektu

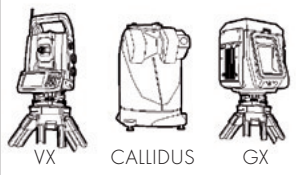


Eksport danych w formacie DXF do programu środowiska CAD

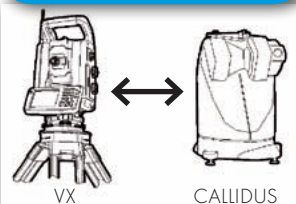


Analizy i obróbka danych skaningowych oraz wizualizacja wyników

GEODEZJA INŻYNIERYJNO-PRZEMYSŁOWA



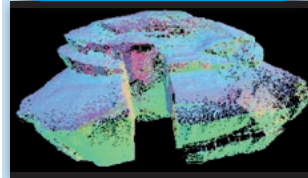
GEODEZJA GÓRNICZA



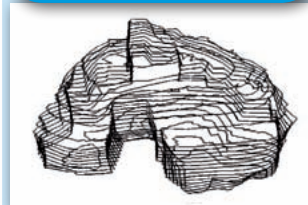
INNE PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA DANYCH

Przykłady wykorzystania w Polsce instrumentów laserowych Trimble

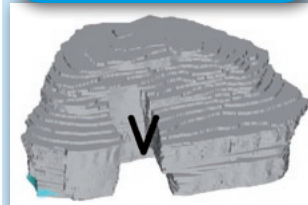
Archiwizacja stanu obecnego obiektów.
Wyrobniska górnicze (pochodzenia technogennego) komora solna E. Barączka w KS Wieliczka



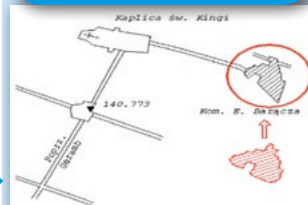
Generowanie przekrojów poziomych i pionowych z chmur punktów



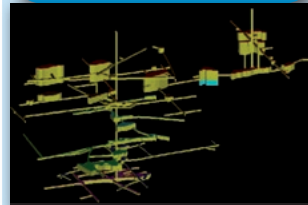
Wyznaczanie objętości wyrobisk - komora E. Barączka w KS Wieliczka



Aktualizacja map wyrobisk - komora E. Barączka w KS Wieliczka



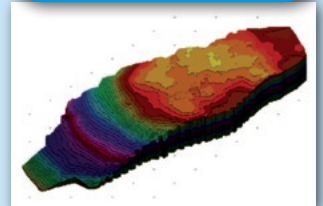
Tworzenie map przestrzennych kopalni (nie tylko zabytkowych)



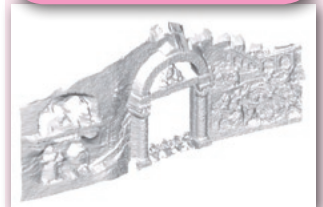
Inwentaryzacja geometrii zbiorników retencyjnych w ZG Rudna



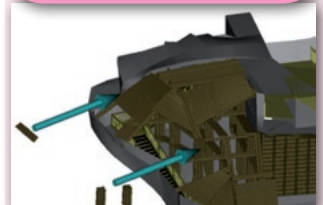
Badanie odkształceń stropów i konwergencji objętościowej w Kaplicy Św. Kingi



Architektura w górnictwie Kaplica Św. Kingi w KS Wieliczka



Ochrona wyrobisk



Animacja 3D - wizualizacja zespołu komór M. Saurau w KS Wieliczka



Prezentacje reklamowe obiektów (nie tylko architektury)

lub zapylenie powietrza w wyrobiskach podziemnych lub odkrywkach). Innym mankamentem metody jest ograniczona zdolność tworzenia ze zdjęć modeli przestrzennych obiektów o charakterze nieregularnym (wysoki stopień generalizacji szczegółów), takich jak wyrobiska podziemne, jaskinie czy groty.

Obraz przestrzenny znacznie lepiej oddaje charakter i geometrię inwentaryzowanego obiektu niż opracowania płaskie, zwłaszcza gdy dotyczy skomplikowanych brył. Laserowe techniki automatycznego pomiaru pozwalają obecnie w krótkim czasie uzyskiwać gęste modele punktowe badanego obiektu, ułatwiające kontrolę prac realizacyjnych na dowolnym etapie jego wznoszenia, jak również rejestrację zmian geometrii (deformacji strukturalnych) podczas użytkowania budowli w dłuższym okresie czasu (monitoring). Obie metody (fotogrametryczna i skaning laserowy) w terenie dostarczają tylko półproduktów w postaci:

- przestrzennego rysunku wektorowego (metoda fotogrametryczna);
- modelu punktowego pokrywającego powierzchnię badanego obiektu (skaning laserowy).

Wspólną cechą obu metod jest obraz otrzymany w drodze pomiaru. Chmura punktów ze skanera zawiera nieuporządkowaną informację, a zobrazowanie fotogrametryczne w postaci zdjęć charakteryzuje brak informacji topologicznej. Zatem zdjęcie i skan są tylko półproduktami (efektami pomiaru), które wymagają specjalistycznego przetwarzania dostępnymi narzędziami dla uzyskania informacji użytecznej dla końcowego opracowania, np. modelu przestrzennego.

● TRIMBLE VX SPATIAL STATION

Kiedy w ramach prowadzonych badań po raz pierwszy zetknąłem się z wybranymi modelami skanerów laserowych i tachimetrów skanujących, główne kryteria oceny stopnia przydatności określonych modeli do realizacji zadań inwentaryzacyjnych budowli powierzchniowych i podziemnych stanowiły: dokładność pomiaru, zasięg, rodzaj impulsu świetlnego (długość fali świetlnej) i wielkość plamki lasera, szybkość pomiaru, zakres pola widzenia (bez zmiany położenia okna pomiarowego głowicy skanującej), sposób przestrzennego pozycjonowania instrumentu oraz orientacji względem różnego rodzaju sygnałów referencyjnych.

Spośród testowanych instrumentów na wyróżnienie zasługuje, jeden z najszybszych na świecie, tachimetr skanujący VX Spatial Station Trimble. Będąc rozwinięciem modelu S6, umożliwia automa-

tyczny pomiar do 15 pkt/s i zawiera wiele nowinek technicznych. W szczególności zaletą tego instrumentu jest zaczerpnięta z drogiej technologii skaningowych wbudowana i zintegrowana z układem kątomierzczym kamera działająca w technologii VISION. Pozwala ona na wizualizację pola pomiaru na kolorowym ekranie kontrolera Trimble CU lub Trimble TSC2. Integracja obu modułów umożliwia podgląd szczegółów oraz wybór obszaru skanowania bezpośrednio na ekranie kontrolera za pomocą polilinii o dowolnym kształcie (analogicznie jak w skanerze GX). Zatem wybór obszarów pomiaru zlokalizowanych nawet bezpośrednio nad stanowiskiem nie wymaga stosowania specjalnych okularów z pryzmatami łamiącymi. Dodatkowo użytkownik może w ramach kontroli automatycznie zwizualizować punkty pomiarowe na ekranie kontrolera, a tym samym uzupełnić ewentualne braki w danych przy znaczącym skróceniu czasu związanego z koniecznością prowadzenia szkiców polowych.

Innym unikalnym rozwiązaniem jest technologia Spatial Imaging (obrazowanie przestrzenne), stanowiąca połączenie technik tachimetrycznych, skaningu laserowego oraz zdjęć metrycznych. Dzięki niej użytkownik może uzyskiwać informacje przestrzenne bezpośrednio z wykonanych kamerą VX zdjęć panoramicznych bez konieczności ich dodatkowej kalibracji lub wpasowania (odpowiednik technologii fotogrametrycznej).

W praktyce VX stanowi uproszczoną wersję skanera (z uwagi na mniejszą wydajność), choć dzięki połączeniu możliwości pomiarowych oferowanych przez tradycyjne tachimetry oraz technologię skaningu umożliwia kompleksową realizację grupy zadań związanych z: inwestycjami (tyczeniem), pomiarem osnowy realizacyjnej, inwentaryzacją powykonawczą, kontrolą kolejnych etapów budowy oraz szczegółowym opisem geometrii wybranych elementów budowli.

● SKANER TRIMBLE GX

Panoramyczny skaner laserowy GX o szybkości pomiaru do 5000 pkt/s (rozbudowany model GS 200) jest profesjonalnym instrumentem pomiarowym. 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 serwowotory pozwalają na skanowanie w pełnym horyzoncie (360°), co dodatkowo umożliwia budowanie korzystnej geometrii transformacyjnych tarcz refe-

rencyjnych. Znacznik osi celowej (środka 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.

● SKANER CALLIDUS 3D

Innym panoramicznym skanerem laserowym jest – należący jeszcze do niedawna do koncernu Trimble – Callidus (szybkość pomiaru 1750 pkt/s). Od instrumentów VX i GX różni się znacznie krótszym maksymalnym oraz minimalnym zakresem pomiarowym. Z uwagi na swoje gabaryty i ciężar posiada nietypową spodarkę (tylko dwie śruby nastawcze i jedna nieruchoma), wyposażoną w specjalne uchwyty dopasowane do głowicy specjalnego statywu. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest ustawianie skanera bezpośrednio na stabilnym płaskim podłożu lub statywie. Instrument ma elektroniczny kompas magnetyczny, który pozwala na orientację magnetyczną poszczególnych skanów. Ma to szczególne znaczenie w przypadku pomiaru trudno dostępnych pustek (jaskiń, grot, wyrobisk górniczych), ułatwiając wzajemne łączenie sąsiednich skanów. Pozycjonowanie głowicy może odbywać się dzięki realizacji klasycznego wcięcia kąтового do minimum trzech pryzmatów geodezyjnych o znanych współrzędnych przestrzennych ($m_p = 0,6 \text{ mm}$) lub poprzez pomiar tachimetryczny pryzmatu lub przegubowej tarczy Callidusa montowanej na głowicy skanującej skanera. Panoramiczny charakter pomiaru, tj. 360° x 140° (również w kierunku zenitalnym), także w pozycji odwróconej (*up-side-down*) czyni Callidusa przydatnym w inwentaryzacji wnętrza obiektów na powierzchni i wyrobisk kopalni podziemnych.

Dodatek do prezentowanych instrumentów stanowi specjalistyczne oprogramowanie do obróbki danych przestrzennych. Dzięki zaawansowanemu technologicznie i informatycznie, ale prostemu w obsłudze programowi 3D Real Works Survey możliwa jest profesjonalna obróbka danych umożliwiająca tworzenie modeli przestrzennych mierzonych obiektów.

Sprzęt do testowania udostępniła firma Geotronics Sp. z o.o. z Krakowa.

DR INŻ. RAFAŁ GAWAŁKIEWICZ
Katedra Ochrony Terenów Górniczych,
Geoinformatyki i Geodezji Górniczej
Wydział GGiŚ AGH w Krakowie