

DODATEK MIESIĘCZNIKA **GEODETA**

SKANERY LASEROWE

LISTOPAD 2011 NR 11 (198) ISSN 1234-5202 NR INDEKSU 339059

NOWOŚCI • TECHNOLOGIE • ZASTOSOWANIA



SKANER LASEROWY TOPCON GLS-1500 ZASIĘG PO HORYZONT



■ www.tpi.com.pl ■ rozwiązania pomiarowe



■ 00-716 Warszawa
ul. Bartycka 22
tel.: (22) 632 91 40
faks: (22) 862 43 09
warszawa@tpi.com.pl

■ 51-162 Wrocław
al. T. Boya-Zeleńskiego 69
tel./faks: (71) 325 25 15
wroclaw@tpi.com.pl

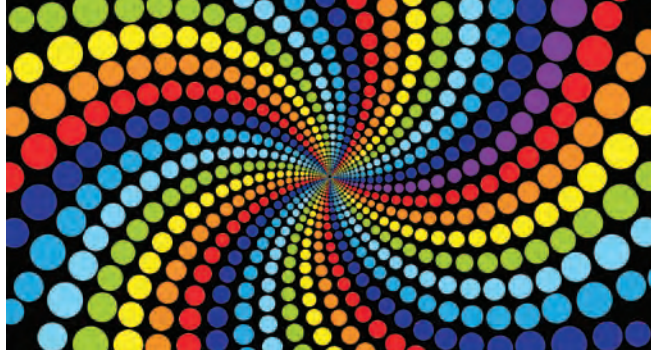
■ 60-577 Poznań
ul. J. H. Dąbrowskiego 136
tel./faks: (61) 665 81 71
poznan@tpi.com.pl

■ 30-703 Kraków
ul. J. Dekerta 18
tel./faks: (12) 411 01 48
krakow@tpi.com.pl

■ 40-322 Katowice
ul. Wandy 16
tel./faks: (32) 354 11 10
katowice@tpi.com.pl

■ 80-874 Gdańsk
ul. Na Stoku 53/55
tel./faks: (58) 320 83 23
gdansk@tpi.com.pl

■ 35-064 Rzeszów
ul. Mickiewicza 12
tel./faks: (17) 862 02 41
Biuro Partnerskie
rzeszow@tpi.com.pl



WYCISKANIE CHMURY

Od poprzedniego dodatku specjalnego GEODETY poświęconego skanowaniu laserowemu minęły grubo ponad 3 lata. W historii tej innowacyjnej technologii to cała epoka. Nic więc dziwnego, że nastąpiła w tym czasie „pokoleniowa” wymiana sprzętu. W bieżącym zestawieniu skanerów (s. 26) prawie wszystkie prezentowane modele są nowe, choć jako nowości oznaczyliśmy tylko te wprowadzone na rynek w 2011 roku. Są wśród nich jeszcze ciepłe premiery z wrześniowych targów Intergeo w Norymberdze, jak choćby Stonex X9 – będący w ogóle pierwszym skanerem tej marki, którą do tej pory kojarzyliśmy głównie z tachimetrami i odbiornikami GPS. Także szwajcarska Leica – pionier w technologii skanowania – rozszerzyła ofertę, proponując klientom swój pierwszy tachimetr skanujący TS15i (zestawienie s. 48). Nawiasem mówiąc, jego premiera również odbyła się na Intergeo, tyle że rok temu w Kolonii.

Dokąd zmierzają urządzenia skanujące? Najważniejsze kierunki zmian to miniaturyzacja, poprawa parametrów i bezpieczeństwa pracy oraz doskonalenie oprogramowania. Mówi się nawet, że samo zbieranie danych nie jest już żadną filozofią, sztuką jest natomiast wyciśnięcie z chmury punktów maksimum informacji przy minimum nakładów. Jeśli do tego dodamy obniżkę cen sprzętu prawie o połowę, to perspektywy zawodu geodety rysują się nieźle. Po pierwsze, skanowanie laserowe szybko zbliża się do zasięgu możliwości finansowych nawet niedużej firmy wykonawczej. Po drugie, przy skanowaniu mniej będzie stania na zimnie i wietrze, więcej za to siedzenia w biurze przy komputerze. Po trzecie, skanowanie otwiera nowe możliwości zastosowań, czasami trudne dzisiaj do wyobrażenia, i nasza w tym powinna być głowa, żeby te możliwości odkryć i nie wypuścić ich z ręki.

Zainteresowanych sprawami sprzętu i technologii pomiarowych zapraszamy również do grudniowego GEODETY, któremu tradycyjnie towarzyszy dodatek specjalny „Tachimetry”, oraz do numeru marcowego w 2012 roku, do którego dołączymy dodatek „NAWI” poświęcony GNSS.

KATARZYNA PAKUŁA-KWIECIŃSKA

Miesięcznik geoinformacyjny **GEODETA**. Wydawca: Geodeta Sp. z o.o.

Redakcja: 02-541 Warszawa, ul. Narbutta 40/20,

tel./faks (0 22) 849-41-63, 646-87-44

e-mail: redakcja@geoforum.pl, www.geoforum.pl

Zespół redakcyjny: Katarzyna Pakuła-Kwiecińska (redaktor naczelny),

Anna Wardziak (sekretarz redakcji), Jerzy Przywara, Bożena Baranek,

Jerzy Królikowski, Barbara Stefańska.

Opracowanie graficzne: Andrzej Rosolek.

Korekta: Hanna Szamalin. Druk: Drukarnia Taurus.

Niezamówionych materiałów redakcja nie zwraca. Zastrzegamy sobie prawo do dokonywania skrótów oraz do własnych tytułów i śródtytułów.

Za treść ogłoszeń redakcja nie odpowiada.

Copyright©Geodeta Sp. z o.o. Wszystkie prawa zastrzeżone

(łącznie z tłumaczeniami na języki obce)

ŚWIAT

Lasery na Intergeo..... 4

Na tegorocznych targach geodezyjnych w Norymberdze największe emocje wzbudzały stoiska ze skanerami laserowymi

PROJEKT

Standardy i metadane..... 8

Prace nad ustanowieniem standardu wykonawczego dla procesu inwentaryzacji obiektów architektonicznych
Aula Leopoldina w chmurze..... 14

Kompleksowa cyfrowa inwentaryzacja zabytkowej sali
Z góry widać lepiej..... 18

Monitoring sytuacyjno-wysokościowy szkód górniczych na terenie Bytomia

Jazda po torach..... 56

Mobilny system skanowania laserowego Riegl VMX-250

TECHNOLOGIE

Studium przypadku..... 22

Szacowanie masy dinozaurów, czyli skanery w paleontologii
Skanuj i jedź..... 36

Mobilny system skanowania laserowego szyty „na miarę”

Skanowanie dla każdego..... 40

TPI oferuje skanery mobilne, naziemne i tachimetry skanujące
Od ogółu do szczegółu..... 44

Tachimetr skanujący Trimble VX DR PLUS w inwentaryzacji zabytkowych obiektów geotechnicznych

Wojskowy „LAS” ruszy..... 50

Wykorzystanie NMT ze skanowania laserowego w informacyjnym przygotowaniu pola walki

Skan w 3D..... 54

Skaning w inżynierii odwrotnej i analizach dynamicznych

ZESTAWIENIE

Teraz skaner?..... 26

7 modeli skanerów fazowych i 16 impulsowych – najszybsze z nich potrafią zeskanować ponad 1 mln pkt/s

Dwa w jednym..... 48

5 serii tachimetrów skanujących, w tym 2 nowości

Fot. na okładce: Z+F UK Ltd. (więcej patrz. s. 22)

PRENUMERATA GEODETY

Cena prenumeraty miesięcznika **GEODETA** na rok 2012:

● **Roczna – 244,56 zł**, w tym 8% VAT.

● **Roczna studencka/uczniowska – 155,52 zł**, w tym 8% VAT.

Warunkiem uzyskania zniżki jest przesłanie do redakcji kserokopii ważnej legitymacji studenckiej (tylko studia na wydziałach geodezji lub geografii) lub uczniowskiej (tylko szkoły geodezyjne).

● **Pojedynczego egzemplarza – 20,38 zł**, w tym 8% VAT.

● **Roczna zagraniczna – 489,12 zł**, w tym 8% VAT.

W każdym przypadku prenumerata obejmuje koszty wysyłki. Warunkiem realizacji zamówienia jest otrzymanie przez redakcję potwierdzenia z banku o dokonaniu wpłaty na konto:

04 1240 5989 1111 0000 4765 7759.

Egzemplarze archiwalne można zamawiać do wyczerpania nakładu. Realizujemy zamówienia telefoniczne i internetowe:

tel. (22) 646-87-44 lub prenumerata@geoforum.pl.

Najwygodniej złożyć zamówienie, korzystając z formularza

w zakładce Prenumerata na www.geoforum.pl.

LASERY NA INTERGEO

Na tegorocznych międzynarodowych targach geodezyjnych (Norymberga, 27-29 września) nic nie wzbudzało takich emocji jak stoiska ze skanerami laserowymi.

JERZY KRÓLIKOWSKI

Jak już pisaliśmy w GEO-DECIE (10/2011), stanowiska producentów tachimetrów czy odbiorników GNSS w Norymberdze specjalnie nie zaskakiwały. Instrumenty te chyba osiągnęły już kres swoich możliwości i poza dodawaniem kolejnych mniej lub bardziej przydatnych gadżetów bardziej udoskonalić się ich nie da. Z drugiej strony warto sobie zadać pytanie, czy geodeci w ogóle potrzebują jeszcze lepszych tachimetrów lub odbiorników satelitarnych w cenie mercedesa.

Inaczej jest ze skanerami laserowymi. Tu pole do popisu jest ogromne – zarówno jeżeli chodzi o oferowanie innowacji, jak i obniżanie cen. Tak w przypadku skanerów naziemnych, jak i mobilnych oraz lotniczych.

• NA LĄDZIE

Najwięcej nowości pokazała austriacka firma Riegl. **VZ-4000** to naziemny skaner dalekiego zasięgu, który mierzy na odległość nawet do 4 km z prędkością do 37 tys. pkt/s (która przy zmniejszeniu zasięgu do 2,4 km wzrasta do 147 tys. pkt/s). Dokładność pomiaru wynosi 15 mm, a precyzja – 10 mm. Pole widzenia w pionie to 60°, a w poziomie – 360°. Tym, co wyróżnia ten skaner już na pierwszy rzut

oka, jest duży (aż 7-calowy), kolorowy i dotykowy ekran znacznie ułatwiający kontrolowanie pracy urządzenia. Instrumentem można zresztą sterować również za pomocą laptopa wyposażonego w oprogramowanie RiSCAN – zarówno bezprzewodowo (przez wi-fi), jak i przewodowo

(przez port LAN). Urządzenie wyposażono ponadto w prosty, jednoczęstotliwościowy odbiornik GPS. Jeśli jednak jego dokładność okaże się niewystarczająca, dzięki dodatkowym portom do skanera można dołączyć zarówno zewnętrzną antenę, jak i lepszy odbiornik GNSS.

Postprocessing chmury znacznie ułatwia także wbudowany cyfrowy aparat fotograficzny z matrycą 5 Mpx, który przyspiesza tworzenie realistycznych modeli terenu. Wszystkie dane mogą być zapisywane na pojemnym twardym dysku (40 GB) lub przez porty LAN i USB 2.0. Zdaniem producenta wymienione cechy sprawiają, że skaner ten sprawdzi się m.in. w górnictwie, archeologii, monitoringu, pomiarach topograficznych czy skanowaniu wysokich budynków.

Podczas zeszłorocznych targów w Kolonii firma Faro zaskoczyła wielu zwiedzających, prezentując zminiaturyzowaną wersję fazowego skanera Photon 120 o nazwie **Focus 3D**. Przypomnijmy, że model ten waży niecałe 5 kg i mierzy z prędkością 976 tys. punktów na sekundę na odległość do 120 metrów. Wyniki te być może nie szokują, ale zaletą tego urządzenia ma być przede wszystkim przystępna cena (od 30 tys. dolarów). W tym roku producent zaprezentował wersję wzbogaconą o trzy nowe elementy: kompas elektroniczny, sensor wysokości względnej oraz dwuosiowy kompensator. Komponenty te – jak zapewnia Faro – powinny znacznie przyspieszyć postprocessing danych. Zadanie to ma również ułatwić nowa wersja oprogramowania desk-



Mobilny system skanowania Lynx firmy Optech

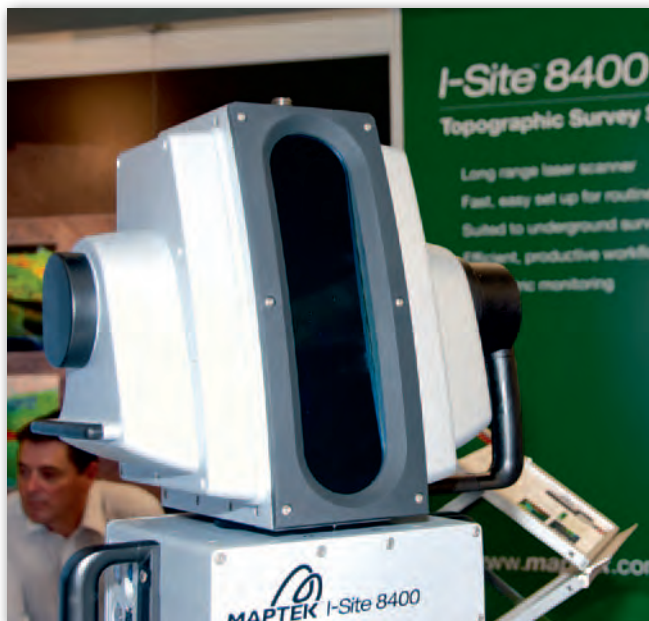


Skaner Riegl VZ-4000 wyróżnia nie tylko zasięg pomiaru, ale również duży, dotykowy ekran

topowego **Scene**. Wydanie 5.0 wzbogacono m.in. o obsługę standardu ASTM E57 (ma on być alternatywą dla rozszerzenia LAS), obsługę danych z nowych sensorów Focusa 3D, 40 razy szybsze kolorowanie chmury oraz automatyczne rejestrowanie skanów bez konieczności wykorzystania specjalnych znaczników. Bodaj najciekawszą nowością jest jednak możliwość publikowania wyników pomiarów w internecie. Dzięki temu osoby z zewnątrz mogą nie tylko oglądać trójwymiarowe sceny w przeglądarce internetowej, lecz również wykonywać na ich podstawie pomiary.

Tegoroczni wystawcy pomysleli jednak nie tylko o osobach żądnych ekscytujących nowinek technologicznych, lecz także o tych z mniej zasobnymi portfelami. Przykładem jest australijska firma Maptek. Dotychczas w swojej ofercie miała ona skaner I-Site 4800, który mierzył na odległość do 2 km z maksymal-

ną dokładnością do 10 mm. Na targach zaprezentowała natomiast model **I-Site 4400** bez wbudowanego ekranu oraz z mniejszym zasięgiem (700 m) i gorszą dokładnością (20 mm). Ceny tego modelu zaczynają się od 90 tys. euro.



Australijski I-Site 8400, czyli uproszczona wersja modelu 8800

Wielu zwiedzających zaskoczyło stoisko włoskiej firmy Stonex – nie tylko dlatego, że było jednym z większych i znajdował się na nim motor wyścigowy w otoczeniu długonogich blondynek. Spółka zaprezentowała na Intergeo

swój pierwszy skaner laserowy **X9** (dziewiątka sugeruje, że nie ostatni). Mierzy on na odległość 187 metrów z prędkością do ponad miliona punktów na sekundę z nawet submilimetrową dokładnością. Oczywiście, baczny obserwator dostrzeże, że instrument powstał w niemieckich zakładach Zoller+Fröhlich (podobnie jak niektóre modele Leica Geosystems). Jego pojawienie się powinno zwiastować odczuwalny spadek cen tego typu sprzętu. Na razie nie wiadomo jednak, ile X9 będzie kosztował.

● W DRODZE

W Norymberdze nie mogło zabraknąć rozwiązań dla mobilnych systemów skanowania. Zoller+Fröhlich zaprezentował **Profiler 9000**, czyli mobilną wersję Image-**ra 5010**. Ten fazowy, liniowy skaner w ciągu sekundy może zebrać nawet ponad milion punktów pomierzonych z milimetrową dokładnością. Tak



Z+F Profiler 9000 w sekundę pomierzy ponad milion punktów

duże ilości danych mogą być transmitowane do komputera pokładowego z prędkością dochodzącą do 1 Gb/s. Zasięg skanera wynosi tyle, co w modelu Imager 5010 (a więc i Stoneksie X9), czyli 187,3 metra.

Na stoisku Riegla nowością był natomiast **VQ-450**, oferujący niemal dwa razy lepsze osiągi niż jego starszy brat, czyli VQ-250. Mierzy on z prędkością do 550 tys. punktów na sekundę, czyli dwa razy wolniej niż wspomniany wcześniej Profiler 9000. W modelu Riegla aż cztery razy lepszy jest za to zasięg – w optymalnych warunkach może wynieść nawet 800 metrów. Świetnie nada się więc do inwentaryzacji

szerokich korytarzy transportowych, np. autostrad. Dokładność pomiaru szacowana jest na 8 mm.

Skaner ten dostępny jest również w gotowym mobilnym systemie **VMX-450** – razem z czterema cyfrowymi kamerami 5 Mpx, GPS-em oraz inercyjną jednostką pomiarową. W ciągu sekundy może pomierzyć nawet 1,1 mln punktów.

Japońska firma Topcon dotychczas była znana przede wszystkim z prostego, choć jednocześnie taniego systemu IP-S2. Jeśli wierzyć producentowi, jest to najpopularniejszy na świecie MSS „z półki”. Na potrzeby popularnej usługi Street View ko-

rzysta z niego m.in. Google. W tym roku Topcon postawił jednak na zwiększenie jakości i zaprezentował model **IP-S2 HD**. Skanery marki Sick zastąpił urządzeniem Velodyne HDL-64E, a do panoramicznej kamery dodał skierowane do przodu wysokorozdzielcze aparaty fotograficzne. Tak skonstruowany system mierzy do 1,3 mln pkt/s na odległość do 120 metrów przy dokładności wynikowej chmury punktów na poziomie około 2 cm.

Gotowy mobilny system pokazał także kanadyjski Optech. Nowością w przypadku rozwiązania **Lynx** w wersji M1 oraz uproszczonej V200 nie są jednak nowe sensory,

ale lepsza rama, dzięki której szybciej i łatwiej można montować i zdejmować cały zestaw z dachu pojazdu.

● W POWIETRZU

Swoją premierę w Norymbardze miały dwa nietypowe modele Riegla. **VQ-820-G** zaprojektowano z myślą o pomiarach batymetrycznych. Predestynuje go do tego przede wszystkim zielony laser (532 nm), który o wiele efektywniej penetruje zbiorniki wodne niż promienie czerwone lub podczerwone, a także specjalne algorytmy przetwarzania impulsów. Jak głęboko sięgnie taki promień? To – jak tłumaczył podczas targów przedstawiciel tej firmy – zależy oczywiście od czystości wody, zazwyczaj jest to kilka metrów. Skaner może mierzyć na odległość do 3 km, choć w praktyce przy badaniach batymetrycznych pułap powinien być dużo niższy. Maksymalna prędkość skanowania to 110 tys. pkt/s, a dokładność – do 25 mm. Zdaniem Riegla najważniejszą zaletą tego urządzenia są niewielkie wymiary (36 x 23 x 28 cm), dzięki czemu można go łatwo dołączyć do cyfrowej kamery oraz skanera do pomiaru lądu.

Kolejną nowość, **Riegl VQ-580**, również przeznaczoną jest do zadań specjalnych, a konkretnie do pomiarów powierzchni pokrytych lodem i śniegiem (producent zapewnia jednak, że świetnie sprawdza się także w mniej nietypowych nalożach). Dzięki niewielkiej wadze (13 kg) i wymiarom (36 x 21 cm) nadaje się do montowania na pokładzie śmigłowców lub maszyn bezpilotowych. Skaner oferuje znacznie lepsze parametry niż jego brat z zielonym laserem. Mierzy bowiem z prędkością do 190 tys. pkt/s na odległość do 2,3 km. Dokładność jest podobna i wynosi do 25 mm.

Nowość Riegla do lotniczych pomiarów batymetrycznych wyróżniają niewielkie wymiary





Stonex X9 to urządzenie, z którym ta włoska firma chce wejść na rynek skanowania

Konkurencja jednak nie odpuszcza, choć swoje nowości prezentowała nie na samych targach, ale kilka miesięcy przed nimi. Oferta kanadyjskiego Optecha wzbogaciła się o systemy skanowania ALTM **Aquarius** oraz **Pegasus HD500**. Pierwszy, podobnie jak Riegl VQ-820-G, wyposażony jest w zielony laser do pomiarów batymetrycznych. Według zapewnień producenta może mierzyć na głębokość

nawet 10 metrów. HD500 jest z kolei kolejnym modelem serii Pegasus, w którym zwiększono częstotliwość pomiaru z 400 do 500 kHz. Takie same osiągi oferuje już także Leica Geosystems w zaprezentowanym w lipcu br. skanerze **ALS-70**. Jego istotną zaletą jest szeroka ścieżka zbierania danych (do 8 km), dzięki czemu świetnie nadaje się do skanowania dużych powierzchni. Jak w prakty-

ce udowodniła już firma Tukaj Mapping Central Europe z Krakowa, dziennie za jego pomocą można wykonać nawet dla 1,5 tys. km kw. (GEODETA 6/2011).

• WYŚCIGU CD.

Powyższy przegląd nowości laserowych pokazuje, że w ostatnich miesiącach większość producentów skanerów postawiło na innowacje oraz jakość. Bez wątpienia

następne targi Intergeo przyniosą przynajmniej tyle samo intrygujących pomysłów, co w tym roku. Coraz więcej mierniczych zamiast innowacji oczekuje jednak niższych cen, nawet kosztem gorszych parametrów. Czy producenci dostrzegą tę potrzebę? O tym przekonamy się w przyszłym roku w Hanowerze, w dniach 9-11 października.

Tekst i zdjęcia JERZY KRÓLIKOWSKI

REKLAMA



Firma Scan 3D jako podmiot z dziesięcioletnim doświadczeniem na rynku prac związanych z wykorzystaniem technologii naziemnego oraz mobilnego skaningu laserowego zapewnia najwyższą jakość oferowanych usług. Dziesiątki pomyślnie zrealizowanych projektów w krajach Unii Europejskiej są najlepszymi referencjami z jakimi Scan 3D aktywnie wkroczyła na rynek Polski również tutaj oferując swą wiedzę, rzetelność oraz jakość wykonywanych prac.

Firma Scan 3D oferuje:

- Naziemny Skaningu Laserowy, Mobilny oraz Kinematyczny Skaningu Laserowy
- Pełny post processing zebranych danych wraz z opracowaniem stosownych dokumentacji zawierających przekroje, rzuty, pomiary oraz modele 3D
- Tworzenie dokumentacji architektonicznej dla potrzeb przemysłu produkcyjnego, stoczniowego, energetycznego oraz fabryk
- Realizację monitoringu deformacji dla wysoce skomplikowanych budowli oraz struktur przestrzennych
- Tworzenie animacji oraz wizualizacji

Indywidualne konsultacje z klientami pozwalają nam na dopasowanie stosowanej gamy instrumentów pomiarowych jak i metod obróbki danych, umożliwiając uzyskanie najlepszych możliwych wyników, zaś nasz zespół wysoce wykwalifikowanych inżynierów reprezentujących wiele branż jest w stanie spełnić wymagania klienta przy zachowaniu najefektywniejszych sposobów ich realizacji.

SCAN 3D

WWW.SCAN-3D.COM ŁUKASZ UCHAŃSKI POLSKA@SCAN-3D.COM TEL. +48 602 559740 ul. Jutrzenki 177 02-231 WARSZAWA

STANDARDY I METADANE

Kilkuletnie prace autorów nad ustanowieniem standardu wykonawczego (technicznego) dla procesu inwentaryzacji obiektów architektonicznych, budownictwa ogólnego i zabytkowego zwieńczone zostały przedstawieniem macierzy produktu końcowego. Bazą dla jego powstania jest skanowanie laserowe.

PIOTR FALKOWSKI,
ZENON PARZYŃSKI,
JACEK UCHAŃSKI,
ŁUKASZ UCHAŃSKI

Istnieje pilna potrzeba zastąpienia nowym dokumentem dotychczasowej instrukcji technicznej G 3.4 dotyczącej inwentaryzacji architektonicznej. Ale standaryzacja procesu inwentaryzacji obiektu stanowi tylko margines bardziej złożonego zagadnienia, jakim jest standaryzacja prac związanych z technologią skaningu laserowego (TLS, MLS i LiDAR) w ogóle. Przyczyn powstania koncepcji standardu metadanych dla skanowania jest wiele. Najważniejsze potrzeby to:

- scharakteryzowanie parametrów technicznych różnych metod skanowania,
- ustalenie metod i sposobów certyfikacji i kalibrowania urządzeń,
- zdefiniowanie i scharakteryzowanie rodzajów i parametrów zbiorów danych pomiarowych (chmury punktów),
- określenie sposobu nadawania chmurom punktów georeferencji oraz przedstawienia metod i aplikacji wykorzystywanych w postprocessingu,

- ustalenie postaci produktu końcowego wraz z jego charakterystyką,

- określenie sposobu opisu wymienionych powyżej danych,

- ustalenie uniwersalnych formatów wymiany danych przestrzennych dla chmur punktów oraz wygenerowanych z nich produktów,

- ustalenie sposobu identyfikacji w procesie archiwizacji i składowania danych przestrzennych.

● O METADANYCH

Aby cała operacja standaryzacji miała sens, wszystkie powstałe w procesie skanowania zbiory i produkty należy opisywać metadanymi z uwzględnieniem reguł wynikających z dyrektywy INSPIRE. Jak wiadomo, metadane są to dane o danych. Odgrywają one istotną rolę w tworzeniu infrastruktury danych przestrzennych, szczególnie w szybkim i efektywnym wyszukiwaniu danych. Dyrektywa INSPIRE nakłada na kraje Unii Europejskiej obowiązek tworzenia metadanych o zasobach danych przestrzennych. To zaś wymaga zastosowania wielu standardów geoinformatycznych zdefiniowanych normami ISO. Narzędziem do tworzenia metada-

nych są najczęściej dedykowane aplikacje. Poza tym poszczególne zbiory danych przestrzennych po połączeniu mają stanowić spójny nowy zbiór, a ich łączenie przebiegać ma automatycznie.

Konieczne staje się więc opracowanie przepisów określających rozwiązania techniczne zapewniające interoperacyjność oraz harmonizację zbiorów danych przestrzennych i usług dla skanowania laserowego.

W rozporządzeniu Komisji Europejskiej nr 1205 z 3 grudnia 2008 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady określono, czym są metadane oraz cel ich tworzenia. Na tej podstawie można je podzielić na metadane opisujące:

1. zbiory, serie zbiorów i usługi,
2. niektóre typy danych,
3. technologię wykorzystaną do zebrania danych i/lub służącą do przetworzenia danych źródłowych.

W pierwszej grupie znajdują się te metadane, które dotyczą identyfikacji zbioru (nazwa, typ, język, adres i identyfikator zbioru). W drugiej – metadane opisujące konkretne da-

	D1	D2	D3	D4	D5
S1	Q1			Q14	
S2		Q2			
S3			Q3		
S4				Q4	
S5		Q52			Q5

Rys. 1. Macierz klasy produktu

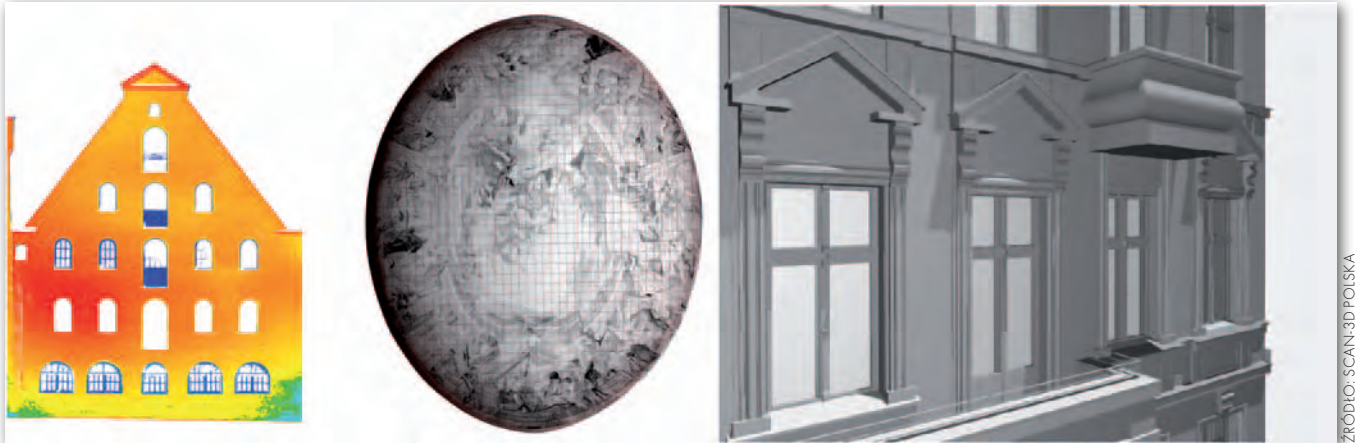
ne (np. działki ewidencyjne). Do trzeciej zaliczyć można metadane dotyczące jakości i ważności zbioru (pod warunkiem że w opisie zostaną ujęte kwestie technologii zbierania i/lub przetwarzania danych).

Sprawa rozdziału metadanych opisujących zbiorów od metadanych opisujących konkretne dane nie jest jednak oczywista. Bo czy metadane opisujące np. dokładność lub aktualność są metadanymi zbioru, czy danych znajdujących się w zbiorze? Rozdziału takiego można jednak dokonać. Jeśli np. jakiś element metadanych opisuje dokładność danych jednym wskaźnikiem (bez podziału na rodzaje danych), jest to element opisujący zbiór. Jeśli natomiast opis dokładności odnosi się do wybranych danych zbioru – to taki element metadanych byłby elementem opisującym dane.

W rozporządzeniu KE nie znajdziemy opisu technolo-



Rys. 2. Przykłady wykonywanych opracowań i produktów końcowych według macierzy klasy produktu; od lewej: Q4, Q4, Q2



Rys. 3. Jakość wykonywanych opracowań według macierzy klasy produktu; od lewej: Q3, Q3, Q3

gii w kontekście metadanych. Niemniej uważamy, że zbiór metadanych należy rozszerzyć o pewne elementy dotyczące technologii zbierania danych źródłowych i postprocessingu. W szczególności dotyczy to skaningu laserowego, w przypadku którego brakuje standardów technicznych dotyczących sprawdzania i kalibracji sprzętu czy stosowania danej metody.

Kwestią podstawową staje się zatem ustalenie:

- metod pozyskiwania danych,
- sposobu ich przetworzenia,
- postaci produktu końcowego.

Dlatego najpierw należy rozpatrzyć sposób opisywania i notacji informacji dotyczących wszystkich powyższych elementów. Najbardziej odpowiednie wydaje się zdefiniowanie metadanych opisujących zarówno parametry używanego sprzętu, jak i strukturę samych danych pozyskanych w czasie pomiaru. Sugerowany jest tu podział na trzy ściśle ze so-

bą związane grupy obejmujące technologie skanowania laserowego: TLS (naziemna), MLS (mobilna), oraz LiDAR (lotnicza). Dla każdej z nich należy określić krótkie zestawienie użytkowanego sprzętu, rodzajów rejestrowanych danych oraz dokumentów opisujących produkty końcowe. Zestawienie takie obejmowałoby:

- specyfikację sprzętu używanego do pozyskiwania danych,
- strukturę oraz specyfikację rejestrowanej chmury punktów,
- wielkość i gęstość chmury punktów,
- cel utworzenia zbioru danych (chmury punktów),
- format zapisu danych,
- rodzaj wybranej georeferencji,
- rodzaj skanera,
- rozdzielczość,
- certyfikację i kalibrację urządzenia,
- charakter i rodzaj postprocessingu,
- format wymiany danych,
- rodzaj produktu końcowego.

● NAZIEMNY SKANING LASEROWY

Naziemny skaningu laserowy (Terrestrial Laser Scanning) jest stosunkowo nową techniką pomiaru. Jej działanie opiera się na wysyłaniu wiązki laserowej oraz rejestrowaniu odbicia w trybie fazowym bądź impulsowym. Wracając do skanera, wiązka niesie ze sobą informacje dotyczące wartości odbicia sygnału od powierzchni obiektu (np. budynku). Za jej pomocą jesteśmy także w stanie zmierzyć kąt oraz dystans do skanowanego obiektu.

Produkty otrzymywane w wyniku TLS to:

- chmura punktów o współrzędnych x, y, z,
 - *intensity image* (czyli czarno-białe zdjęcie zarejestrowane przez detektor lasera) i zbiór zdjęć pomiarowych.
- Pomiary TLS wykonuje się w celu uzyskania precyzyjnego trójwymiarowego modelu obiektu, a na potrzeby użytkowników wytwarzane są następujące produkty:
- trójwymiarowe modele w postaci chmury punktów po-

zwalające na wykonywanie pomiarów, generowanie przekrojów i wizualizację obiektów,

- rysunki inwentaryzacyjne (rzuty, przekroje i widoki wytworzone na bazie zarejestrowanej chmury punktów),
- trójwymiarowe, wektorowe modele budynków, obiektów przemysłowych i inżynierskich,
- modele obiektów o nietypowych kształtach (w tym tzw. inżynieria odwrotna), badanie deformacji.

Wymienione produkty znajdują coraz częstsze zastosowanie przy opracowywaniu dokumentacji BIM (Building Information Modeling) dostarczającej informacji o budowlach dla potrzeb zarządzania nimi oraz STEP (Standard for the Exchange of Product Data) umożliwiającą zachowanie interoperacyjności danych pomiędzy systemami. Zarówno BIM, jak i STEP charakteryzują się tym, iż do pełnego ich wykorzystania potrzebne są własne metadane, a zatem i tutaj stajemy przed koniecznością uzupełnienia surowych da-

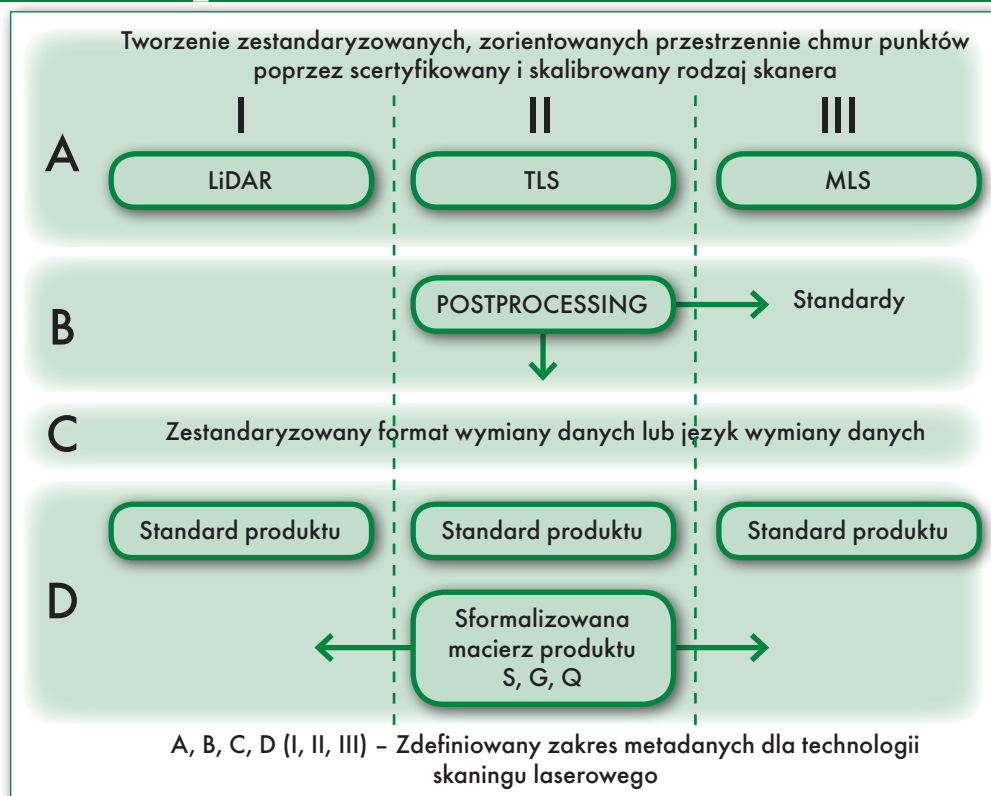
nych o dodatkowe dane systematyzujące. Do dziś nie został jednak wypracowany żaden standard ISO poświęcony naziemnemu skaningu laserowemu (co potwierdza chociażby David Barber z Uniwersytetu w Newcastle w pracy „Towards a standard specification for terrestrial laser scanning of cultural heritage”).

● MOBILNY SKANING LASEROWY

MLS (Mobile Laser Scanning) jest technologią pomiaru pozwalającą na rejestrowanie chmury punktów za pomocą skanera zamontowanego na pojeździe. W przypadku platformy MLS elementami, które powinny podlegać pełnej charakterystyce za pomocą metadanych, są:

- rodzaj pojazdu (samochód, platforma ruchoma, wagon kolejowy, łódź),
- typ skanera lub grupy skanerów działających w funkcji profilowania,
- typ inercyjnego systemu nawigacyjnego (INS),
- typ odbiornika GNSS wspomagającego działanie INS,
- typ zestawu kamer pomiarowych pozwalających na wykonywanie pomiarów stereoskopowych,
- typ jednostki rejestrującej dane,
- format zapisu danych umożliwiających pełną interoperacyjność (np. z systemami typu CAD bądź uniwersalnymi, jak: LAS, PTS lub PTC),
- poziom gęstości rejestrowanych informacji w stosunku do poziomu szczegółowości wykonywanych na ich podstawie opracowań,
- georeferencja umożliwiająca zorientowanie pozyskanych chmur punktów,
- certyfikaty precyzujące zarówno jakość opracowań, jak i rektyfikację użytkownego sprzętu (skanerów lub anten GPS).

Istotne w tym przypadku staje się odpowiednie zaszeregowanie stosowanych narzędzi oraz podanie ich parametrów technicznych w sposób



Rys. 4. Proponowany zakres obszarowy zapisany w postaci metadanych

umożliwiający późniejsze wykorzystanie.

Równie ważne jest opisanie pozyskanych danych, czyli:

- chmury punktów – charakteryzuje się ona różną gęstością (50 do 5 tys. pkt/m²) i różną dokładnością wyznaczenia współrzędnych (od centymetra do metrów w stosunku do zewnętrznej osnowy) i w wielu rozwiązaniach jest uzupełniona informacjami o barwie mierzonych obiektów,
- zbioru zdjęć pomiarowych.

W wyniku pomiaru uzyskujemy dodatkowe dane do stworzenia precyzyjnego modelu 3D obiektu, które także należałoby opisać:

- chmura punktów o rozdzielczości od 200 do 2 tys. pkt/m² (dokładność 2 cm, a dla powierzchni płaskich 0,5 cm),
- zdjęcia dokumentujące mierzony obiekt i pozwalające na wykonywanie pomiarów współrzędnych z dokładnością 10 cm.

Chmura stanowi wirtualny, dokładny model mierzonego obiektu i znajduje zastosowanie w produktach, które

powinny być uwzględnione w przyszłym standardzie, np.:

- pomiary inwentaryzacyjne dróg ze szczególnym uwzględnieniem nawierzchni,
- opracowania map do celów projektowych, pomiary wysokościowe i NMT, pomiary tuneli, skrajni torów itp.,
- pomiary pierzei ulic.

Wydaje się, że opracowanie standardu zapisu i wymiany danych jest najbardziej zaawansowane właśnie w przypadku technologii mobilnego skaningu laserowego. Prym wiodą w tym Stany Zjednoczone, powyższe kwestie pojawiają się w pracach prowadzonych m.in. przez rządowy Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii (NIST).

● LOTNICZY SKANING LASEROWY

LiDAR (Light Detection And Ranging) to technika pomiaru współrzędnych x, y, z punktów na powierzchni ziemi za pomocą skanera zainstalowanego na statku powietrznym. Elementami platformy LiDAR-owej są:

- statek powietrzny (samolot lub helikopter),

● skaner działający w funkcji profilowania,

- inercyjny system nawigacyjny (INS),
- odbiornik GPS wspomagający działanie INS,
- kamera do wykonywania zdjęć fotogrametrycznych,
- system zarządzania lotem,
- jednostka rejestrująca dane.

Technologia LiDAR-owa daje możliwość zapisania kilku odbić tego samego promienia laserowego, dzięki czemu można zarejestrować zarówno współrzędne punktów położonych nad ziemią (np. korony drzew), jak i na ziemi. To znacznie przyspiesza i upraszcza klasyfikację chmur punktów, w tym oddzielenie numerycznego modelu terenu (NMT) od numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT). Inną cechą jest możliwość rejestracji zdjęć lotniczych dzięki zainstalowaniu na platformie średnioformatowej kamery fotogrametrycznej. Zdjęcia ułatwiają interpretację chmury punktów i pozwalają na wykonywanie niezależnych pomiarów oraz opracowanie ortofotomapy.

Rozdzielczość i dokładność geometryczna chmury punktów zależą od użytego systemu/skanera i wysokości lotu. Oferowane produkty to:

- numeryczny model terenu (NMT) i numeryczny model pokrycia terenu (NMPT), zapisane w postaci zbioru o ustalonej liczbie punktów na metr kwadratowy,

- mapy (można je wykonać z dokładnością odpowiadającą mapie do celów projektowych),

- ortofotomapa,
- wektorowy trójwymiarowy model.

Sprawa standardów dotyczących opracowań wykorzystujących dane z platform lotniczych również jest nierozwiązana. Co prawda pojawiają się odniesienia do standardów ISO 19139 oraz ISO 19115, jednakże nie są to dokumenty traktujące bezpośrednio o danych pochodzących z LiDAR-u.

Podsumowując powyższą charakterystykę technologii TLS, MLS i LiDAR, należy zwrócić uwagę na fakt, że metadane powinny dotyczyć nie tylko rejestracji informacji, ale również powstających podczas obróbki produktów. Autorzy artykułu skupiają się głównie na usystematyzowaniu procesu pozyskiwania materiałów, ale w ramach procesów, takich jak chociażby inwentaryzacja architektoniczno-budowlana, należy także rozważyć wprowadzenie standardów określających własności produktów końcowych (np. ortofotomapa, wizualizacje 2D i 3D, fotoplan, rzuty elewacji, przekroje czy opracowania mapowe). Temat ten jest na tyle pojemny, że został tu jedynie zasygnalizowany, a jego pełna analiza narzuca wymóg przeprowadzenia odpowiednich badań.

● PROPOZYCJA UNIWERSALNEGO STANDARDU

Już kilka lat temu autorzy zaproponowali macierz standardu danych pochodzących z naziemnego skaningu laserowego dla obszaru inwen-

taryzacji architektonicznych i budowlanych. Macierz na rys. 1 jest macierzą klasy produktu i prezentuje w prosty sposób podział, dzięki któremu możliwe jest scharakteryzowanie oraz przypisanie własności każdemu produktowi będącemu pochodną naziemnego skaningu laserowego. Charakteryzuje ona trzy wzajemnie powiązane parametry: S – szczegółowość, D – dokładność, Q – jakość, i jest zapisana w postaci modelu pojęciowego za pomocą języka UML.

- D – kategoria dokładności, poczynając od obmiaru schematycznego (D1), a kończąc na obmiarze precyzyjnym spełniającym wszelkie kryteria dokładności (D5),

- S – kategoria opisu semantycznego, zaczynając od opisu

bardzo ogólnego (S1), kończąc na szczegółowej bazie danych przestrzennych (S5),

- Q – klasa produktu w rozumieniu liczby elementów charakteryzujących dany obiekt.

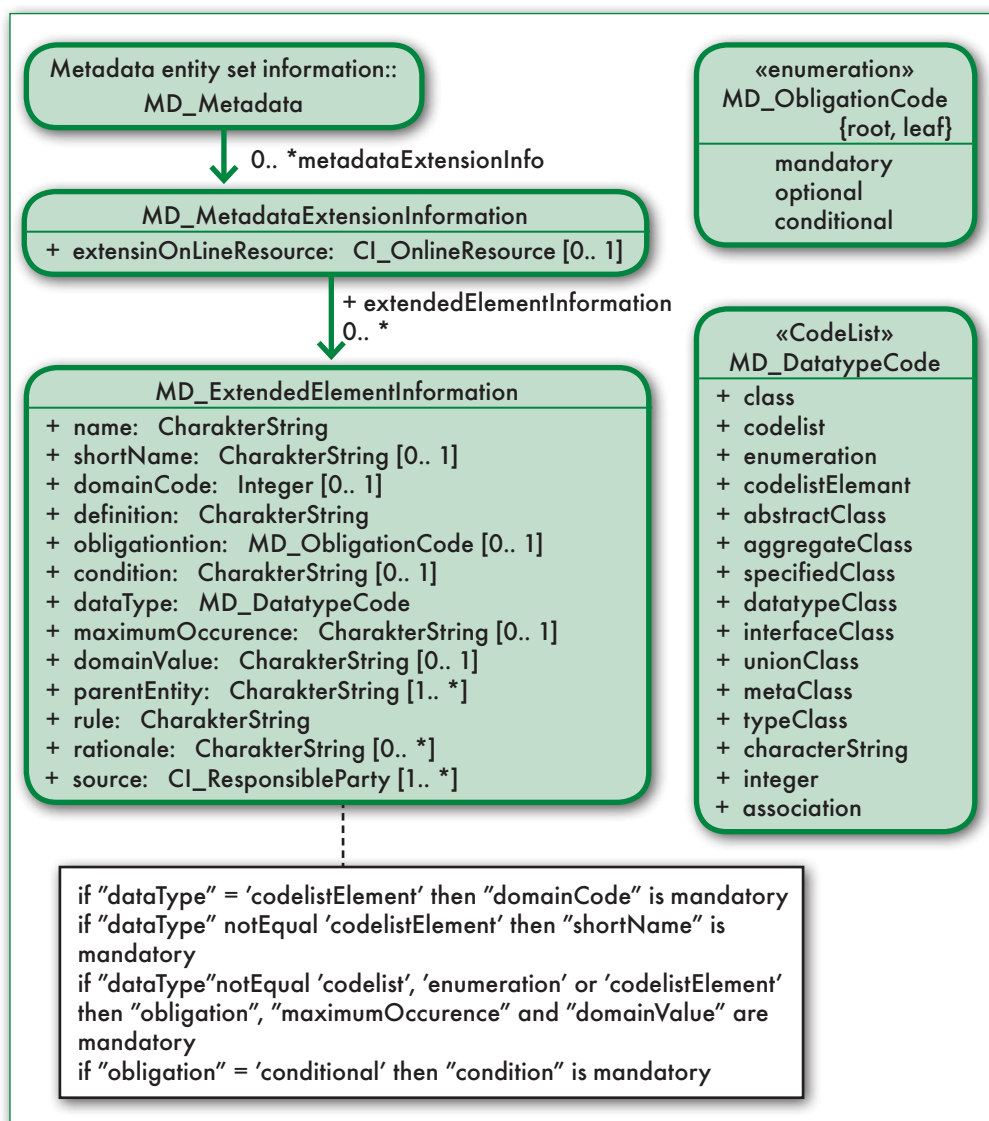
Tym samym istnieje możliwość usystematyzowania produktów pod względem ich opisu, wartości geometrycznej oraz jakości. Zaproponowany standard może służyć jako wzór zarówno dla opracowań pochodzących ze skaningu naziemnego i lotniczego, jak i mobilnego. Dzięki temu produkt (rys. 2 i 3) – jako rezultat pomiarów i ich przetworzenia – może stać się pojęciem uniwersalnym, tak istotnym dla zachowania wspomnianej wcześniej interoperacyjności. Pozwoli nam to na wypracowanie jednolitego standardu dla opracowań bazujących na wykorzystaniu skanowania laserowego jako metody pozyskiwania danych przestrzennych i stanie się nieocenioną bazą z ułatwionym do niej dostępem oraz przejrzystą strukturą, którą łatwo można opisać poprzez zdefiniowane w ten sposób metadane (rys. 4).

● PROPOZYCJA METADANYCH

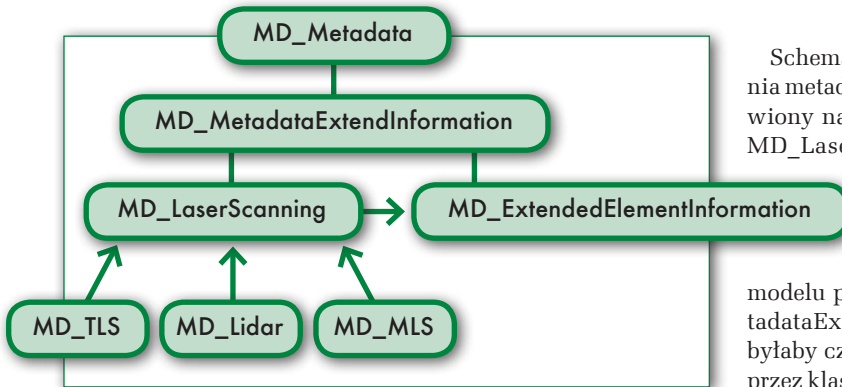
W Polsce za podstawę określenia zawartości zbioru metadanych danych przestrzennych uznaje się wspomniane wyżej rozporządzenie Komisji Europejskiej. Ujęte w nim elementy metadanych dotyczą:

● PROPOZYCJA METADANYCH

1. identyfikacji zbioru, serii zbiorów lub usługi,



Rys. 5. Model rozszerzonej informacji metadanych z normy 19115



Rys. 6. Schemat ideowy rozszerzenia zbioru metadanych

2. klasyfikacji danych przestrzennych i usług danych przestrzennych,
3. słowa kluczowego (jeśli metadane opisują usługę),
4. położenia geograficznego,
5. odniesienia czasowego,
6. jakości i ważności danych przestrzennych,
7. zgodności (z przepisami wykonawczymi),
8. wymogów dotyczących dostępu i użytkowania,
9. organizacji odpowiedzialnej za tworzenie zasobu,

10. metadanych o metadanych.
- Jest to obligatoryjny zestaw metadanych. Propozycja autorów zmierza do jego rozszerzenia o kluczowe parametry dotyczące skaningu laserowego. W normie PN-EN-ISO 19115 dotyczącej metadanych (ISO 19115, 2010) jest przewidziana taka możliwość. Wówczas model rozszerzonej informacji metadanych z normy 19115 wyglądałby jak na rys. 5.

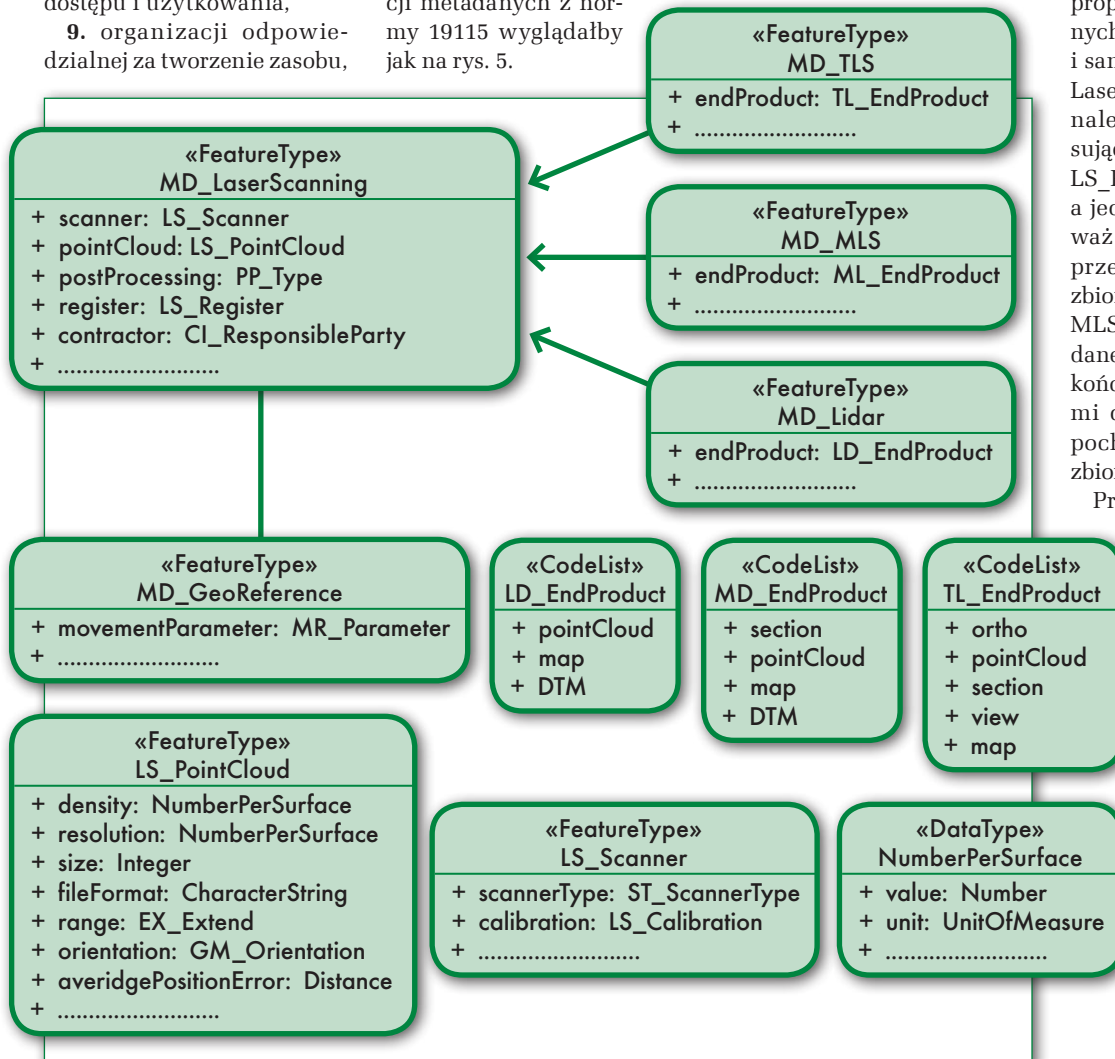
Schemat ideowy rozszerzenia metadanych jest przedstawiony na rys. 6, gdzie klasa MD_LaserScanning, wchodząc w skład rozszerzonych informacji reprezentowanych na modelu przez klasę MD_MetadataExtendInformation, byłaby częściowo opisywana przez klasę MD_ExtendedElementInformation.

Na rys. 7 jest przedstawiony uszczegółowiony model pojęciowy metadanych dla technologii skaningu laserowego. Oczywiście w wielu miejscach jest to model schematyczny. Niektóre nazwy typów atrybutów nie zostały zdefiniowane, np. PP_Type, ponieważ wcześniej trzeba podjąć wiele decyzji standaryzujących, m.in. określić, jakie procedury w postprocessingu zo-

staną uznane za standardowe. Taka sama sytuacja występuje w przypadku kalibracji lasera, w związku z czym trudno mówić o konkretnej postaci metryki kalibracji. Istnieje też konieczność określenia sposobów zorientowania wiązki skanera (np. dowiązania do istniejącej osnowy) i dokładności dowiązania, stąd na schemacie (rys. 7) problem został tylko zasygnalizowany poprzez nazwę typu GM_Orientation. Przedrostek GM ma oznaczać, że w skład tego typu będą wchodzić elementy geometryczne. Należy także określić dopuszczalne dokładności, rozdzielczości itp. dla chmur punktów oraz dla produktów końcowych, innymi słowy macierz klasy produktu wypełnić konkretną treścią.

Zgodnie z wcześniejszą propozycją podziału metadanych na te dotyczące zbiorów i samych danych klasy: MD_LaserScanning i LS_Scanner należą do metadanych opisujących technologię, z kolei LS_PointCloud opisuje dane, a jednocześnie zbiór, ponieważ chmura punktów będzie przechowywana w postaci zbioru. Klasy MD_TLS, MD_MLS i MD_LiDAR też opisują dane (tu w postaci produktów końcowych, które będą danymi dla różnych opracowań pochodnych) i jednocześnie zbiory z danymi.

Przedstawione schematy są propozycją mającą na celu zainteresowanie tą tematyką osób zajmujących się skanowaniem oraz zainicjowanie prac związanych ze standaryzacją. Usystematyzowanie informacji/danych oraz ich harmonizacja ułatwią korzystanie z danych pozyskiwanych dzięki tej nowoczesnej i szybko rozwijającej się technologii.



Rys. 7. Propozycja modelu metadanych dla skaningu laserowego

PIOTR FALKOWSKI,
ZENON PARZYŃSKI,
JACEK UCHAŃSKI,
ŁUKASZ UCHAŃSKI

GEOTRONICS POLSKA

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE POMIAROWE

**Trimble®**

Autoryzowany Dystrybutor

**GEOTRONICS**

WWW.GEOTRONICS.COM.PL

GEOTRONICS POLSKA

31-216 Kraków
ul. Feliksa Konecznego 4/10u
tel. +48 12 416-16-00
fax +48 12 416-16-02
www.geotronics.com.pl



AULA LEOPOLDINA W CHMURZE

Prace prowadzone przez KPG w Auli Leopoldina Uniwersytetu Wrocławskiego latem 2008 r. obejmowały kompleksową cyfrową inwentaryzację sali, w tym elementów architektury i malowideł ściennych dla celów konserwatorskich.

ARTUR JACH,
GRZEGORZ SENDOR

W trakcie prawie 50 lat działalności KPG wykonało ponad 2 tysiące projektów z zakresu inwentaryzacji obiektów zabytkowych. Efektem prac jest archiwum, które zawiera ponad 7 tysięcy rysunków: rzutów, przekro-

jów, widoków elewacji. Baza danych KPG obejmuje m.in. dokumentację większości kamienic dzielnicy Śródmieście w Krakowie.

W 2006 roku KPG kupiło dwa skanery laserowe niemieckiej firmy Zoller+Fröhlich wraz z oprogramowaniem i wdrożyło najnowszą technologię zbierania danych do dokumentacji architektoniczno-budowlanej. Połączenie





Aula Leopoldina Uniwersytetu Wrocławskiego. Zdjęcie (na stronie obok) i model 3D (powyżej) wykonany z chmury punktów. Bogate dekoracje stiukowe wykonał bawarski artysta Franz Mangoldt, freski Johann Christoph Handke, a rzeźby drewniane Krzysztof Hollandt. Lekko trapezowate wnętrze podzielone jest na podium i audytorium. W centrum podium grupa rzeźbiarska z Leopoldem I na tronie. Obok niego znajdują się personifikacje: Roztropności (starzec z lustrem), Zapobiegliwości (kobieta z ulem), poniżej cesarza odrzucone przez niego alegorie: Zwady (kobieta z włosami w nieładzie) i Głupoty (młodzieniec z oślimi uszami). Po obu stronach podium, pod kolumnami są rozmieszczone posągi jego synów i także cesarzy: Józefa I oraz Karola VI. Przed nimi stalle i łoże kanclerza (południowa część) i rektora (północna część). Na stropie fresk z poświęceniem uniwersytetu Matce Boskiej [Źródło: Wikipedia]



Glif okienny
w Auli Leopoldina.
Na stronie obok
- zdjęcie, z lewej
- model 3D,
z prawej
- rozwinięcie
dolnej części glifu
na powierzchnię
płaską, a górnej na
pobocznicy stożka





Sklepienie Auli Leopoldina. Z lewej ortofotoplan. Z prawej rejestr stanu zachowania wyprawy wapiennej wraz z warstwą malarską

doświadczenia, fachowej wiedzy i umiejętności z najnowszymi technologiami skaningu laserowego 3D umożliwia KPG oferowanie produktu na najwyższym poziomie. Zinventaryzowanie Auli Leopoldina to tylko jeden z przykładów wykorzystania technologii skaningu 3D na potrzeby do-

kumentacji obiektów historycznego dziedzictwa Polski.

Historia Auli Leopoldina, która jest głównym pomieszczeniem Uniwersytetu Wrocławskiego, sięga lat 1728-32. Wtedy to powstał gmach uczelni, a na cześć fundatora cesarza Leo-

polda I von Habsburga najbardziej reprezentacyjną część budynku nazwano jego imieniem. Szczególny charakter nadaje wnętrzu niezwykle bogactwo malowideł ściennych i rzeźbień. Obecnie Aula Leopoldina stanowi część muzeum uniwersyteckiego, a także jest wykorzystywana jako

miejsce obchodów uroczystości uczelnianych, takich jak inauguracja roku akademickiego czy okolicznościowe wykłady i spotkania uczonych.

Zamawiający cyfrową inventaryzację audytorium (Akademia Sztuk Pięknych, Międzyuczelniany Instytut Konserwacji i Restauracji

Dzieł Sztuki w Warszawie) oczekiwał od wykonawcy usługi na najwyższym międzynarodowym poziomie oraz bogatego portfolio projektów dokumentacji dziedzictwa historycznego. KPG spełniło wszystkie te merytoryczne i formalne kryteria.

Prace terenowe nad projektem prowadzone były przez 2-osobowy zespół. Do pomiarów zastosowano technologię łączącą naziemny skanowanie laserowe 3D z fotogrametrią cyfrową. Skanowanie wykonano instrumentem firmy Zoller+Fröhlich Image 5006, a zdjęcia fotogrametryczne skalibrowanym cyfrowym aparatem fotograficznym Canon EOS 5D.

Pierwszym etapem prac była sygnalizacja i pomiar osnowy fotogrametrycznej. Na jej podstawie łączono później poszczególne chmury punktów z dokładnością 1-2 mm przy rozdzielczości minimum 2 mm. Skanowanie zajęło tydzień. Aby uniknąć tzw. cieni i martwych pól, wykonano je z kilku stanowisk, uwzględniając geometrię obiektu. Rezultatem prac było 81 skanów. Równocześnie wykonano szczegółową dokumentację fotogrametryczną, na którą złożyło się ponad 800 wykorozdzielczych kolorowych zdjęć.

Po tygodniu prac terenowych przyszedł czas na opracowanie wyników. Już w biurze KPG w Krakowie 7 osób przez kolejne 50 dni przetwarzało dane w oprogramowaniu fotogrametrycznym. Obróbka cyfrowa zdjęć (redukcja zniekształceń, kalibracja tonalna) była prowadzona równolegle z rejestracją (kalibracją) pojedynczych chmur punktów. Do dalszego postprocessingu danych zbioru pojedynczych chmur punktów zorientowany został do jednego układu współrzędnych.

Aby uzyskać pełną wiedzę o obiekcie, a zwłaszcza ukazać powierzchnie ścian i sklepień z maksymalną szczegó-

łowością i ilością informacji, każdy skan pokolorowano. W efekcie z kolorowej chmury punktów 3D powstał obraz ortogonalny, czyli fotomapa powierzchni obiektu.

Chmury punktów były również podstawą do wykonania dokumentacji architektoniczno-budowlanej Auli w postaci rysunków wektorowych w środowisku CAD w skali 1:50. Dokumentacja obejmowała 2 rzuty na wysokości 1,2 m oraz 6 m (powyżej gzymsów) oraz 4 przekroje podłużne i poprzeczne.

Wyniku kompilacji zarejestrowanych chmur punktów oraz kolorowych fotografii obiektu wykonywanych kamerą cyfrową sprzężoną ze skanerem uzyskano barwne ortofotoplany. Prace związane z ich wykonaniem zostały podzielone na kilka etapów: rozpoczęto od ustalenia parametrów płaszczyzn odniesienia, następnie generowano ortofotoplany, a na końcu poddano je obróbce graficznej.

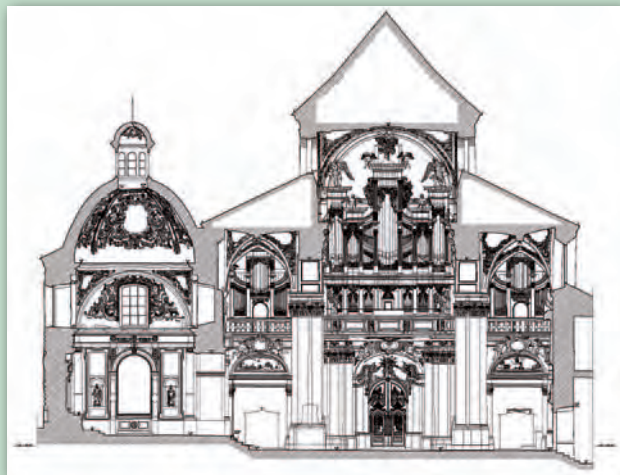
Ze względu na złożoność architektoniczną Auli Leopoldina ortofotoplany centralnej części sufitu, głównej ściany oraz dolnej części gzymsów okiennych odwzorowane zostały na powierzchni płaskiej. Z kolei zewnętrzną część sufitu zrzucono na pobocznice walca, a górną część gzymsów okiennych – na pobocznice stożka.

Opracowania wykonane przez KPG podczas dokumentacji architektoniczno-budowlanej Auli Leopoldina stały się podstawą do dalszych badań konserwatorskich. Ilość zgromadzonej informacji oraz jej uniwersalność sprawiła, że jeszcze wiele razy były one wykorzystywane przez osoby i instytucje zajmujące się ochroną tego zabytku i stały się bezcennym zasobem wiedzy o tym obiekcie.

ARTUR JACH,
GRZEGORZ SENDOR
(KPG SA)

JASNOGÓRSKA BAZYLIKA

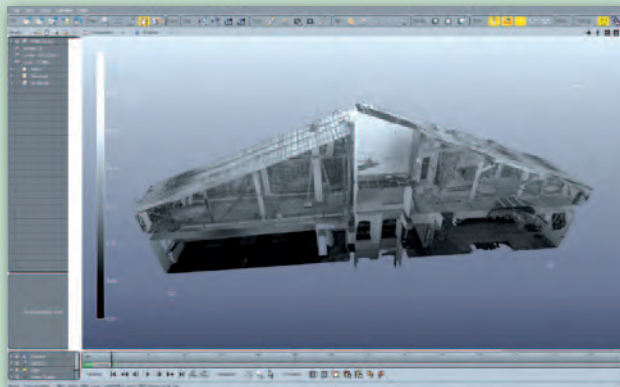
W 2008 roku spółka KPG rozpoczęła prace przy inwentaryzacji architektonicznej zespołu klasztoru oo. paulinów na Jasnej Górze. Projekt obejmował stworzenie pełnej dokumentacji w skali 1:50, która miała być wykorzystana do prac konserwatorskich. Prace polegały na stabilizacji i pomiarze punktów osnowy oraz wykonaniu skaningu laserowego 3D obiektu włącznie ze ścianami zewnętrznymi. W sumie powstało ok. 200 skanów 3D, które na podstawie punktów



osnowy pomiarowej zostały zorientowane do jednego układu współrzędnych. Wynikowa chmura punktów w sposób kompletny opisywała bazylikę. Następnym krokiem było opracowanie dokumentacji architektonicznej w formie wektorowej, w środowisku CAD, z wykorzystaniem uzyskanej chmury punktów oraz dokumentacji fotograficznej. Ostatecznie otrzymano rzuty, przekroje (rys. powyżej) i widoki opisujące prezbiterium, nawę główną, nawy boczne oraz wszystkie kaplice w obrębie sanktuarium.

DOM JANA MATEJKI

Skaner 3D wykorzystywany był również do inwentaryzacji architektoniczno-budowlanej wnętrza i piwnic domu Jana Matejki przy ulicy Floriańskiej 41 w Krakowie. W efekcie powstały rzuty i przekroje budynku (rys. poniżej). Ogromną zaletą przy tego typu pracach jest bardzo wysoka dokładność (błąd średni po orientacji chmury punktów ok. 4-5 mm) oraz relatywnie niskie koszty wykonania. Dodatkowym atutem jest możliwość korzystania z pomiarów w postaci chmury punktów w przyszłości.



Monitoring sytuacyjno-wysokościowy szkód górniczych na terenie Bytomia

Z GÓRY LEPIEJ WIDAĆ

Udoskonalana technologia lotniczego skanowania laserowego znajduje coraz szersze zastosowanie. Początkowo z LiDAR-u korzystali głównie naukowcy w ramach grantów, a dopiero stopniowo zaczęli przekonywać się do niego GIS-owcy czy – jak pokażemy na przykładzie Bytomia – także geodeci.

WITOLD KUŹNICKI

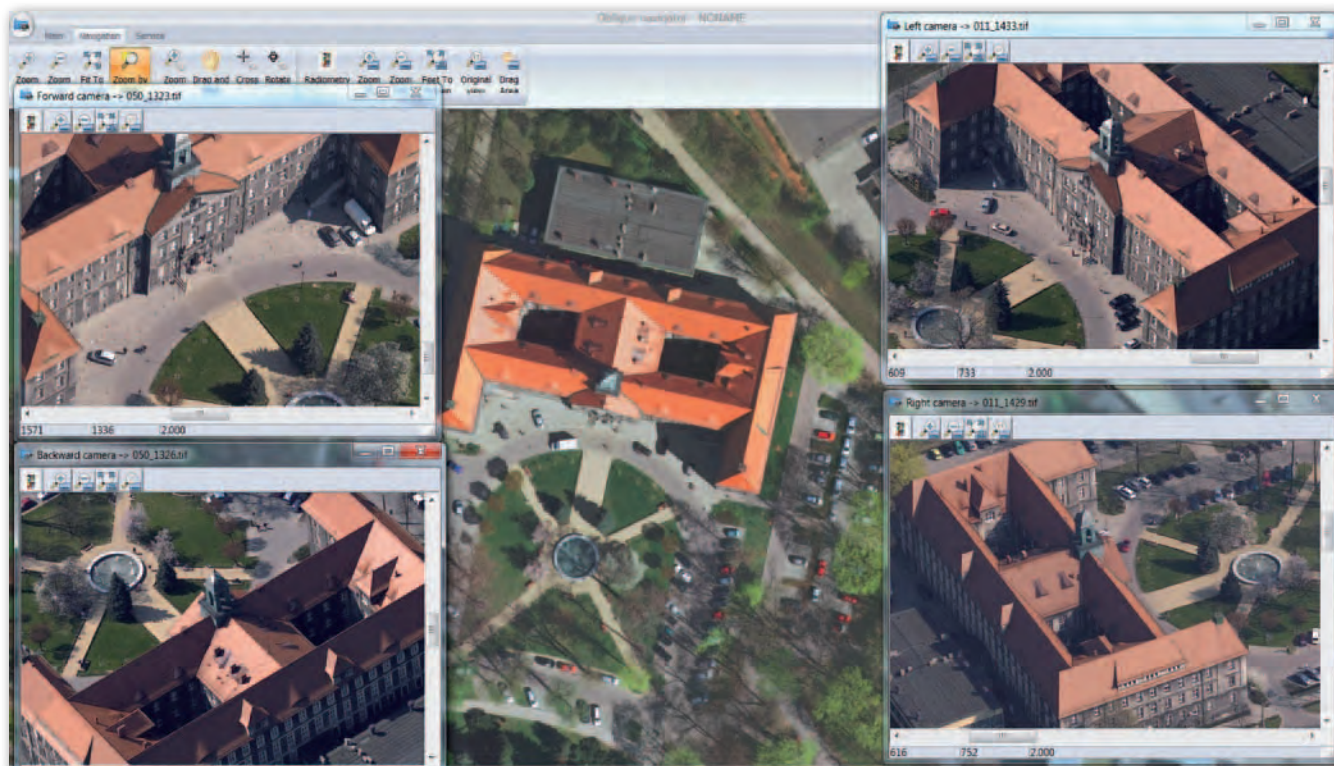
W 2011 roku laser kończy 50 lat, ale dopiero od kilku skaning laserowy z powodzeniem jest wykorzystywany

w Polsce w szeroko rozumianej geodezji. Z uzyskanym w wyniku skanowania NMT duże nadzieje wiąże się m.in. w projekcie ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami) – jednym z naj-

większych realizowanych ostatnio przez GUGiK.

Pod skrzydła MGGP Aero lotniczy skaning laserowy trafił dwa lata temu. Zdobyte od tego czasu doświadczenie (archeologia, hydrologia, ochrona środowiska, ener-

getyka, administracja samorządowa itp.) pokazuje, jak rozszerza się wachlarz zastosowań LiDAR-u w badaniu przestrzeni. Monitoring zmian sytuacyjno-wysokościowych obszarów występowania szkód górniczych



Program do wizualizacji i pomiarów zdjęć ukośnych oraz widoczny z kilku perspektyw budynek Urzędu Miejskiego w Bytomiu, pierwszego miasta, dla którego wykonano projekt zdjęć ukośnych, ortofotomapę i skaning laserowy



Powtórzony po roku pomiar skanerem wykazał różnicę wysokości profilu przechodzącego przez boisko rzędu 1,8 metra. Obok i poniżej: Orientacyjny przebieg profilu i widoczne uszkodzenia na zdjęciach ukośnych



w Bytomiu to jeden z naszych ciekawszych projektów.

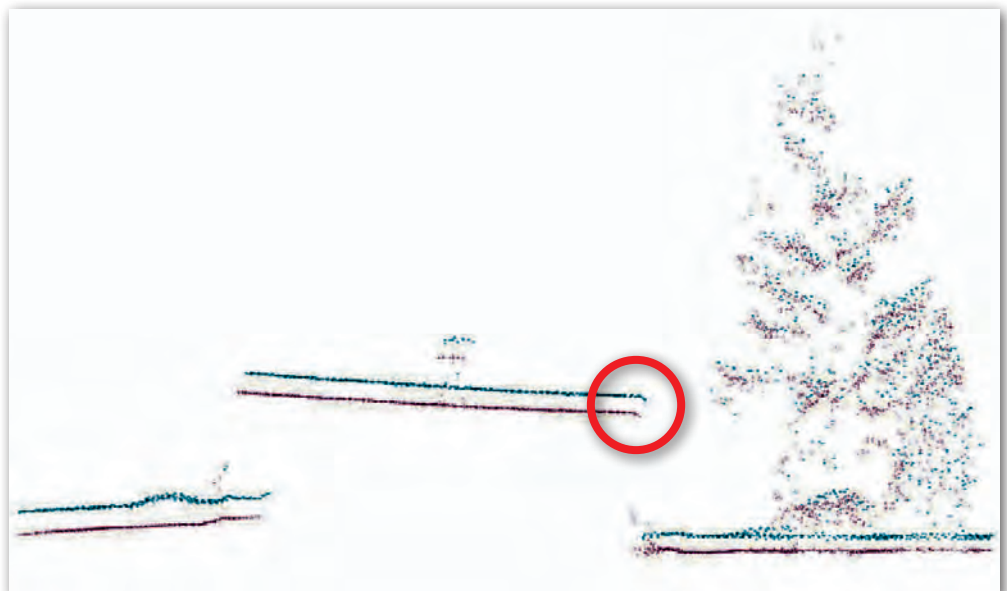
● PORÓWNIANIE DWÓCH SKANINGÓW

Zainteresowanie najwyższych władz sprawami Bytomia nie jest ostatnio przypadkowe. Wynika ono m.in. z tego, że jest to pierwsze miasto w Polsce, gdzie wyniki analiz zmian wysokościowych przeprowadzonych na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego dały jego prezydentowi niepodważalne argumenty w walce z kopalnią o odszkodowania (zawarto porozumienie na około 25 mln złotych za szkody w dzielnicy Karb). Bytom od dawna boryka się z występowaniem zjawiska tzw. szkód górniczych wywoływanych ponadstuletnią eksploatacją złóż węgla. Pojawiają się uszkodzenia budynków, dróg czy infrastruktury podziemnej. Wcześniej w mieście były prowadzone pomiary wysokościowe wybranych punktów rozproszonych. W ten sposób określano skalę szkód i próbowano monitorować zmiany, ale tzw. wysokościówka w Bytomiu zawsze „pływała”.

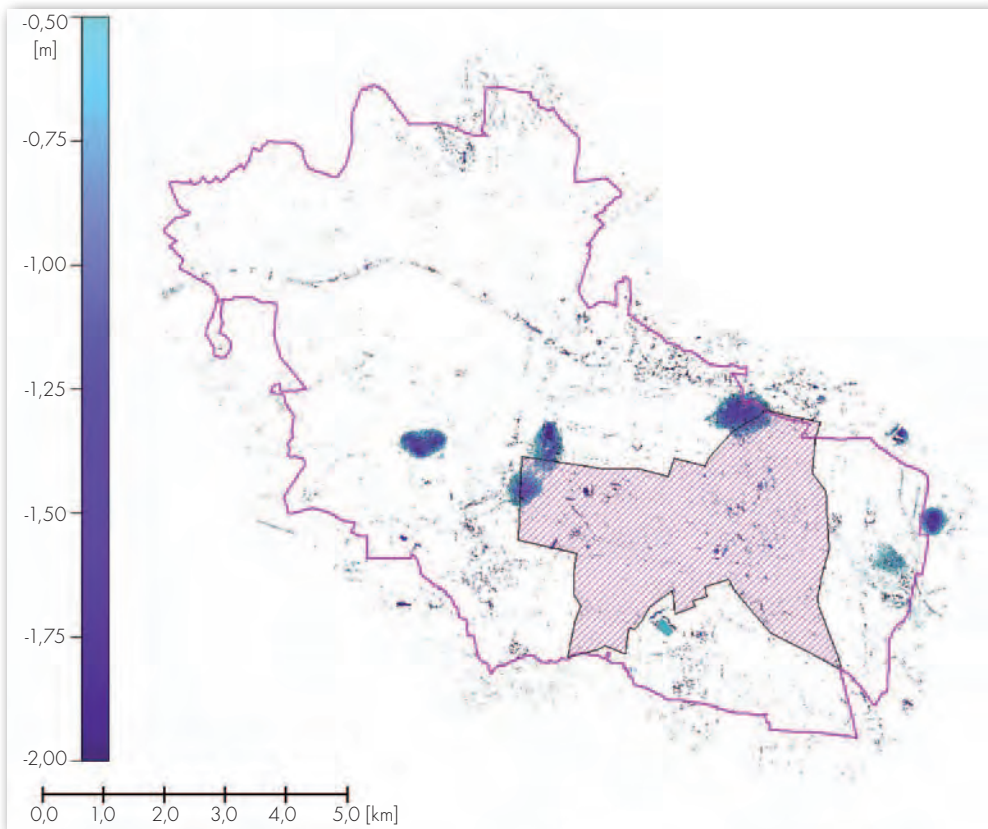
Tym razem jednak zespół pracowników Wydziału Geodezji pod kierunkiem Wojciecha Jeszki nie wyciągał wniosków na podstawie pomiarów rozproszonych, ale poprzez porównanie dwóch skaningu laserowych wykonanych w rocznym odstępie czasu z użyciem tej samej technologii, przy identycznych parametrach technicznych i dla każdego metra kwadratowego

powierzchni miasta. Tak zebrane i przeanalizowane dane obalają tezę, że zjawisko osiadania występuje w wielu miejscach i że są to nie duże różnice wysokości. Dwie chmury punktów – abstrahu- jąc od tego, czy będzie to do-

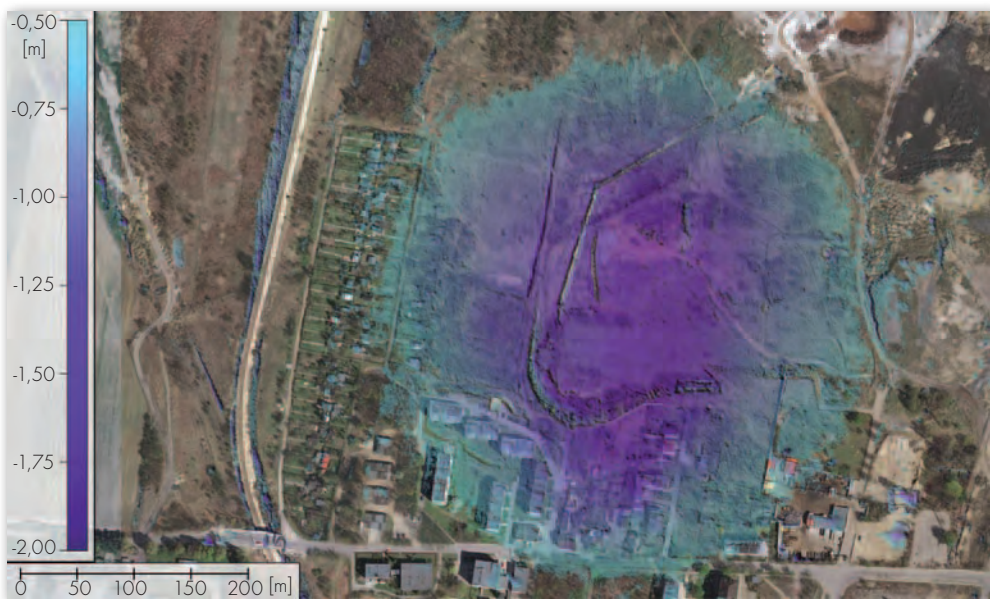
celowo NMT (numeryczny model terenu), czy NMPT (numeryczny model pokrycia terenu) – pozwalają na pomiary wysokościowe dowolnego miejsca przez bezpośrednie porównanie współrzędnych XYZ. Dotyczy to w równym



Skanowanie wykazało, że budynek nie tylko osiadł razem z terenem, ale dodatkowo – w wyniku naprężeń rozciągająco-ściskających – jest przesunięty w poziomie o ok. 25 centymetrów



Efekt analizy dwóch NMT z 2010 i 2011 roku przedstawiający różnice wysokościowe rzędu 0,5-1,8 m



Wizualizacja osiadania na tle ortofotomapy

stopniu takich obiektów, jak: droga, wiadukt, niecka bezodpływowa, torowisko czy nawet kalenica dachu budynku, który osiada wraz z terenem.

● KOMPLETNE DANE Z WIELU SENSORÓW

W ramach projektu opracowaliśmy wysokiej szczegółowości i dokładności cyfrową ortofotomapę lotniczą Bytomia (piksel o rozdzielczości

ci terenowej 5 cm). Podczas pozyskiwania zdjęć lotniczych równolegle skanowaliśmy teren z bardzo dużą częstotliwością i fotografovaliśmy miasto zestawem kamer ukośnych. Dzięki temu powstał zestaw danych, który doskonale się uzupełnia, jeśli chodzi o widoczne na ortofotomapie szczegóły sytuacyjne, warstwę wysokościową (pomiar skanerem)

i szczegóły interpretacyjne na zestawie zdjęć ukośnych. To, co zmierzył skaner i można interpretować na ortofotomapie, dodatkowo analizowane jest na podstawie przynajmniej 4, a w szczególnych przypadkach nawet 7-8 zdjęć ukośnych dla każdego obiektu w mieście. Elewacja od strony wewnętrznej działki, podcień, wiat, zwarte zadrzewienia to miej-

sca, o których dotychczas zarządzający miastem nie mieli pełnej informacji. Obecnie obiekty wzajemnie się przysłaniające czy będące w cieniu można oglądać z perspektywy około 45 stopni, i to z wielu stron. Dodatkowo przeglądarka zdjęć ukośnych pozwala sprawnie nawigować po ogromnym zbiorze danych. Wystarczy jedno kliknięcie w ortofotomapę, by automatycznie otworzyły się zdjęcia ukośne prezentujące wskazane miejsce z różnych stron. Istnieje możliwość dodawania warstw wektorowych i wyszukiwania po dowolnym atrybucie, a pomiary długości czy powierzchni nie stanowią problemu nawet na zdjęciach ukośnych.

● SKANER WYKRYWA SZKODY

Kluczem do tego projektu był jednak skanowanie. Analizy porównawcze modeli terenu dają odpowiedź na pytanie, gdzie w granicach administracyjnych występuje oraz jaka jest dynamika i skala rzeczywistych osiadań i nachyleń powierzchni terenu. Wreszcie możliwe jest tworzenie prawdziwych izolinii osiadań, wizualizowanie powierzchniami, poligonami i porównywanie ich z danymi z analogowych map górniczych obejmujących kategorie osiadań. W rozmowach z kopalnią, przyszłymi inwestorami czy właścicielami gruntów urząd dysponuje mapami, których treści nie sposób podważyć. Administracja publiczna może więc przedstawić mocne argumenty w kwestii odszkodowań za występowanie tzw. szkód górniczych. Działła to zresztą w dwie strony, bo kompania węglowa we własnym interesie również może zlecać tego typu analizy w celu weryfikacji dotychczasowych planów, map wydobywania czy koncesji.

Celem analiz wysokościowych wykonanych na podstawie skaningu laserowego było zweryfikowanie prognoz wpływów podziemnej eksplo-



Wizualizacja powiększającego się najbardziej spektakularnego zbiornika bezodpływowego „Brandka”. Widoczna niedokończona obwodnica miasta – wstrzymana z powodu postępujących szkód górniczych. Lewy górny narożnik przedstawia presję zbiornika na ogródki działkowe

atacji górniczej na powierzchnię terenu. Istnieją metody na obliczanie wskaźników ciągłych deformacji powierzchni w przestrzeni i czasie. Ale skalę i rozmiar tych deformacji, a właściwie dynamikę zmian można doskonale wychwycić, skanując wielokrotnie dany obszar i porównując wyniki nalołów. Wskutek działalności górniczej i deformacji terenu budynki czy infrastruktura poddawane są naprężeniom najpierw rozciągającym, a następnie ściskającym. Tak powstają szkody. Jednak górnictwo jest wpisane w życie Bytomia. Z pracy pod ziemią żyje wiele rodzin, które zawsze chciały mieszkać jak najbliżej kopalni. Dla

dzielnicy Karb skala deformacji liniowych jest tak wielka, że pękają wodociągi, a budynki osiągają nachylenie nawet do 5% (10-metrowy budynek może się odchylić o 50 cm). Pod tą dzielnicą węgiel nadal wydobywany jest metodą, która nie przewiduje wypełniania pozostałej po wydobyciu dziury żadnym materiałem. Dalsze szkody spowodowane działalnością górniczą są więc nieuniknione.

● UMIEJĘTNE WYKORZYSTANIE DANYCH

Wyżej opisane analizy i monitoring zmian wysokościowych znacząco upraszczają procesy decyzyjne

w mieście. Każda zmiana czy weryfikacja terenów, których dotyczą konkretne zapisy w studium czy planie miejscowym, jest wreszcie dokonywana na podstawie jednorodnych danych wysokościowych. Gospodarowanie przestrzenią miasta z wykorzystaniem takich analiz pozwala zminimalizować negatywne skutki eksploatacji górniczej. Punktem wyjścia są dane i ich umiejętne wykorzystanie. Dwa wykonane rok po roku pomiary pozwoliły w Bytomiu na weryfikację obniżenia terenu zawartych w planach ruchu dla obszarów objętych koncesją na eksploatację górniczą. Każdy następny skanowanie będzie jeszcze precyzyjniej pokazywał kierunek zmian wysokościowych i ich dynamikę.

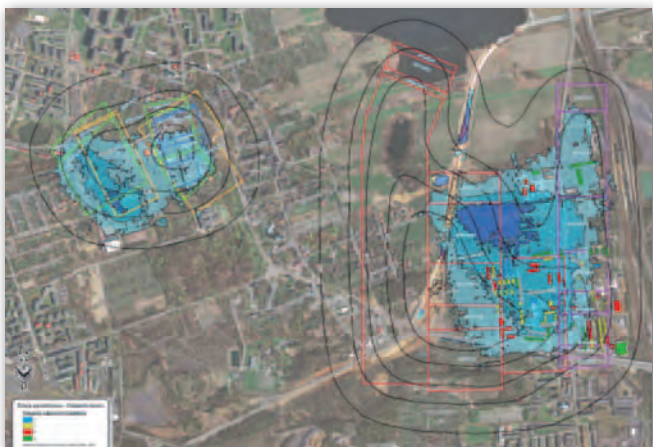
Kolejnym przykładem zastosowania tych danych w praktyce mogą być działania przeciwpowodziowe w maju 2010 roku. Jeszcze „ciepłą” chmurę punktów (XYZ) wykorzystano wówczas do oszacowania ilości wody i jej zasięgu (wraz z możliwościami wypompowania) w przybierających w błyskawicznym tempie kilkunastu bezodpływowych nieckach. Chociaż przez Bytom nie płynie żadna waż-

niejsza rzeka, to pojawiające się od kilku lat – jako szkody górnicze – zbiorniki wodne stanowią realne zagrożenia dla mieszkańców i mienia. Już teraz są miejsca, gdzie przez całą dobę pracują pompy usuwające nadmiar gromadzącej się wody.

● PEWNOŚĆ, KOMPLEKSOWOŚĆ, SZCZEGÓŁOWOŚĆ

Jak pokazuje przykład Bytomia, analizy sytuacyjno-wysokościowe i monitoring zmian obszarów objętych działalnością górniczą można z powodzeniem wykonać przy użyciu wielosensorowych platform fotogrametrycznych. Mamy doświadczenie i pewność, że wyniki pomiarów przedstawiają rzeczywistą sytuację w terenie, a zakres i wielkość deformacji terenu górniczego widoczne są na analizach danych z lotniczego skaningu laserowego. Tylko w ciągu 12 miesięcy w Bytomiu zdiagnozowaliśmy tą techniką kilkanaście miejsc, gdzie różnica poziomów wyniosła nawet 1,8 metra. Co najważniejsze, monitoring zmian wysokościowych objął całą powierzchnię, a nie tylko wybrane punkty. Szczegółowość analiz wynika m.in. z porównania wysokości kilkudziesięciu punktów pomiarowych na metr kwadratowy. Nie ma mowy o generalizacji czy ludzkim błędzie.

Niezależnie od tego, czy taki projekt zrealizujemy dla kopalni, czy dla miasta, uzyskamy najlepszy możliwy ciągły powierzchniowo zestaw danych pomiarowych. Predykcja skutków eksploatacji charakteryzuje się pewną regularnością, a rzeczywiste zjawisko wizualizowane jest dopiero poprzez porównanie dokładnych danych wysokościowych z różnych okresów. Skanowanie laserowe jest doskonałym narzędziem do weryfikacji tych prognoz. W Bytomiu już to wiedzą



Przykład izol linii prognozowanych skutków eksploatacji i weryfikacja zjawiska na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego

ŹRÓDŁO: GIS BYTOM

WITOLD KUŹNICKI,
(MGGP Aero Sp. z o.o.)



Szacowanie masy dinozaurów

STUDIUM PRZYPADKU

Wiele pytań stawianych paleontologom w przeszłości, na które pozornie nie było odpowiedzi, teraz zostaje wyjaśnionych z pomocą technologii XXI wieku. Należy do nich naziemny skanowanie laserowe, kojarzony zazwyczaj z pomiarami geodezyjnymi.

• OMÓWIENIE ZAGADNIENIA

Sposób, w jaki paleontolodzy badają dinozaury, zmienił się znacząco w ciągu ostatnich 20 lat wraz z pojawieniem się nowych technologii, szybszych komputerów i naukowców przygotowanych do prowadzenia badań w nowych

dyscyplinach. Wykopanie, przygotowanie i wystawienie szkieletów dinozaurów jest teraz częścią szerszego spojrzenia na skamieniałe kości – ich budowę, biomechanikę, zachowanie i wiele innych aspektów.

Choć niektórzy naukowcy postrzegają paleontologię

jako „zbieranie znaczków” z przeszłości, jest ona obecnie w czołówce multidyscyplinarnych badań. Grupa naukowców z Uniwersytetu Manchesterskiego używa technologii skanowania laserowego 3D do digitalizacji ogromnych szkieletów dinozaurów i ich skamieniałych

śladów, które mogą być wprowadzone do modeli komputerowych pozwalających na bardziej wymierne analizy. W ciągu 12 miesięcy technologia skanowania laserowego 3D dostarczona przez Z+F została zastosowana do skanowania szkieletów dinozaurów w muzeach i w miejscach

O FIRMIE

Z+F jest światowym liderem w produkcji skanerów fazowych. Nasze oprogramowanie LFM, oparte na rozwiązaniach programowych z Wielkiej Brytanii, jest rozpowszechniane na świecie i szybko staje się przemysłowym standardem w zakresie oprogramowania do skanowania laserowego. Nasze atuty kryją się w naszym potężnym sprzęcie do skanowania 3D i w innowacyjnym oprogramowaniu, które są uważane za najlepsze na rynku, ciągłym charakterze tych innowacji i wsparciu technicznym dla naszych klientów, którzy są lojalni i od dawna z nami związani dzięki usługom, jakie dostarczamy.



Rys. 1. Skan laserowy 3D – Tyrannosaurus Rex znany jako „Stan”

występowania skamieniałych śladów w Wielkiej Brytanii, Niemczech, Hiszpanii, USA, Chinach i Argentynie. Cyfrowe modele 3D mogą być łatwo zaimportowane do odpowiedniego oprogramowania przetwarzającego dane, które umożliwia obliczenie przybliżonej masy na podstawie podanej zależności objętości/gęstości.

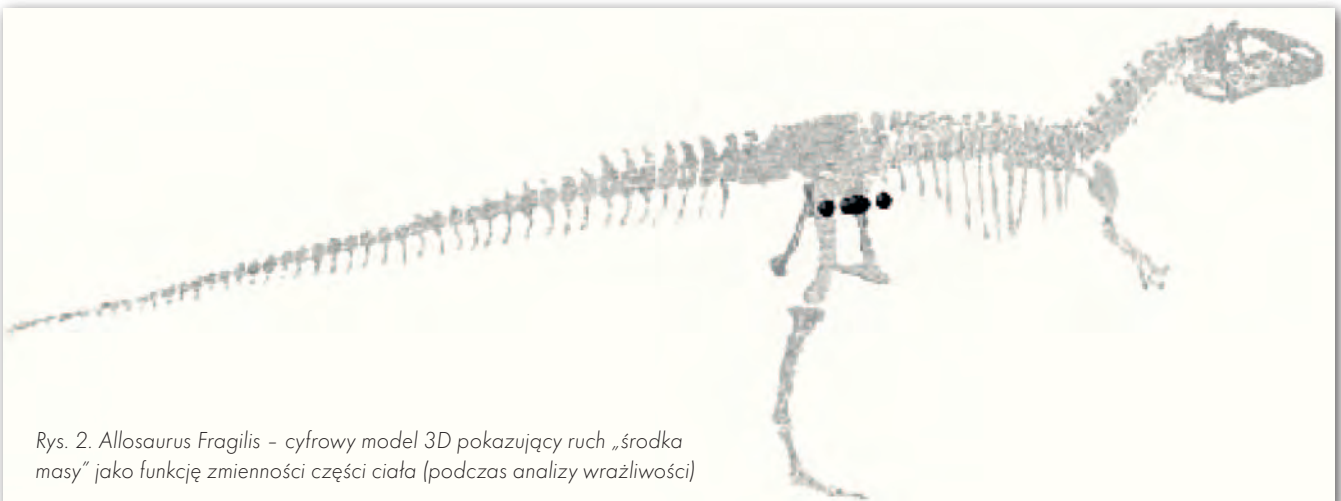
Kanał telewizyjny National Geographic uznał to innowacyjne zastosowanie nowej techniki za ważny przykład tego, jak technologia XXI wieku pomaga paleontologii, sfilmował więc badania w ramach nowego cyklu dokumentalnego o dinozaurach („Jurassic CSI”).

• WPROWADZENIE

Oszacowanie masy ciała kręgowców jest ważne dla zrozumienia uwarunkowań poruszania się i zachowania gatunków zarówno istniejących, jaki i wymarłych. Masa może być dokładniej oszacowana, jeżeli zeskanujemy laserowo kompletnie (lub niemal kompletnie) zmontowane

szkielety i użyjemy danych do rekonstrukcji modeli cyfrowych. Cyfrowe modele 3D można zaimportować do odpowiedniego oprogramowania do przetwarzania danych, które pozwala na obliczenie szacunkowej masy. Wirtualną objętością ciała można również manipulować w celu uwzględnienia subtelnych zmian w masie ciała, które mogą mieć wpływ na zdolność ruchu i środek masy. Szybkie pozyskiwanie danych 3D jest teraz szerzej wykorzystywane w zakresie ochrony dziedzictwa geologicznego (geoochrony), gdzie modele cyfrowe 3D odkrywek dostarczają cennych danych ze stanowisk wietrzających z roku na rok lub z miejsc ważnych wykopalisk.

W pracach przy szacowaniu masy ciała dinozaurów podejmowanych przez grupę badawczą paleontologów z Uniwersytetu Manchesterского technologię skanowania laserowego 3D wykorzystano do nieniszczących modyfikacji właściwości modelu. Technologia ta dostar-



Rys. 2. Allosaurus Fragilis – cyfrowy model 3D pokazujący ruch „środka masy” jako funkcję zmienności części ciała (podczas analizy wrażliwości)

czona przez Z+F była używana do skanowania pięciu okazów dinozaurów w muzeach w Wielkiej Brytanii, USA, Chinach i Argentynie.

• SPRZĘT I OPROGRAMOWANIE

O użyciu w badaniach fałszywego skanera Z+F Image 5006i zdecydowała jego dokładność, rozdzielczość i prędkość pozyskiwania danych wynosząca 500 tys. punktów na sekundę. Na wewnętrznym dysku Imagera 5006i były generowane i zapisywane duże ilości danych (czasami wprost na podłączonym netbooku, co było bardzo opłacalne i pozwalało na wtórny back-up do wewnętrznego dysku twardego skanera).

Ogromną zaletą skanerów Z+F jest to, że są to całkowicie zamknięte jednostki, które nie potrzebują do sterowania zewnętrznych urządzeń. Nawet netbook nie był potrzebny, a przy skanowaniu szkieletów od spodu jego użycie mogłoby być niewygodne. Skaner jest przenośny i lekki, co jest ważne z powo-



Rys. 3. Zespół paleontologów przez 12 miesięcy używał technologii 3D do skanowania szkieletów dinozaurów w muzeach i skamieniałych śladów w terenie w Wielkiej Brytanii, Niemczech, Hiszpanii, USA, Chinach i Argentynie

du różnorodnych warunków, w jakich był używany przez zespół z Manchesteru – od pustyni do muzeów i od zboczy górskich po obszary zalewowe (rys. 3).

Wiele skanów było wykonanych i zorientowanych chmura do chmury, a podgląd skanów w czasie rzeczywistym posłużył do weryfikacji pozyskanych danych na miejscu. Modele 3D szkieletów wygenerowane w wysokiej rozdzielczości wykorzystano następnie w oprogramowaniu do symulacji ruchu napisanym przez członków zespołu Uniwersytetu Manchesterskiego.

• DLACZEGO WYBRANO SKANING LASEROWY

Możliwość pozyskania precyzyjnych danych o geometrii i morfologii zmontowanych szkieletów otworzyła badaczom drogę do oszacowania, jak poruszały się i funkcjonowały dinozaury. Najszybszą i najdokładniejszą technikę pozyskiwania danych dostępną dla zespołu dostarczył skaner Z+F. Zebrane dane zawierają szczegółowe informacje pomiarowe, wymiary i kolory



Rys. 4. Dr Phil Manning, paleontolog z Uniwersytetu Manchesterskiego



Rys. 5. Z+F Imager 5006 to idealny wybór do skanowania 3D wykopaliś i tropów dinozaurów przez zespół paleontologów

(jeżeli są potrzebne) rzeczywistych obiektów lub otoczenia. Jest to bogate źródło wiedzy niezbędnej do ustalenia różnych kluczowych cech dinozaurów, które miały wpływ na takie właściwości, jak masa całego ciała i jego poszczególnych części, obciążenie szkieletu czy momenty bezwładności dla każdego elementu zwierzęcia.

Dostęp do wielu miejsc na świecie odwiedzonych przez paleontologów w ramach projektu był ograniczony czasowo. Dlatego niezwykle ważne było, aby w minimalnym czasie pozyskać maksymalnie dużo danych. Rozważano wiele rozwiązań, ale ostatecznie wybór padł na skaner fazowy Z+F ze względu na jego wysoką rozdzielczość, prędkość skanowania, przenośność i ogólną łatwość użycia w ekstremalnych warunkach. Dzięki wykorzystaniu potężnej technologii Z+F naukowcy mogli spędzić mniej czasu w miejscu pozyskiwania informacji. Jakość otrzymanych danych pozwoliła paleontologom

na wykonanie bardziej dokładnych oszacowań kluczowych parametrów ruchu, pomocnych w zdefiniowaniu wirtualnych modeli dinozaurów.

• OSTATECZNE WYNIKI

Z+F Imager dostarczył naukowcom w formacie ASCII skany, które zostały użyte w systemie CAD Uniwersy-

tetu Manchesterskiego. LFM Register, potężne narzędzie oprogramowania skaningu laserowego opracowane przez Z+F w Wielkiej Brytanii, pozwala zorientować skany razem w celu stworzenia modelu 3D do użycia w systemie CAD. Ostateczne produkty umożliwiają paleontologom wygenerowanie na podstawie obliczeń biologów wirtualnego modelu każdego dinozaura, wyposażonego w grupy wirtualnych mięśni. Generując następnie wersje 3D ruchów, jakie dinozaur mógł wykonać, uzyskano stabilny chód dla wszystkich badanych modeli.

Projekt wzbudził znaczące zainteresowanie badaniami nad maksymalną prędkością biegu dinozaurów i sposobem poruszania. Prowadzone prace i ich wynik przedstawiono w nowym sześcioczęściowym cyklu „Jurassic CSI” zamówionym przez kanał National Geographic. Gospodarzem serii, która zgłębia zastosowania nauki XXI wieku w paleontologii i obejmuje prace czołowych naukowców z całego świata, jest paleontolog z Manchesteru dr Phil Manning. Seria ukaże się w kanale National Geographic w 2011 roku.



Rys. 6. Skanowanie laserowego gigantycznego *Brachiosaurusa* w Muzeum Humbolta w Berlinie (Niemcy) przy użyciu Z+F IMAGER 5006

Z+F UK Ltd.

TERAZ SKANER?

Popularność, jaką cieszą się krajowe imprezy i kursy poświęcone skanowaniu, świadczy o dużym zainteresowaniu polskich geodetów (i nie tylko geodetów) tą technologią. Niektórzy wciąż wstrzymują się jednak z zakupem skanera, licząc na odczuwalny spadek cen. Czy warto jeszcze zwlekać?

Gdy publikowaliśmy pierwsze wydanie dodatku „Skanery Laserowe” (w kwietniu 2008 roku), żadna polska firma nie posiadała jeszcze lotniczego systemu skanowania. Dziś mają go już cztery spółki, a kilka kolejnych może pochwalić się sporym doświadczeniem na tym polu. Rynek skanowania lotniczego można uznać tym samym za nasycony (o ile nie przeszycony). Ani się obejrzymy, a to samo czeka także skaning naziemny i mobilny. Być może nadchodzi więc ostatni moment, by zaistnieć na tym rynku?

Z drugiej strony firmy, które już posiadają skaner, uskarżają się, że wciąż trudno przekonać potencjalnego klienta do droższego – choć znacznie szybszego i bardziej efektywnego niż pomiary klasyczne – skanowania. Jednak porównując tegoroczne zestawienie z tym z 2008 roku, zobaczymy wyraźnie, że nowy sprzęt oferuje o wiele większe możliwości cięcia cen, podnoszenia jakości i realizacji innowacyjnych projektów.

Zacznijmy od liczby modeli na rynku. Trzy lata temu było ich 15, z czego 5 fazowych (czyli szybkich i dokładnych) i 10 impulsowych (a więc o większym zasięgu). W tym roku prezentujemy natomiast 7 modeli fazowych i 16 impulsowych. Jeszcze większe wrażenie robi porównanie ich

osiągów. W 2008 r. najlepsze naziemne skanery laserowe pozwalały na pomiar z prędkością do 500 tys. punktów na sekundę. W tym roku dla 5 modeli jest to już ponad milion punktów! Wystarczy więc kilkadziesiąt sekund, by zebrać dane mogące unieruchomić szybki komputer.

Oba te rekordy ustanowił sprzęt firm Zoller+Fröhlich oraz Leica Geosystems. Ich skanery fazowe przodują zresztą także pod względem dokładności, która przy małych odległościach schodzi nawet poniżej 1 mm, co było poza zakresem możliwości skanerów sprzed trzech lat. W przypadku modeli impulsowych rekord należy do Trimble CX (2 mm na 50 metrów), choć – gwoli ścisłości – należy nadmienić, że mierzy on w technologii Wavepulse, którą producent promuje jako pośrednią między fazową i impulsową. Jeśli chodzi o sprzęt „czysto impulsowy”, najlepszą dokładność oferuje Topcon GLS-1500 (4 mm na 150 metrów). Choć podobnymi wartościami chwali się także konkurencja, to odnoszą się one do znacznie krótszych dystansów.

Wciąż nie został za to pobity rekord zasięgu pomiaru sprzed trzech lat (6 km), który należy do instrumentu Riegl LPM-321. Na rynku pojawiło się natomiast kilka ciekawych skanerów, które niewiele ustępują mu pod tym względem. Są to m.in. zaprezentowany w tym roku

Riegl VZ-4000 (4 km) oraz nowość sprzed roku – ILRIS-LR kanadyjskiego Optecha (3 km). Ten drugi w starciu z austriackimi konkurentami wygrywa jednak pod względem dokładności, która dochodzi do 7 mm na 100 metrów (w LPM-321 jest to 25 mm na 50 metrów).

Rozwijając swój sprzęt, producenci kładą także nacisk na bezpieczeństwo. Aż 16 urządzeń (a więc ponad 2/3) wyposażono w laser I klasy, co oznacza, że w trakcie pomiarów można bez obaw przebywać w okolicy skanera. Trzy lata temu tylko pięć modeli (czyli 1/3) mogło się tym pochwalić.

Gdy laserowa rewolucja dopiero się rozkręcała, skanery kojarzone były na ogół z ciężkim sprzętem o wielkich gabarytach. Także pod tym względem dokonał się spory postęp. O ile w poprzednim zestawieniu najlżejszy skaner ważył 10 kg, to teraz waga schodzi już nawet do 5 kg. Rekord ten ustanowił amerykański model Faro Focus 3D, który wyróżnia się również niewielkimi wymiarami (24 x 20 x 10 cm). Tytuł najcięższego przypadł natomiast skanerowi Topcon GLS-1500 (blisko 18 kg), ale – jak już pisaliśmy – wagę rekompensuje mu wysoka dokładność.

Wybierając skaner, trzeba pamiętać, że coraz większe znaczenie dla jakości pomiarów ma oprogramowanie – zarówno polowe, jak i do postprocessingu. Najbardziej

innowacyjne aplikacje świetnie radzą sobie bowiem nawet z miliardami punktów i umożliwiają coraz większą automatyzację pracy i pamięciochłonnym zadaniom, takim jak łączenie skanów czy wektoryzacja obiektów i ich teksturowanie. Z powodu złożoności tematu w zestawieniu musieliśmy potraktować je skrótowo, ale wkrótce planujemy szerszą prezentację.

Chętnych do wejścia na rynek skanowania jak najniższym kosztem uspokajamy, że producenci walczą o klienta nie tylko jakością, ale coraz częściej także ceną. Za przełomową można uznać zeszłoroczną prezentację modelu Faro Focus 3D. Jest to bodaj pierwszy skaner, którego ceną (od około 30 tys. euro) część dystrybutorów bez ogródek chwali się na portalach geodezyjnych (choć jeszcze nie w Polsce).

Na odpowiedź konkurencji nie trzeba było długo czekać. Leica zaprezentowała w tym roku model C5, czyli C10 z mniejszym zasięgiem i prędkością skanowania. Z kolei Maptek wprowadził do sprzedaży I-Site 8400 będący zubożoną wersją skanera I-Site 8800. Ceną powalczy o klientów zapewne także włoski Stonex, który jako nowicjusz na rynku tego typu sprzętu zaprezentował model S9 (będący – podobnie jak Leica HDS7000 – kopią Z+F Imager 5010).

Opracowanie redakcji



SKANERY LASEROWE	Faro	Leica HDS	Leica HDS
MARKA	Focus 3D	ScanStation C5	ScanStation C10
MODEL	Focus 3D	ScanStation C5	ScanStation C10
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2010	2011	2010
PRZEZNACZENIE	pomiary inżynierskie, ochrona zabytków, inwentaryzacje	pomiary inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki	pomiary inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	fazowy	impulsowy	impulsowy
LASER			
średnica plamki [mm/m]	3,8 na wysokości	4,5/50	4,5/50
długość fali [nm]	905	532	532
klasa bezpieczeństwa	3R	3R	3R
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA			
odległości [mm/m]	2/120	4/50	4/50
kąta	brak danych	12"	12"
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm]	od 1,5/10 m	1 w całym zakresie	1 w całym zakresie
PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA			
maksymalna [pkt/s]	976 000	25 000 (opcja 50 000)	50 000
średnia [pkt/s]	976 000	zależy od zakresu i gęstości	zależy od zakresu i gęstości
ZASIĘG SKANOWANIA			
minimalny [m]	0,6	0,1	0,1
maksymalny [m]	120	35 (opcja 300)	300
POLE WIDZENIA			
w pionie [°]	305	270	270
w poziomie [°]	360	360	360
MIN. WIELKOŚĆ MIERZONEGO PRZYROSTU			
w pionie	0,009°	1 mm	1 mm
w poziomie	0,009°	1 mm	1 mm
OBSŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS			
wewnętrzny dysk twardy [GB]	brak	80	80
ekran	dotykowy	kolorowy, dotykowy, QVGA 320 x 240 px	kolorowy, dotykowy, QVGA 320 x 240 px
liczba klawiszy	2 + klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	wszystkie (panel serwisowy, administracyjny, obsługa skanowania, podgląd skanów)	zarządzanie projektami, skanowanie, pomiar tarcz, nawiązania, wcięcie wstecz, podgląd	zarządzanie projektami, skanowanie, pomiar tarcz, nawiązania, wcięcie wstecz, podgląd
KOMPUTER ZEWN. I OPROGRAMOWANIE			
minimalne wymagania techniczne	32 lub 64 bit 1,5 GHz 1 GB RAM, karta obsługująca OpenGL z własną pamięcią. Windows XP, Vista, 7	opcjonalny 1,7 GHz, 1 GB RAM, Windows XP/7	opcjonalny 1,7 GHz, 1 GB RAM, Windows XP/7
oprogramowanie do pomiarów	Faro Scene	wewnętrzne lub Cyclone SCAN	
oprogramowanie do postprocessingu	JRC Reconstructor, FaroCloud, Geomagic Qualify, Studio, Revit 3D, Plant 3D	Leica Cyclone, Leica CloudWorx dla AutoCAD, Microstation, 3dstudio, PDMS, SmartPlant Intergraph, PointCloudCAD, 3DReshaper, Leica ForensicMap Pro	
REJESTRACJA DANYCH			
format zapisu obserwacji	FLS	IMP, RAW	IMP, RAW
format importu/eksportu	WRL, DXF, XYZ, XYZ, IGS, PTS, PTX, PTC	ASCII, COE, 3DD, RSP, ZFS, TIFF, JPEG, PNG, LandXML, SIMA, IXF, FLS, FWS, LAS/ASCII, COE, DXF, LandXML, PTZ, PTG, SDNF, PCF. Leica 1200, GeoTIFF, JPEG, PNG	
KOMPENSATOR	tak	opcja	tak
APARAT CYFROWY			
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	wbudowany	zewnętrzny (opcja)	tak/tak (dowolny)
matryca [Mpx]	zdjęcia z rozdzielczością 70	5	5
format zapisu zdjęć	JPG, RAW	JPG, RAW	JPG, RAW
SENSORY ZEWNĘTRZNE	brak	GPS RTK	GPS RTK
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	USB, WLAN	zasilanie, Ethernet, USB, wi-fi	zasilanie, Ethernet, USB, wi-fi
ZASILANIE			
rodzaj baterii/czas ciągłej pracy [h]	Li-Ion/5	Li-Ion/1,5	Li-Ion/1,5
zasilanie zewnętrzne	tak, 19 V	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	-	aktualizacja oprogramowania firmowego przez rok i szkolenie w cenie	
OGÓLNE			
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	240 x 200 x 100	238 x 358 x 395	238 x 358 x 395
waga [kg]	5	13	13
norma pyło- i wodoszczelności	brak danych	IP54	IP54
temperatura pracy [°C]	5 do 40	0 do 40	0 do 40
wyposażenie standardowe	bateria, kabel zasilający, okulary ochronne, karta SD, przejściówka USB	pionownik laserowy, statyw, 4 akumulatory, ładowarka, kabel, Cyclone SCAN	pionownik laserowy, statyw, 4 akumulatory, ładowarka, kabel, Cyclone SCAN
gwarancja [miesiące]	12 z możliwością wydłużenia	12-36	12-36
dystybutor	TPI	Leica Geosystems	Leica Geosystems



SKANERY LASEROWE			
MARKA	Leica HDS		Leica HDS
MODEL	HDS6200		HDS7000
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2009		2011
PRZEZNACZENIE	pomiar inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki		pomiary topograficzne
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	fazowy		impulsowy
LASER			
średnica plamki [mm/m]	8/25, 14/50		brak danych
długość fali [nm]	650		1500
klasa bezpieczeństwa	3R		1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA			
odległości [mm/m]	<2/25		10/200
kąta	25"		0,01°
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm]	1,6-50,6/10 m		22-350/100 m
PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA			
maksymalna [pkt/s]	ponad 1 mln		8800
średnia [pkt/s]	zależy od zakresu i gęstości		8800
ZASIĘG SKANOWANIA			
minimalny [m]	0,3		2,5
maksymalny [m]	79		2000
POLE WIDZENIA			
w pionie [°]	310		80
w poziomie [°]	360		360
MIN. WIELKOŚĆ MIERZONEGO PRZYROSTU			
w pionie	0,0009°		0,108°
w poziomie	0,0018°		0,108°
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS			
wewnętrzny dysk twardy [GB]	60		brak
ekran	4 linie		kolorowy, dotykowy, VGA 640 x 320 px
liczba klawiszy	6		klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	zarządzanie plikami, obsługa skanowania		zarządzanie plikami, obsługa skanowania
KOMPUTER ZEWN. I OPROGRAMOWANIE			
minimalne wymagania techniczne	1,7 GHz, 1 GB RAM, Windows XP/7		1,7 GHz, 1 GB RAM, Windows XP/7
oprogramowanie do pomiarów	wewnętrzne lub Cyclone SCAN		I-Site Studio 3.4
oprogramowanie do postprocessingu	Leica Cyclone, CloudWorx dla AutoCAD, PointCloudCAD, 3DReshaper, ForensicMap Pro, Microstation, 3dstudio, PDMS, SmartPlant Intergraph,		I-Site Studio 3.4, Leica Cyclone
REJESTRACJA DANYCH			
format zapisu obserwacji	ZFS		3DP
format importu/eksportu	ASCII, COE, 3DD, RSP, ZFS, TIFF, JPEG, PNG, LandXML, SIMA, IXF, FLS, FWS, LAS/ASCII, COE, DXF, LandXML, PTZ, PTG, SDNF, PCF, Leica 1200, GeoTIFF, JPEG, PNG		ASCII, 3DD, 3DI, 3DP, 3DV, 4DD, DWG, DXF, DXB, RSP, ZFS, IXF, OBJ, PTG, PTX, JPG, WRL, TXT i inne
KOMPENSATOR	sensor wychylenia		tak
APARAT CYFROWY			
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	zewnętrzny (opcja)		wbudowany
matryca [Mpx]	jak w aparacie zewn.		37
format zapisu zdjęć	jak w aparacie zewn.		JPG
SENSORY ZEWNĘTRZNE	brak		
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	zasilanie, Ethernet, 2 USB, wi-fi		Ethernet, USB
ZASILANIE			
rodzaj baterii/czas ciągłej pracy [h]	Li-Ion/2,5		Ni-Mh/3
zasilanie zewnętrzne	tak		tak
INFORMACJE DODATKOWE	aktualizacja oprogramowania firmowego przez rok i szkolenie w cenie		
OGÓLNE			
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	199 x 294 x 360		455 x 246 x 378
waga [kg]	14 z baterią		14
norma pyło- i wodoszczelności	IP54		IP65
temperatura pracy [°C]	-10 do 45		0 do 50 (-40 przez 10 min)
wyposażenie standardowe	statyw, 2 akumulatory, ładowarka, kabel transmisyjny, Cyclone SCAN		statyw, 2 akumulatory, komputer terenowy, ładowarka, I-Site Studio
gwarancja [miesiące]	12-36		12-36
dystybutor	Leica Geosystems		Leica Geosystems

Uchwycić rzeczywistość



- Inwentaryzacja architektoniczna.
- Pomiary obiektów przemysłowych.
- Opracowanie i wykonanie modeli 3D.
- Pomiary osiadania i deformacji.

KPG S.A.

ul. Opolska 100
31-323 Kraków
tel. +48 12 298 46 20
fax. +48 12 411 77 41
e-mail: kpg@kpg.pl

➔ www.kpg.pl



Technologia i doświadczenie

Połączenie 50-letniego doświadczenia i najnowszej technologii pozwala nam na dotrzymanie światowych standardów i dostarczanie produktów najwyższej jakości.

Od 2006 roku KPG dysponuje dwoma skanerami laserowymi 3D i realizuje projekty dla krajowych i międzynarodowych Klientów.

KPG wykonało inwentaryzacje architektoniczno-budowlane metodą skaningu laserowego wielu prestiżowych obiektów, z których część znajduje się na Liście Światowego Dziedzictwa Kulturowego i Przyrodniczego Ludzkości UNESCO.





SKANERY LASEROWE				
MARKA	Maptek	Maptek	Optech	
MODEL	I-Site 8400	I-Site 8800	ILRIS	
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2011	2010	2001/2005	
PRZEZNACZENIE	pomiary hałd, wnętrz, kopalni	górnictwo, pomiary topograficzne, geodezyjne, wolumetryczne i geotechniczne	pomiary inżynierskie, topograficzne, architektoniczne, archeologiczne	
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	impulsowy	impulsowy	impulsowy	
LASER				
średnica plamki [mm/m]	44/175	22/100	22/10	
długość fali [nm]	bliska podczerwień	bliska podczerwień	1535	
klasa bezpieczeństwa	1	1	1	
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA				
odległości [mm/m]	20/200	10/200	7/50	
kąta	0,02°	0,01°	0,005°	
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm]	1	1	12/1000 m (1,2/100 m)	
PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA				
maksymalna [pkt/s]	8800	8800	2500	
średnia [pkt/s]	8800	8800	2500	
ZASIĘG SKANOWANIA				
minimalny [m]	2,5	2,5	3	
maksymalny [m]	>1000	>2000	1500	
POLE WIDZENIA				
w pionie [°]	80	80	40 (opcja -20 do 90, -90 do 20)	
w poziomie [°]	360	360	40 (opcja 360)	
MIN. WIELKOŚĆ MIERZONEGO PRZYROSTU				
w pionie	0,025°	0,0125°	4"	
w poziomie	0,025°	0,0125°	4"	
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS				
wewnętrzny dysk twardy [GB]	brak	brak	2048	
ekran	brak	brak	VGA	
liczba klawiszy	3	brak	1	
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	nie dotyczy	nie dotyczy	brak danych	
KOMPUTER ZEWN. I OPROGRAMOWANIE	w zestawie	w zestawie		
minimalne wymagania techniczne	tablet PC	tablet PC	PC/pocket PC/tablet/smartfon z Windows	
oprogramowanie do pomiarów	Hand Held Controller (opcja)	Hand Held Controller (HHC)	Controller	
oprogramowanie do postprocessingu	I-Site Studio	I-Site Studio	Parser	
REJESTRACJA DANYCH				
format zapisu obserwacji	3DR	3DP	wewnętrzny (HDR, BLK, ASC, JPEG)	
format importu/eksportu	3DR, 3DP, 3DV, PTX, PTG, IXF, ASC, 3DD, 3DI, DXF, DXB, DWG, OBJ, OOT, DGD, TXT, 4DD, DGD.ISIS, RSP, ZFS, CSV, RXP, ARCH_D, IREG, JPG, MA, WRL		XYZ, PIF, RAW, IXF, PTX, 3DV, BWP, S3D, PTC, BLV, IVA,	
KOMPENSATOR	tak	tak	brak	
APARAT CYFROWY				
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	brak	wbudowany	tak/opcja (Nikon, Canon, Leica, Panasonic, Sony, Olympus)	
matryca [Mpx]	nie dotyczy	70	3,1/zależy od modelu	
format zapisu zdjęć	nie dotyczy	JPG	JPEG/zależy od modelu	
SENSORY ZEWNĘTRZNE	brak	luneta	opcja: GPS, INS, zewnętrzny aparat cyfrowy lub kamera spektralna	
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	USB, Ethernet	Ethernet	USB, GPS, Ethernet, wi-fi, zasilanie	
ZASILANIE				
rodzaj baterii/czas ciągłej pracy [h]	Li-Ion/>2,5	Ni-Mh/>3	AntonBauer Hytron140/3-4	
zasilanie zewnętrzne	brak danych	tak	tak	
INFORMACJE DODATKOWE	fabryczny uchwyt do pomiarów stop&go	fabryczny uchwyt do pomiarów stop&go	zdalne sterowanie przez wi-fi, rozbudowa o moduł do skanowania w ruchu	
OGÓLNE				
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	455 x 216 x 378	455 x 246 x 378	320 x 320 x 240	
waga [kg]	12 (bez baterii)	14 (bez baterii)	14	
norma pyło- i wodoszczelności	IP65	IP65	brak danych	
temperatura pracy [°C]	0 do 50 (na krótko -40 do 50)	0 do 50 (na krótko -40 do 50)	0 do 40 (opcja -20 do 40)	
wyposażenie standardowe	2 baterie, ładowarki, spodarka	2 baterie, ładowarki, spodarka	kable, baterie, statywy, laptop lub PDA, pamięć zewnętrzna USB	
gwarancja [miesiące]	36	12	12 (opcja 24)	
dystrybutor	Maptek	Maptek	Czerski Trade Polska	



GEODETA ZESTAWIENIE



Optech ILRIS HD	Optech ILRIS LR	Riegl Laser Measurement Systems LPM-321	Riegl Laser Measurement Systems VQ-250
2009/2010	2010/2011	2007	2009
uniwersalny skaner dalekiego zasięgu	skaner dalekiego zasięgu z możliwością skanowania lodu i śniegu	pomiary topograficzne i górnicze, monitoring	pomiary dróg i torów, linii brzegowych, linii energetycznych, inż. lądowa, modelowanie miast
impulsowy	impulsowy	impulsowy	impulsowy
19/100	27/100	80/100	7 na wyjsciu, 17/50, 32/100
1535	1064	bliska podczerwień	bliska podczerwień
1 (wersja ER - 1M)	3	1	1
7/100 (precyzyjny 4/100)	7/100 (precyzyjny 4/100)	25/50	10/150
0,005°	0,005°	0,009°	0,001°
13/1000m (1,3/100m)	20/1000 m (2/100 m)	brak danych	brak danych
≥10 000	≥10 000	24 000	300 000
≥10 000 (effective PRF)	≥10 000 (effective PRF)	1000	150 000
3	3	10	1,5
1250 (1800 w wersji ER)	3000	6000	500
40 (opcja -20 do 90, -90 do 20)	40 (opcja -20 do 90, -90 do 20)	150	360
40 (opcja 360)	40 (opcja 360)	360	nie dotyczy
4"	4"	0,0018°	0,01°
4"	4"	0,0018°	nie dotyczy
2048	2048	brak	brak
VGA	VGA	brak	brak
1	1	brak	brak
brak danych	brak danych	nie dotyczy	nie dotyczy
PC/pocket PC/tablet/smartfon z Windows	PC/pocket PC/tablet/smartfon z Windows	1 GB, Windows 2000/XP/Vista/7, Open GL	1 GB, Windows 2000/XP/Vista/7, Open GL
Controller	Controller	RiPROFILE	RIACQUIRE, RiPROCESS, RiWORLD
Parser	Parser	RiPROFILE, RiSCAN PRO	RiPROCESS, RiWORLD
wewnętrzny (HDR, BLK, ASC, JPEG)	wewnętrzny (HDR, BLK, ASC, JPEG)	3DD	3DD, 4DD
XYZ, PIF, RAW, IXF, PTX, 3DV, BWP, S3D, PTC, BLV, IVA,	XYZ, PIF, RAW, IXF, PTX, 3DV, BWP, S3D, PTC, BLV, IVA,	3DD, 3PF, VTP, ASCII, POL, DXF, STL, OBJ, PLY	3DD, 3PF, VTP, ASCII, POL, DXF, STL, OBJ, PLY
brak	brak	nie	nie
tak/opcja (Nikon, Canon, Leica, Panasonic, Sony, Olympus)	tak/opcja (Nikon, Canon, Leica, Panasonic, Sony, Olympus)	zewnętrzny (Nikon)	brak
3,1/zależy od modelu	3,1/zależy od modelu	jak w aparacie zewnętrznym	nie dotyczy
JPEG/zależy od modelu	JPEG/zależy od modelu	jak w aparacie zewnętrznym	nie dotyczy
opcja: GPS, INS, zewnętrzny aparat cyfrowy lub kamera spektralna	opcja: GPS, INS, zewnętrzny aparat cyfrowy lub kamera spektralna	brak	brak
USB, GPS, Ethernet, wi-fi, zasilanie	USB, GPS, Ethernet, wi-fi, zasilanie	Ethernet, RS-422	LAN 10/100/1000 Mbit/sec, RS-232, 1 PPS
AntonBauer Hytron140/3-4	AntonBauer Hytron140/3-4	brak	brak
tak	tak	tak	tak
zdalne sterowanie przez wi-fi, rozbudowa o moduł do skanowania w ruchu	zdalne sterowanie przez wi-fi, rozbudowa o moduł do skanowania w ruchu	digitalizacja sygnału echo	digitalizacja sygnału echo, analiza fali on-line
320 x 320 x 240	320 x 320 x 240	315 x 370 x 445	376 x 192 x 218
14	14	16	11
brak danych	brak danych	IP64	IP64
0 do 40 (opcja -20 do 40)	0 do 40 (opcja -20 do 40)	0 do +45	-10 do 40
kable, baterie, statyw, laptop lub PDA, pamięć zewnętrzna USB	kable, baterie, statyw, laptop lub PDA, pamięć zewnętrzna USB	okablowanie, RiPROFILE	brak danych
12 (opcja 24)	12 (opcja 24)	12	12
Czerski Trade Polska	Czerski Trade Polska	Laser-3D Jacek Krawiec	Laser-3D Jacek Krawiec



SKANERY LASEROWE			
MARKA	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems
MODEL	VQ-450	VZ-400	VZ-1000
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2011	2009	2010
PRZEZNACZENIE	pomiary topograficzne i górnicze, monitoring	inwentaryzacja budynków, archeologia, modelowanie miast, pomiary tuneli, inż. lądowa	pomiary topogr. i górnicze, archeologia, geodezyjne pomiary powykonawcze, monitoring
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	impulsowy	impulsowy	impulsowy
LASER			
średnica plamki [mm/m]	7 na wyjściu, 17/50, 32/100	30/100	30/100
długość fali [nm]	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień
klasa bezpieczeństwa	1	1	1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA			
odległości [mm/m]	8/150	5/100	8/100
kąta	0,001°	0,0005°	0,0005°
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm]	brak danych	brak danych	brak danych
PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA			
maksymalna [pkt/s]	550 000	122 000	122 000
średnia [pkt/s]	380 000	42 000	62 000
ZASIĘG SKANOWANIA			
minimalny [m]	1,5	0	0
maksymalny [m]	800	600	1400
POLE WIDZENIA			
w pionie [°]	360	100	100
w poziomie [°]	nie dotyczy	360	360
MIN. WIELKOŚĆ MIERZONEGO PRZYROSTU			
w pionie	0,01°	0,0024°	0,0024°
w poziomie	nie dotyczy	0,0024°	0,0024°
OBSŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS			
wewnętrzny dysk twardy [GB]	brak	32	32
ekran	brak	kolorowy, dotykowy, 3,5" (320 x 240 px)	kolorowy, dotykowy, 3,5" (320 x 240 px)
liczba klawiszy	brak	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	nie dotyczy	wszystkie	wszystkie
KOMPUTER ZEWN. I OPROGRAMOWANIE			
minimalne wymagania techniczne	1 GB, Windows 2000/XP/Vista/7, Open GL	2 GB, Windows 2000/XP/Vista/7,	2 GB, Windows 2000/XP/Vista/7
oprogramowanie do pomiarów	RiACQUIRE, RiPROCESS, RiWORLD	RiSCAN PRO, RiMonitor, RiMining	RiSCAN PRO, RiMonitor, RiMining
oprogramowanie do postprocessingu	RiPROCESS, RiWORLD	RiSCAN PRO, RiMonitor, RiMining	RiSCAN PRO, RiMonitor, RiMining
REJESTRACJA DANYCH			
format zapisu obserwacji	3DD, 4DD	RSP, 3DD, 4DD	RSP, 3DD, 4DD
format importu/eksportu	3DD, 3PF, VTP, ASCII, POL, DXF, STL, OBJ, PLY	3DD, VTP, DXF, OCT, ASCII, SOP, JPG, BMP, TIFF, SDW, LAS, OBJ, STL, PLY, POL, ASC, PTC, 3PF, VRML	
KOMPENSATOR	nie	nie	nie
APARAT CYFROWY			
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	brak	zewnętrzny (Nikon D700, Nikon D300)	zewnętrzny (Nikon D700, Nikon D300)
matryca [Mpx]	nie dotyczy	12,1 lub 12,3	12,1 lub 12,3
format zapisu zdjęć	nie dotyczy	JPG, TIFF, RAW	JPG, TIFF, RAW
SENSORY ZEWNĘTRZNE	brak	GPS, kompas	GPS, kompas
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	LAN 10/100/1000 Mbit/sec, RS-232, TTL dla 1 PPS	LAN port 10/100/1000 Mbit/sec, WLAN, antena, 2 zasil., zewn. GNSS, USB	LAN port 10/100/1000 Mbit/sec, WLAN, antena, 2 zasil., zewn. GNSS, USB
ZASILANIE			
rodzaj baterii/czas ciągłej pracy [h]	brak	Li-Ion/2,5	Li-Ion/2,5
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	digitalizacja sygnału echa, analiza fali on-line	full waveform, pion laserowy, możliwość skanowania profilowego i mobilnego, data link do AutoCAD-a	
OGÓLNE			
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	377 x 205,5 x 218	180 (śr.) x 308	200 (śr.) x 308
waga [kg]	12,5	9,6	9,8
norma pyło- i wodoszczelności	IP64	IP64	IP64
temperatura pracy [°C]	-10 do +40	0 do 40	0 do 40
wyposażenie standardowe	brak danych	pion laserowy, GPS, antena WLAN, okablowanie, RiSCAN Pro	
gwarancja [miesiące]	12	12	12
dystybutor	Laser-3D Jacek Krawiec	Laser-3D Jacek Krawiec	Laser-3D Jacek Krawiec



How we build reality

Our brand new Z+F IMAGER® 5010

- ✓ Phase scanner, **laser class 1**
- ✓ Combines applications of the close-range and mid-range area (**187 metres** range)
- ✓ Robust (protection class **IP 53**), precise and compact
- ✓ Max. **1.016 million pixel/sec.** data acquisition rate



Applications (For further applications please visit www.zf-laser.com)



Cultural heritage



Forensic science



Industry



Archaeology

Benefit from nearly 20 years of experience in the field of 3D laserscanning, worldwide support, continual innovation and high quality measuring devices.

Contact
Zoller+Fröhlich GmbH
Simoniusstr. 22
88239 Wangen i. A.
Germany

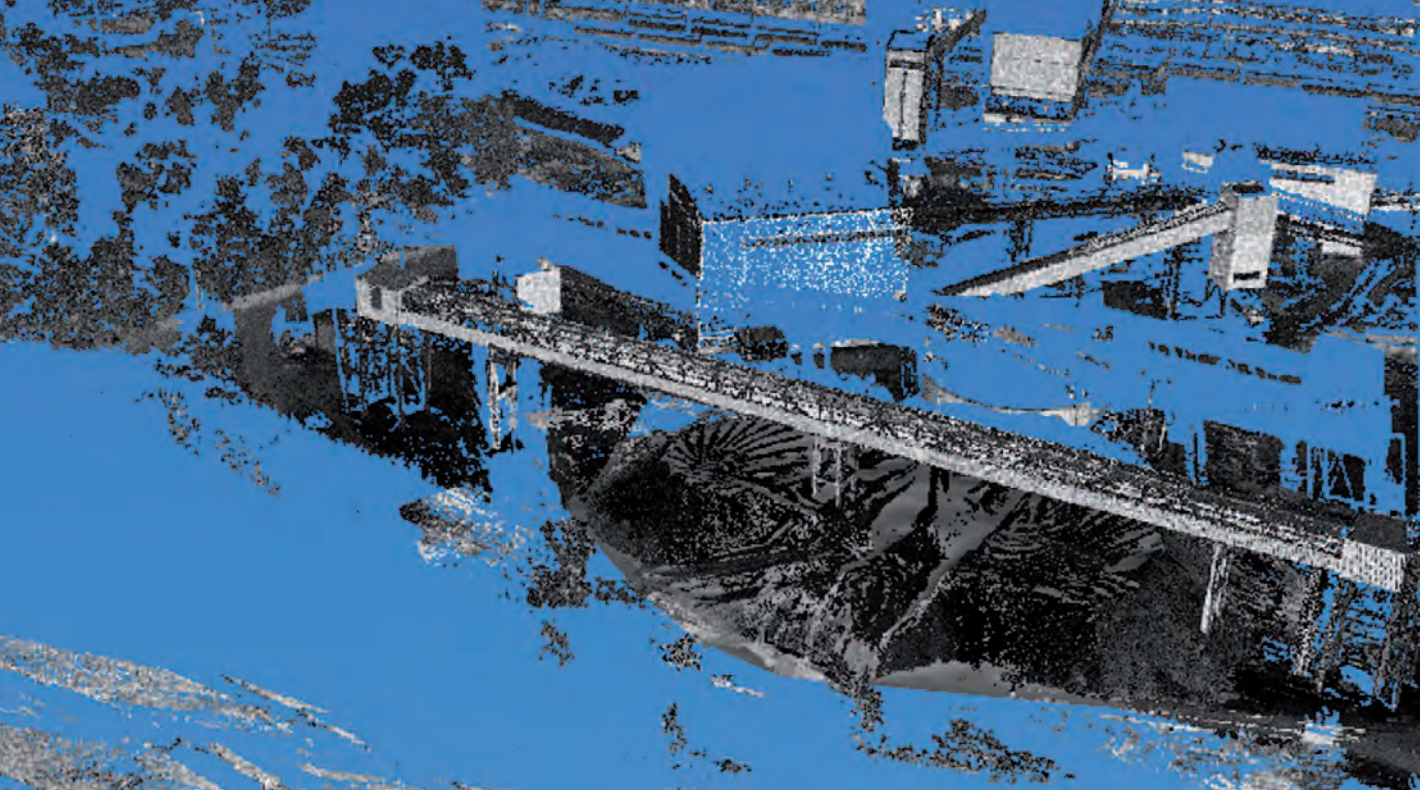
phone: +49 (0) 7522 9308-0
fax: +49 (0) 7522 9308-252
info@zf-laser.com
www.zf-laser.com



SKANERY LASEROWE				
MARKA	Riegl Laser Measurement Systems	Stonex	Topcon	
MODEL	VZ-4000	X9	GLS-1500	
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2011	2011	2009	
PRZEZNACZENIE	pomiary topogr. i górnicze, monitoring, inżynieria lądowa, archeologia	pomiary inżynieryjne i przemysłowe, architektura, archeologia, leśnictwo, monitoring	pomiary topograficzne, geodezyjne	
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	impulsowy	fazowy	impulsowy	
LASER				
średnica plamki [mm/m]	14/100	3,5/0,1	6/40	
długość fali [nm]	bliska podczerwień	brak danych	brak danych	
klasa bezpieczeństwa	1	1	1	
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA				
odległości [mm/m]	15/150	0,3/10	4/150	
kąta	0,0005°	0,007	0,01°	
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm]	brak danych	0,1	brak danych	
PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA				
maksymalna [pkt/s]	147 000	1,016 mln	30 000	
średnia [pkt/s]	74 000	brak danych	30 000	
ZASIĘG SKANOWANIA				
minimalny [m]	5	0,3	0,5	
maksymalny [m]	4000	187,3	330	
POLE WIDZENIA				
w pionie [°]	60	320	70	
w poziomie [°]	360	360	360	
MIN. WIELKOŚĆ MIERZONEGO PRZYROSTU				
w pionie	0,002°	0,0004	brak danych	
w poziomie	0,002°	0,0002	brak danych	
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS				
wewnętrzny dysk twardy [GB]	40	64	brak	
ekran	kolorowy, dotykowy, 7" WVGA (800 x 480 px)	kolorowy, dotykowy	tak	
liczba klawiszy	klawiatura wirtualna	klawiatura ekranowa	20	
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	wszystkie	pomiar i ustawienia rozdzielczości i trybu skanowania; zarządzanie pamięcią; podgląd 3D	wszystkie (panel serwisowy, administracyjny, obsługa procesu skanowania, zarządzanie)	
KOMPUTER ZEWN. I OPROGRAMOWANIE				
minimalne wymagania techniczne	2 GB, Windows 2000/XP/Vista/7, karta graficzna 1GB	brak danych	32 lub 64 bit 1,5 GHz 1 GB RAM, OpenGL z własną pamięcią, Windows XP, Vista, 7	
oprogramowanie do pomiarów	RiSCAN PRO, RiMonitor, RiMining	wewnętrzne	ScanMaster	
oprogramowanie do postprocessingu	RiSCAN PRO, RiMonitor, RiMining	w zależności od potrzeb użytkownika	ScanMaster lub ImageMaster	
REJESTRACJA DANYCH				
format zapisu obserwacji	RSP, 3DD, 4DD	ZFS	wewnętrzna baza danych	
format importu/eksportu	3DD, VTP, DXF, OCT, ASCII, SOP, JPG, BMP, TIFF, SDW, LAS, OBJ, STL, PLY, POL, ASC, PTC, 3PF, VRML	ZFS, ZFC, JPEG, VRML, PTZ, ASC, SAT, OBJ, LFD, ASCII	TXT, DXF, DGN, inne	
KOMPENSATOR	nie	dwuosiowy	tak	
APARAT CYFROWY			tak	
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	wbudowany	zewnętrzny (opcjonalnie)	wbudowany	
matryca [Mpx]	5	zależy od modelu	2	
format zapisu zdjęć	JPG, TIFF, RAW	zależy od modelu	JPG	
SENSORY ZEWNĘTRZNE	GPS, kompas	opcja: zewnętrzny aparat cyfrowy lub kamera spektralna, GPS, odometr i inne	brak	
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	LAN port 10/100/1000 Mbit/sec, WLAN, antena, 2 zasil., zewn. GNSS, USB	2 USB, GPS, Ethernet, WLAN, zasilanie, LEMO 9-pin i LEMO 7-pin do kamery M-Cam lub zewn. sensorów	USB, WLAN	
ZASILANIE				
rodzaj baterii/czas ciągłej pracy [h]	Li-Ion/2,5	wewnętrzna / >2,5	Li-Ion/4	
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak	
INFORMACJE DODATKOWE	full waveform, pion laserowy, możliwość skanowania profilowego, data link do AutoCAD-a		wbudowane leniwki z serwowatorami do ręcznej kontroli obrotu głowicy, opcja pochylenia	
OGÓLNE				
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	236 x 226,5 x 450	170 x 286 x 395	240 x 200 x 566	
waga [kg]	14,5	9,8	17,6 (całkowita)	
norma pyło- i wodoszczelności	IP64	IP 53	IP52	
temperatura pracy [°C]	0 do 40	-10 do 45	0 do 40	
wyposażenie standardowe	pion laserowy, GPS, antena WLAN, okablowanie, RiSCAN Pro	kable, bateria, statyw, ładowarka,	baterie, kabel zasilający, ładowarka, karta SD, cele pomiarowe	
gwarancja [miesiące]	12	12 (opcja 24)	12	
dystrybutor	Laser-3D Jacek Krawiec	Czerski Trade Polska	TPI	



Trimble CX	Trimble FX	Zoller+Fröhlich Z+F Imager 5010	Zoller+Fröhlich Z+F Profiler 9000
2010	2008	2010	2011
pomiary architektoniczne, archeologiczne, inżynieryjne	pomiary inżynieryjne, przemysłowe o wysokiej precyzji	pomiary topogr. i górnicze, inżynieria lądowa, archeologia, leśnictwo, badania kryminalistyczne	pomiary mobilne
Wavepulse (połączenie techn. fazowej i impuls.)	fazowy	fazowy	fazowy
13/50	16/46	1,5/1, 55/10	brak danych
660	685	brak danych	brak danych
3R	3R	1	1
2/50	1,5/50	0,3/10	0,3/10
15" (poziom), 25" (pion)	brak danych	0,007°	brak danych
zależnie od odległości	zależnie od odległości	0,0004° w pionie, 0,0002° w poziomie	0,0088° w pionie
54 000	216 000	1,016 mln	1,016 mln
54 000	216 000	brak danych	brak danych
0	0	0,3	brak danych
80	70	187,3	187,3
300	270	320	360
360	360	360	brak danych
0,002°	0,0171°	0,0004°	0,0088°
0,002°	0,0342°	0,0002°	brak danych
brak	brak	64	64
brak	brak	kolorowy, dotykowy	brak
brak	brak	klawiatura wirtualna	brak
nie dotyczy	nie dotyczy	wszystkie	nie dotyczy
1,2 GHz, 512 MB RAM, Windows XP	1,2 GHz, 2 GB RAM, Windows XP	brak danych	brak danych
Trimble Access	Trimble FX Controller	Z+F Laser Control	Z+F Laser Control
Trimble Realworks	Trimble Realworks	Z+F LaserControl, LFM	Z+F LaserControl (moduł kinematyczny)
RWP	C3D, RWP	ZFS	ZFS
ASCII, PTX, PTS, DXF, inne	ASCII, PTX, PTS, DXF, inne	ZFS, ZFC, JPG, VRML, PTZ, PTX, ASC, SAT, OBJ, LFD, ASCII	ZFS, ZFC, JPG, VRML, PTZ, PTX, ASC, SAT, OBJ, LFD, ASCII
tak	nie	tak	nie
wbudowany	zewnątrzny	zewnątrzny (M-Cam, Nikon)	brak
3,2	jak w aparacie zewnętrznym	jak w aparacie zewnętrznym	nie dotyczy
JPG	jak w aparacie zewnętrznym	jak w aparacie zewnętrznym	nie dotyczy
brak	brak	brak	brak
USB, Ethernet, zasilanie	zasilanie	Ethernet lub USB 2.02, LEMO 9-pin i LEMO 7-pin, zewn. antena, GPS, odometr	brak
Li-Ion/6	Li-Ion/2	Li-Ion/2,5	brak
tak	tak	tak	tak
-	-	możliwość skanowania profilowego i mobilnego	-
120 x 520 x 355	425 x 164 x 237	170 x 286 x 395	320 x 260 x 340
11,8	11	9,8	13,5
IP64	brak danych	IP53	IP53
0 do 40	brak danych	-10 do 45	-10 do 45
statyw, okablowanie, baterie, zasilacz, oprogramowanie, sfery, oprogramowanie, walizka	statyw, okablowanie, baterie, zasilacz, oprogramowanie, sfery, oprogramowanie, walizka	statyw, 2 baterie, ładowarka, okablowanie, Z+F Laser Control	brak danych
12	12	12	12
Geotronics Polska	Geotronics Polska	Laser-3D Jacek Krawiec	Laser-3D Jacek Krawiec



FOT. SGS EKO-PROJEKT

Chmura punktów i model terenu (poniżej) dla przykładowej hałdy

SKANUJ I JEDŹ

Gdy spółka SGS Eko-projekt z Pszczyny postanowiła kupić skaner dalekiego zasięgu z opcją łatwej i taniej konwersji na mobilny system skanowania, jej nietypowe życzenie spełniła firma Czerski Trade Polska.

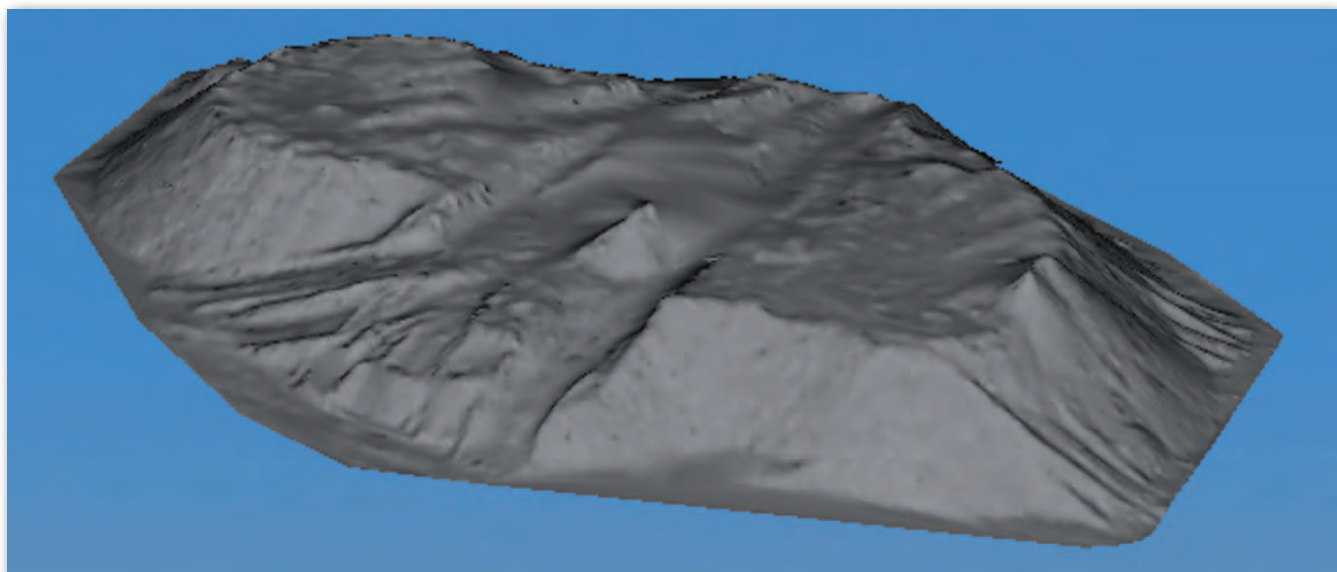
JERZY KRÓLIKOWSKI

SGS to międzynarodowa korporacja z siedzibą w Genewie, która oferuje szeroki wachlarz usług

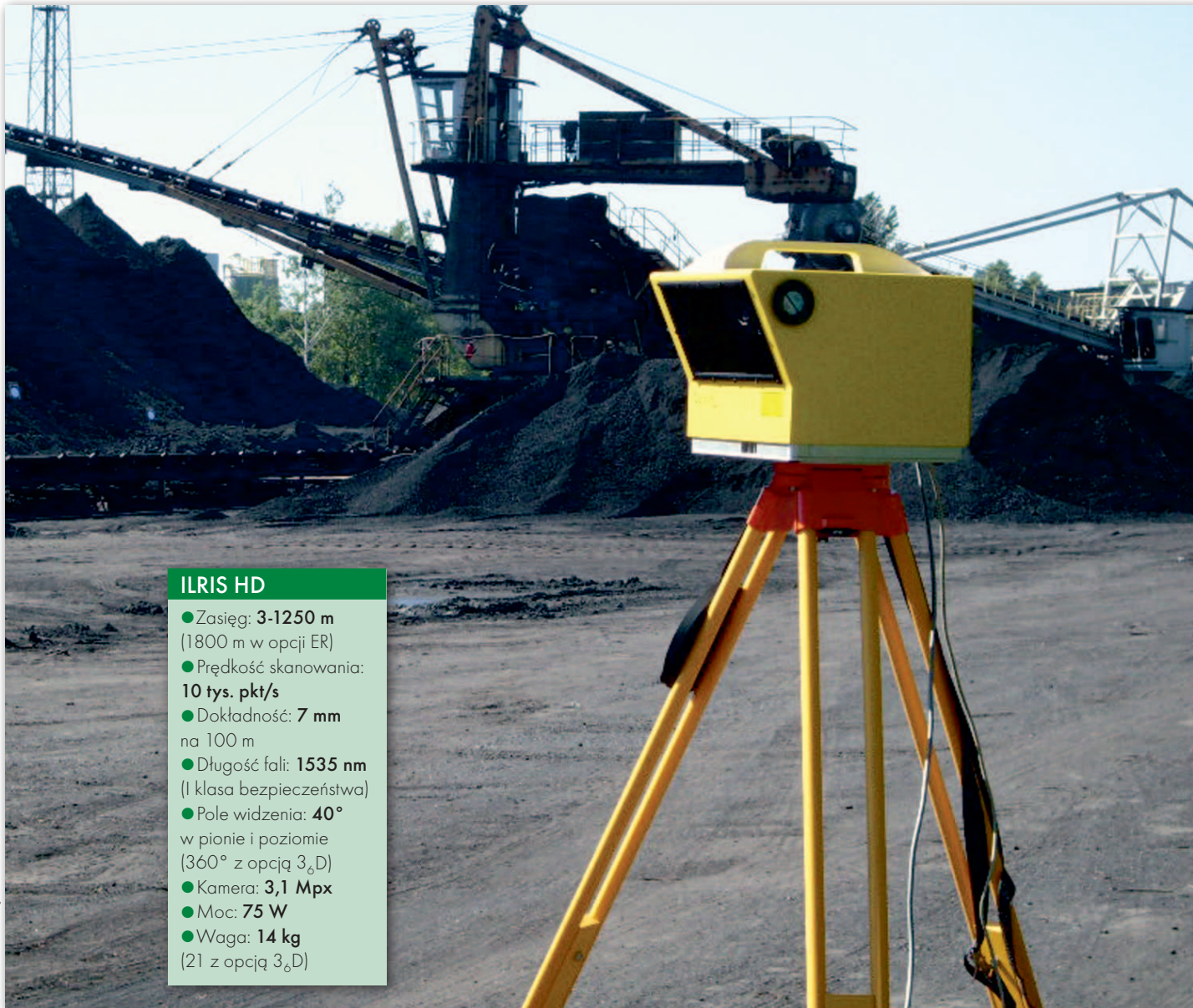
dla różnych gałęzi gospodarki – począwszy od rolnictwa przez motoryzację po przemysł. Wśród nich jest także ochrona środowiska. Na polskim i zarazem środkowoeuropejskim rynku korporacja

zaistniała w tej dziedzinie dzięki przejęciu spółki Eko-projekt z Pszczyny. Jej działalność w dużej mierze koncentruje się na różnego rodzaju usługach laboratoryjnych, ale obok np. analiz chemicznych

gleby czy wody obejmuje także inwentaryzację hałd, a więc robotę typowo geodezyjną. Dotychczas spółka używała do tego celu odbiorników satelitarnych. Takie pomiary cechowała jednak spora pracochłonność oraz niebezpieczne środowisko pracy. Ponadto zleceniodawcy – świadomi już nowoczesnych technologii geodezyjnych – coraz częściej domagali się takiej dokładności i szczegółowości, jaka za pomocą nawet precyzyjnego GPS-a jest praktycznie nieosiągalna. Wszak jeśli obszar



FOT. SGS EKO-PROJEKT



ILRIS HD

- Zasięg: **3-1250 m**
(1800 m w opcji ER)
- Prędkość skanowania:
10 tys. pkt/s
- Dokładność: **7 mm**
na 100 m
- Długość fali: **1535 nm**
(I klasa bezpieczeństwa)
- Pole widzenia: **40°**
w pionie i poziomie
(360° z opcją 3₆₀D)
- Kamera: **3,1 Mpx**
- Moc: **75 W**
- Waga: **14 kg**
(21 z opcją 3₆₀D)

FOT. SGS EKO-PROJEKT

pomiarów liczymy w hektarach, to koszty wynikające nawet z centymetrowych błędów mogą osiągać zawrotne sumy. SGS Eko-projekt, chcąc się liczyć na rynku, miał więc tylko jedno wyjście – wdrożyć skanowanie laserowe. Początkowo spółka planowała ograniczyć się do skanera naziemnego dalekiego zasięgu. Później zaczęła rozważać także coraz popularniejsze systemy mobilne. Do zakupu tego ostatniego zniechęcała jednak wysoka cena. Z tymi wątpliwościami SGS Eko-projekt trafił do dystrybutora używanych przez siebie odbiorników satelitarnych, czyli firmy Czerski Trade Polska, która zaproponowała nietypowe rozwiązanie problemu.

● OD ŚRODKA

Ta wyjątkowość wynika z faktu, iż system był „szyty na miarę” przede wszystkim z myślą o inwentaryzacji hałd. Rozwiązanie to trudno zresztą porównywać do jakiegokolwiek MSS-a „z półki”. Te z reguły są zintegrowaną całością składającą się z dwóch (lub więcej) skanerów i aparatów fotograficznych, którą można łatwo i szybko zamontować na dachu samochodu. W przypadku systemu SGS Eko-projektu skaner jest tylko jeden, a instalacja całego rozwiązania trwa od pół do jednej godziny. Jego zaletą jest jednak duża elastyczność. Skaner może być bowiem montowany na dachu po stronie lewej, prawej lub z przodu.

Takie rozwiązanie nie jest jednak niczym nowym – to standardowa konfiguracja w ofercie Optecha. O oryginalności tego systemu decyduje możliwość umieszczenia skanera na teleskopowym wysięgniku, który może go wynieść nawet na wysokość 7 metrów. Przy takiej konfiguracji trudno, oczywiście, prowadzić samochód, ale pomyślana jest ona jako rozwiązanie do pomiarów statycznych. Z góry skaner łatwiej może zajrzeć w trudno dostępne miejsca, których w przypadku hałd o skomplikowanym kształcie przecież nie brakuje. Zadanie to ułatwia także specjalna platforma ILRIS 3₆₀D, którą można niemal dowolnie odchylić wraz z zamontowanym na niej

skanerem. Istnieje też trzecia możliwość pomiaru. Instrument po prostu zdejmujemy z dachu i stawia na statywie.

W systemie SGS Eko-projektu sam skaner też jest zresztą nietypowy. O ile w większości mobilnych systemów wykorzystywane są urządzenia mierzące z prędkością kilkuset tysięcy punktów na sekundę na odległość kilkudziesięciu lub góra kilkuset metrów, to firma Czerski Trade Polska zaproponowała kanadyjski Optech ILRIS-HD, czyli sprzęt o zupełnie innych parametrach. Skaner ten mierzy z prędkością od 10 tys. pkt/s. Z tego powodu przy pomiarach mobilnych samochod nie powinien jechać szybciej niż 10 km/h. Z jednej strony może



System w konfiguracji ze skanerem na wysięgniku

być to uznane za mankament, ale z drugiej – przy pomiarach hałd większej prędkości osiągnąć się nie da, a dzięki takiej konfiguracji znacznie

udało się obniżyć cenę całego systemu. Poza tym oferuje on znacznie lepszy zasięg niż MSS-y „z półki” – ponad 1,2 km. Ta cecha jest nieoceniona szczególnie przy inwentaryzacji hałd, których słabsze skanery nie byłyby w stanie pomierzyć.

ILRIS-HD może pracować w dwóch trybach. W pierwszym urządzenie jest nieruchome i wykonuje skan w polu widzenia 40° w pionie i 40° w poziomie. W drugim skanuje tylko jeden profil. Takie rozwiązanie można wykorzystać zarówno przy pomiarach mobilnych, jak i statycznych – gdy urządzenie obraca się 360° wokół osi wysięgnika

Poza tym system SGS Eko-projektu składa się ze wszystkich tych elementów, które ma każdy MSS. Posiada więc odbiornik GPS-RTK marki Trimble wspomagany przez inercyjną jednostkę pomiarową firmy Applanix oraz odometr. Za zbieranie informacji obrazowych odpowiedzialna jest natomiast cyfrowa kamera o matrycy 3,1 Mpx wbudowana w skaner Optecha. Danymi gromadzonymi przez wszystkie te sensory jest na ty-

le niedużo, że mogą trafiać do zwykłego laptopa, który pełni funkcję komputera pokładowego sterującego wszystkimi podzespołami systemu. W samochodzie marki Toyota Hilux znalazło się nawet miejsce dla agregatu prądotwórczego, zapewniającego zasilanie przy dłuższych pomiarach.

• CHRZEST NA HAŁDZIE

System ten został zakupiony w czerwcu br., a jego kompletowanie zakończyło się dwa miesiące później. Mimo krótkiej kariery w SGS Eko-projekcie przy jego użyciu zrealizowano już wiele pomiarów. Na razie wszystkie zleciła Kompania Węglowa i dotyczyły tego, do czego system ten zaprojektowano, czyli pomiarów hałd. Jak podkreśla Wojciech Plewa z SGS Eko-projektu, jest to praca niezwykle wymagająca i być może dlatego tak wielu geodetów od niej stroni. Wyzwaniem jest m.in. dotarcie na trudno dostępne stanowiska pomiarowe (które niekie-



Montaż systemu w konfiguracji ze skanerem na dachu



FOT: SGS EKO-PROJEKT

W razie potrzeby skaner można zdemonstrować z dachu samochodu i postawić na statywie

dy zdążyły już zarosnąć), poruszanie się między ciężkim sprzętem w grząskim gruncie czy zmierzenie hałdy, zanim koparki naniosą lub usuną z niej duże ilości materiału. Przy bardzo dużym zapyleniu praca jest zresztą ciężka także dla sprzętu.

W ramach zlecenia Kompanii Węglowej pomierzono 80 zwałowisk położonych w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym. Niekiedy były to obiekty małe, wymagające wykonania raptem kilku skanów. Bywały też i takie po kilka hektarów, o objętości dochodzącej do 300 tys. m³. Tam pracownicy SGS Eko-projektu musieli wykonywać nawet po 50 skanów. W takich przypadkach duży zasięg pomiaru czy możliwość sprawnego przemieszczania się samochodem terenowym okazały się nieocenione.

Wykonanie jednego skanu z reguły trwa kilka minut. Choć za pomocą ILRIS-a da się to zrobić szybciej, to pomiar jest celowo wydłużany, by zwiększyć gęstość chmu-

ry. Jak to jednak w przypadku skanowania bywa, najbardziej czasochłonna jest nie praca w terenie, lecz przetworzenie danych w biurze. SGS Eko-projekt wykorzystuje do tego celu oprogramowanie Polyworks firmy InnovMetric. W nim pojedyncze skany są ze sobą łączone i na podstawie takiej chmury tworzony jest model hałdy o dokładności około 5 cm. Opracowywany jest on z reguły w układzie lokalnym, gdyż zleceniodawcę interesuje przede wszystkim objętość przyzmy, a nie dokładność modelu względem współrzędnych geograficznych.

Wojciech Plewa podkreśla, że z każdą przyzmą realizacja pomiaru i opracowanie danych zajmowało ekipie coraz mniej czasu. Przyspieszenie to było możliwe dzięki weryfikacji różnych strategii pomiarowych w praktyce oraz lepszemu poznaniu systemu i oprogramowania. Co więcej, po pełnym wdrożeniu tego rozwiązania prace mają zajmować jeszcze mniej czasu. Zamiast wykonywać kil-

ka naziemnych skanów firma chce bowiem objeżdżać hałdę mobilnym systemem, otrzymując od razu jedną chmurę punktów dla całej przyzmy.

● NIE TYLKO NA SZYCHCIE

Pomiary hałd można uznać za pewne źródło dochodu. Obowiązujące prawo nakazuje bowiem przeprowadzanie ich co pół roku. Mimo to firma SGS Eko-projekt nie zamierza ograniczać się wyłącznie do tego typu prac. Przede wszystkim chce wypróbować w praktyce swój system w pomiarach mobilnych. Raz zresztą zdobyła już kontrakt na pomiar czeskich autostrad, ale musiała z niego zrezygnować z powodu pracochłonności zlecenia dla Kompanii Węglowej.

W planach na najbliższą przyszłość są m.in. testowe pomiary tamy na Jeziorze Goçałkowickim. Mają być one wykonane w trybie precyzyjnym, który umożliwia wyznaczanie współrzędnych z dokładnością nawet 4-7 mm na dystansie 100 metrów. Firma

stara się ponadto o zlecenia na skanowanie elewacji budynków. Czy na ich potrzeby wykona pomiary mobilne, czy statyczne? Tego w SGS Eko-projekcie jeszcze nie wiedzą i wiedzieć nie muszą, bo zaletą systemu jest to, że obie te opcje można cały czas brać pod uwagę. W zależności od potrzeb polskiego i europejskiego rynku firma nie wyklucza udoskonalenia swojego systemu. Pod uwagę brane jest zarówno dokupienie kamer cyfrowych, jak i dodatkowego skanera.

Zdaniem Wojciecha Plewy cały system jest na tyle intuicyjny, że przeszkolenie pracowników z jego obsługi nie sprawiło większych problemów. A warto pamiętać, że SGS Eko-projekt nie jest firmą geodezyjną. Przykład tej pszczyńskiej spółki dowodzi więc, że geodeci nie posiadają monopolu na skanowanie laserowe. By sięgnąć po tę technologię, wystarczy obecnie dobry pomysł, no i oczywiście spore pieniądze.

JERZY KRÓLIKOWSKI

SKANOWANIE DLA KAŻDEGO

Firma TPI oferuje kilka rodzajów skanerów – od mobilnego rozwiązania IP-S2, przez urządzenia dalekiego (GLS-1500) i krótkiego zasięgu (Focus 3D), do fototachimetru z funkcją skanowania IS-3. Ta szeroka gama sprzętu pozwala wybrać coś odpowiedniego do zakresu planowanych prac i możliwości finansowych.

MARCIN MAZIPPUS,
STANISŁAW ZACHARA,
ARTUR MALCZEWSKI

● SKANOWANIE MOBILNE

System **Topcon IP-S2** to nowoczesne rozwiązanie do tworzenia trójwymiarowych modeli obiektów na dużych obszarach. Zamontowany na dowolnym pojeździe umożliwia zebranie tysięcy punktów pomiarowych w ciągu

sekundy. Dane są rejestrowane przez trzy skanery i kamery z układem 6 obiektywów. Jednostka IMU, dwa odometry oraz antena GPS/GLO-NASS kontrolują położenie pojazdu, a chwilowa utrata sygnału GPS nie wpływa na dokładność zbieranych danych. Całość jest zapisywana na dyskach laptopa stanowiącego integralną część zestawu. W ciągu godziny pomiaru system zbiera ok. 20 GB danych. Dane gromadzone

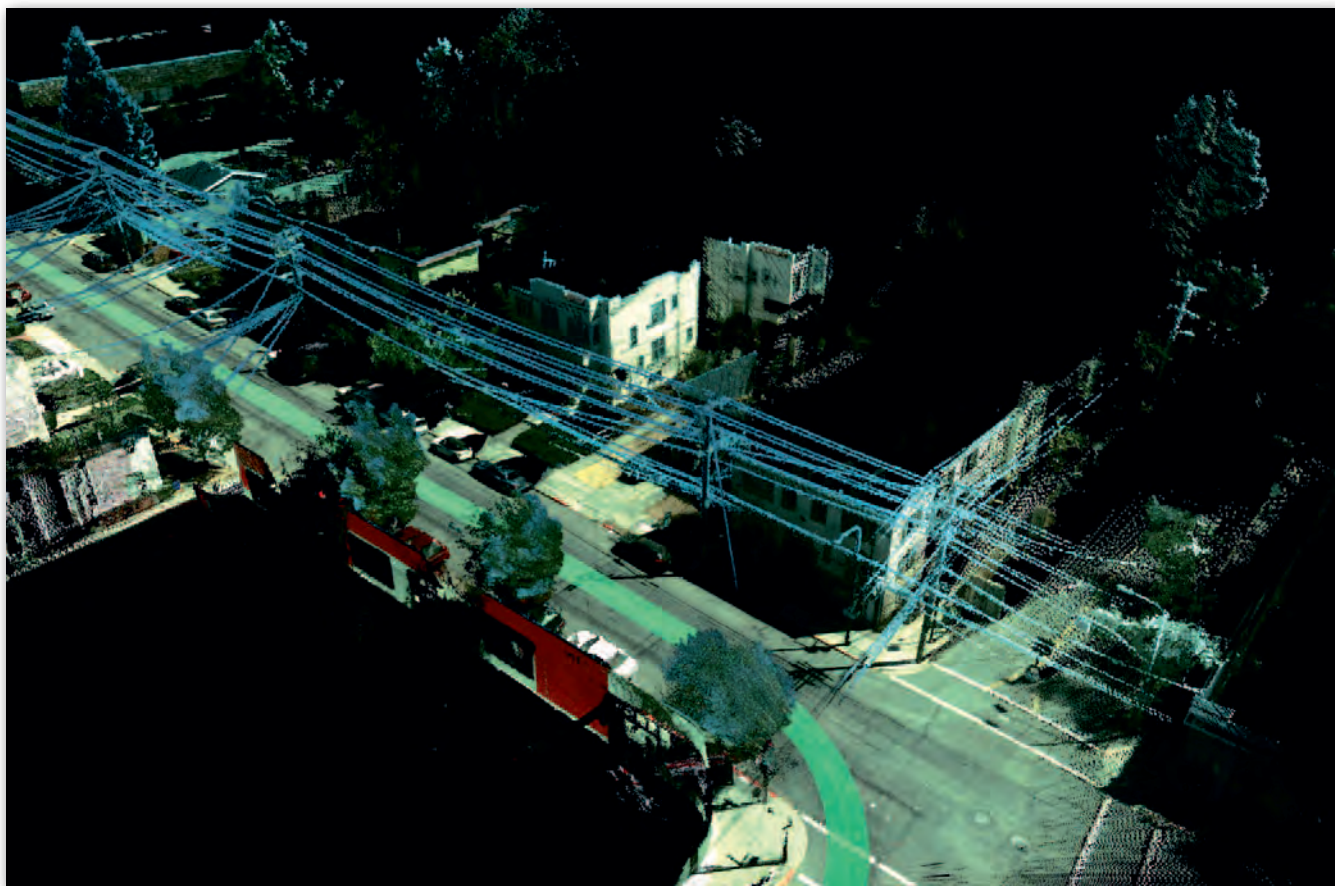


z sześciu niezależnych źródeł są integrowane w automatycznym postprocessingu. Dzięki innowacyjnej technologii Topconu urządzenie można zainstalować zarówno na samochodzie, łodzi, jak i pociągu. Dwie osoby radzą sobie z montażem w ciągu 10 minut. Poza zapewnieniem dodatkowego złącza zasilania

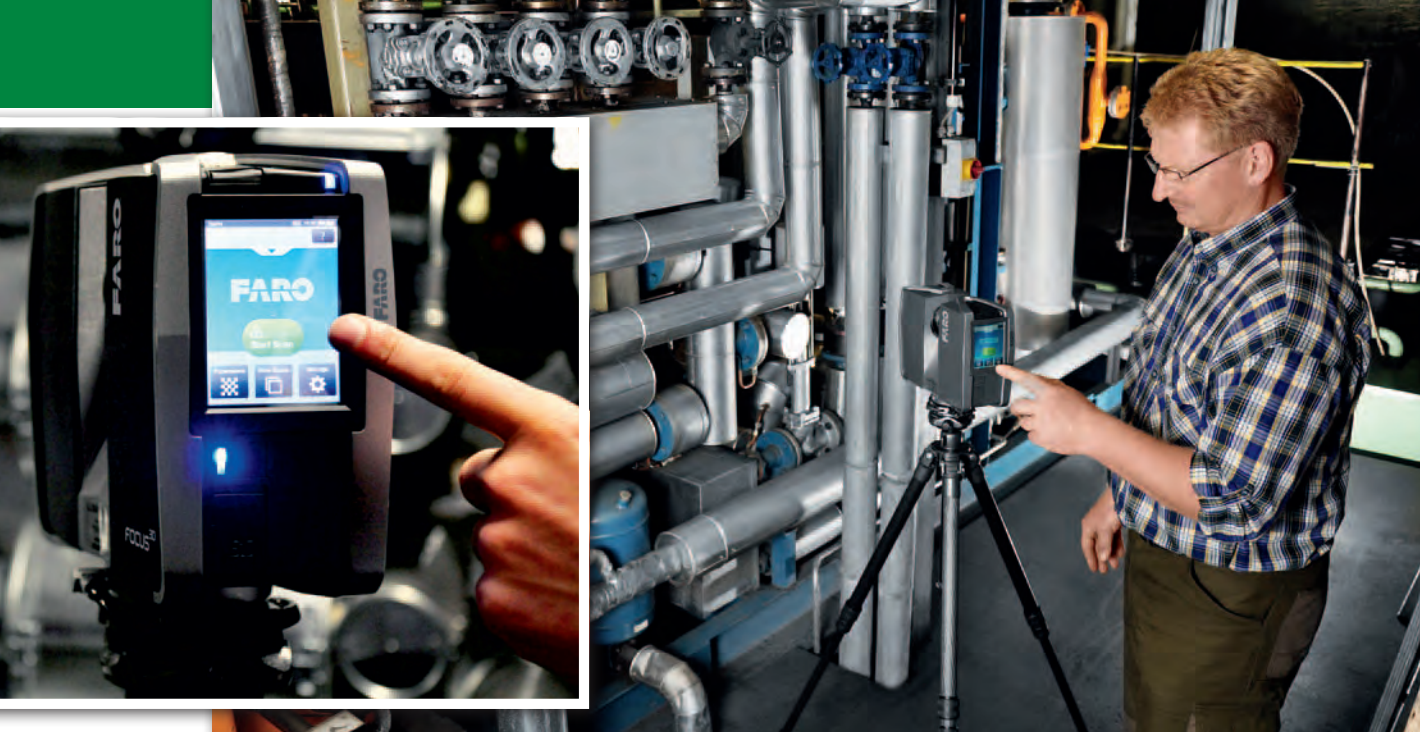
Topcon IP-S2 – mobilny system do tworzenia modeli 3D obiektów



Topcon GLS-1500 za kołem podbiegunowym. Firma TPI uczestniczyła w projekcie badawczym prowadzonym na Spitsbergenie przez dr. Piotra Zagórskiego z lubelskiego UMCS. Do prac wykorzystano skaner laserowy Topcon GLS-1500 wraz z oprogramowaniem Topcon ScanMaster. Celem ponadmiesięcznych pomiarów było wykonanie pełnej inwentaryzacji strefy przybrzeżnej, okolic stacji badawczych w Calypso oraz Polskiej Stacji Badawczej w Hornsundzie. Pozyskane dane umożliwiają modelowanie zjawisk, jakie w strefie przybrzeżnej występują w wyniku wycofania i dalszego topnienia lodowców. Dzięki zasięgowi do 330 metrów i możliwości pracy w trudnych warunkach arktycznego lata Topcon GLS-1500 idealnie sprawdzał się podczas inwentaryzacji polodowcowych form skalnych. Możliwość montażu instrumentu na ciężkich geodezyjnych statywach oraz wbudowany kompensator zapewniały bezpieczną i stabilną pracę urządzenia nawet podczas silnych wiatrów



Wyniki prac systemem skanowania mobilnego Topcon IP-S2. Zlecenie na inwentaryzację dotyczyło linii energetycznych obejmujących ponad 50 tys. elementów. Chodziło o pozyskanie kompletnych danych opisujących słupy, skrzynki i kable wraz z ich położeniem z dokładnością do kilku centymetrów, kształtem, stopniem zniszczenia oraz oznaczeniami znajdującymi się na skrzynkach. Dwóch operatorów z dwoma samochodami wykonało zadanie w terenie w ciągu kilku miesięcy. Dawniej 10-osobowy zespół ludzi potrzebowałby na to prawie dwóch lat



Faro Focus 3D wykorzystywany do skanowania elementów przemysłowych. Poza inwentaryzacją skomplikowanych instalacji przemysłowych zleceniodawca wymagał dodatkowo informacji o elementach, takich jak rury, zawory czy tabliczki znamionowe. Konieczny był więc bardzo dokładny opis obiektu z uwzględnieniem każdego, nawet najdrobniejszego szczegółu. Urządzenie służące do pomiaru musiało posiadać stosunkowo małe gabaryty, dużą dokładność pomiaru i możliwość kolorowego obrazowania obiektów. Wybór klienta padł na skaner Faro Focus. Dzięki prędkości skanowania dochodzącej do 1 mln pkt/s, wysokiej precyzji sięgającej 2 milimetrów oraz zintegrowanemu aparatowi wysokiej jakości zlecenie zostało wykonane szybko i bezbłędnie

użytkownik nie musi ingerować w konstrukcję pojazdu. Ciekawostką jest to, że jedna ze światowych korporacji wykorzystuje na terenie Polski system Topcon IP-S2 zamontowany na... rowerze.

Rozwiązania mobilne bazujące na systemie Topcon IP-S2 stosowane są przez czołowych producentów danych przestrzennych. Dzięki tej technologii tworzenie trójwymiarowych map oraz dokumentacji technicznej budynków, znaków czy dróg oraz innych obiektów wielkoobszarowych stało się bardzo szybkie i dokładne. Oprogramowanie pozwala na łączenie chmur punktów ze zdjęciami, edycję i analizy, podstawowe pomiary i digitalizację obiektów. Formaty eksportu zapewniają pełną kompatybilność z większością programów CAD. Skanowanie mobilne za pomocą systemu IP-S2 już teraz wyznacza standardy, które obowiązywać będą w najbliższych latach.

● SKANOWANIE DALEKIEGO ZASIĘGU

Klasycznym rozwiązaniem do skanowania stacjonarnego jest model **Topcon GLS-1500**,

szczególnie przydatny, gdy obiekt skanowany jest oddalony od instrumentu (np. most) lub ma dużą wysokość (np. wieża, budynek, komin). Mierzenie takich obiektów skanerem bliskiego zasięgu (tj. 50 czy nawet 150 metrów) jest niemożliwe.

Mimo dużego zasięgu pomiaru urządzenia GLS-1500 (do 330 metrów) Topcon zastosował bezpiecznie dla oka laser. Spełnianie I klasy bezpieczeństwa oznacza, że skanowanie można wykonywać bez żadnych środków ochronnych także w zatłoczonych miastach, na lotniskach, dworcach kolejowych czy na uczelniach. Skaner posiada funkcję pomiarową umożliwiającą zdefiniowanie siatki pomiarowej przy dowolnej odległości od urządzenia, co z kolei pozwala na tworzenie szczegółowych siatek zdefiniowanych na konkretnym obiekcie. Takie rozwiązanie zapewnia niespotykaną w innych skanerach spójność geometryczną danych pomiarowych z obrazem. Kolejną innowacją jest wspólny element optyczny dla skanera i kamery cyfrowej wykonującej zdjęcia.

Lustro jest zabezpieczone za pomocą obrotowej osłony, dzięki czemu skaner może pracować w trudnych warunkach atmosferycznych. Zaletą instrumentu jest także wbudowany moduł wi-fi do sterowania procesem skanowania z pewnej odległości w przypadku pracy w warunkach niebezpiecznych dla człowieka. Do ekstremalnych prac pod dużymi kątami skaner można wyposażyć w specjalny uchwyt pochylający. GLS-1500 jest narzędziem stworzonym dla geodetów pragnących poszerzyć zakres swoich prac. Dzięki wyposażeniu w śruby ruchu leniwego pozwala wykonywać wcięcia geodezyjne. Tak więc praca ze skanerem może być bardzo zbliżona do pomiarów tradycyjnym tachimetrem. Dodatkowo, standardowa spodarka geodezyjna umożliwia zamiennie na stanowisku skanera na tachimetr i na odwrót.

Dostarczane w zestawie ze skanerem oprogramowanie Topcon ScanMaster umożliwia zarówno sterowanie urządzeniem, jak i opracowanie oraz analizę danych. Intuicyjny interfejs pozwala na bardzo szybkie tworzenie

przekrojów, nakładanie zdjęć, edycję i czyszczenie chmur punktów. Istnieje również możliwość wykonywania obliczeń oraz porównywania siatek punktów. Oczywiście standardem są uniwersalne formaty eksportu i importu danych zapewniające kompatybilność zestawu z różnym oprogramowaniem specjalistycznym.

● SKANOWANIE BLISKIEGO ZASIĘGU

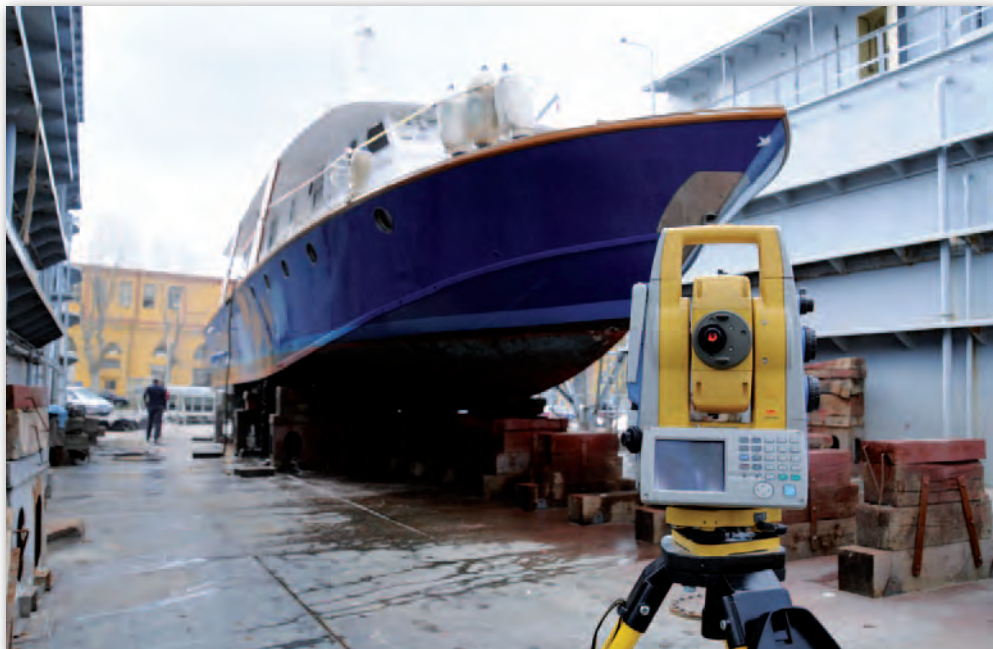
Zupełnie innym skanerem jest **Focus 3D** marki **Faro**, który jako pierwszy instrument na rynku łączy w sobie niewielkie wymiary, mobilność i szybkość pracy. Pozwala zeskanować prawie milion pkt/s, jest również bardzo dokładny (2 mm na 120 m). Kolejną zaletą urządzenia Faro jest niespotykana dotąd prostota obsługi – dotykowy interfejs jest wzorowany na menu znanym użytkownikom telefonów komórkowych. Niewielkie wymiary (24 x 20 x 10 cm) oraz waga (5 kg) sprawiają, że skaner jest wygodny do transportu, pracy na wysokości czy na rusztowaniach. Urządzenie posiada wbudowane złącze WLAN oraz aparat foto-

graficzny wykonujący zdjęcia o rozdzielczości 70 Mpx.

Przeznaczone dla Focus 3D oprogramowanie Faro Scene łatwo i wydajnie przetwarza zeskanowane dane i zarządza nimi, wykorzystując przy tym innowacyjne funkcje automatycznego wykrywania obiektów oraz rejestrowania i rozmieszczania skanów. Oznacza to, że udział użytkownika w „sklejaniu” kilku skanów jest minimalny – wystarczy przegrać je do komputera, a oprogramowanie samo połączy dane i wyświetli analizę dokładności. Przykładowo, stworzenie trójwymiarowej dokumentacji domku jednorodzinnego zajmuje około 30 minut w terenie i 20 minut w biurze. W tym czasie otrzymujemy dokładną chmurę punktów wraz z kolorowym obrazem elewacji, linie wpasowane we wszelkie krawędzie, płaszczyzny oraz możliwość stworzenia georeferencji na podstawie danych zebranych tachimetrem lub odbiornikiem GPS. Dzięki intuicyjnemu interfejsowi oraz innowacyjnym funkcjom Faro Scene skanerem Focus 3D można efektywnie wykonywać prace już następnego dnia po zakupie sprzętu i przeszkoleniu.

● ALTERNATYWA DLA SKANERA – FOTOTACHIMETR

Ponieważ nie każda firma będzie potrzebowała skanera jako głównego urządzenia pomiarowego, **Topcon** stworzył innowacyjne rozwiązanie integrujące funkcje klasycznego tachimetru i skanera. **IS-3** jest kolejną już generacją fototachimetrów tego japońskiego producenta, który od samego początku stosuje w nich dwie wbudowane kamery (szeroko- i wąskokątną). Dzięki temu przy powiększeniu widoczny jest prawdziwy obraz, a nie uzyskany w wyniku cyfrowej obróbki pikseli. Jest to rozwiązanie niestosowane do tej pory przez innych producentów. Na uwagę zasługuje fakt, że kamera jest wbudowa-



Tachimetr Topcon serii IS podczas skanowania kadłuba w suchym doku. Firma geodezyjna dostała nietypowe zlecenie od stoczni wymagające nie tylko zwymiarowania, ale także zobrazowania badanego obiektu. Chodziło o luksusowy jacht, którego armator zażyczył sobie wydłużenia jednostki o dodatkową sekcję. Do tego niezbędny był dokładny trójwymiarowy model jachtu wraz z informacją o stanie powierzchni kadłuba. Dzięki połączeniu technologii precyzyjnego bezlustrowego pomiaru z możliwością wykonania zdjęć w tachimetrze Topcon IS klient otrzymał dokładny trójwymiarowy model z zaznaczeniem wszystkich ognisk korozji oraz deformacji. Oprogramowanie Topcon ImageMaster pozwoliło na szybkie stworzenie dokumentacji technicznej

na w obiektyw, a więc przy robieniu zdjęć nie ma jakichkolwiek przesunięć w stosunku do pomiaru. Fototachimetr został wyposażony w superszybkie precyzyjne serwomotory, które wraz ze specjalną funkcją oprogramowania stwarzają możliwość skanowania. Oczywiście głównym ograniczeniem jest prędkość wynosząca w tym przypadku 20 pkt na sekundę. Testy wykonywane w TPI pokazały, że dowolny obiekt (np. budynek) można zeskanować w ciągu kilkunastu minut, a więc do małych robót i dla firm zaczynających przygodę ze skanowaniem tachimetr IS-3 jest doskonałym rozwiązaniem.

W przypadku IS-3 nie można zapomnieć o wyjątkowych funkcjach, jakie zyskujemy wraz z zastosowaniem kamery podczas klasycznych pomiarów tachimetrycznych. Oprócz rejestracji współrzędnych punktów możemy zapisywać zdjęcia, które stanowią numeryczny szkic terenu. Tachimetr ten znajdzie zastosowanie także podczas pomiarów trudnych obiektów, takich jak np. konstrukcje mostowe,

gdzie praca polega na zintencjonowaniu połączeń nitowych. W klasycznym podejściu zrobienie szkicu jest czasochłonne, a IS-3 od razu wykonuje automatyczną dokumentację fotograficzną ze wskazaniem i połączeniem pomiaru z obiektem. Bezprzewodowe połączenie wi-fi pozwala na pracę na komputerze w oddaleniu od tachimetru. Obraz z kamery jest widoczny na monitorze, a kliknięcie w dowolne miejsce na ekranie jest dla tachimetru komendą obrotu i wykonania pomiaru punktu.

Jako dodatkowe oprogramowanie do pracy z tachimetrem firma Topcon stworzyła ImageMaster. Jego najprostsza wersja służy do pozyskiwania i obróbki danych fotogrametrycznych. Bardziej zaawansowana wersja STD oraz przeznaczona dla profesjonalistów wersja Pro pozwalają na tworzenie trójwymiarowych obrazów, obróbkę chmur punktów, tworzenie porównań, obliczanie objętości i odległości. Każdy geodeta przyzna, że pomiar np. hałd kruszywa to trud-

ny i mało dokładny proces, a do tego nie mamy gwarancji, że po pomiarze kształt hałdy się nie zmieni. Stosując IS-3, uzyskujemy bardzo szczegółowy pomiar, szybkie i dokładne oszacowanie objętości za pomocą ImageMaster i zdjęcia, które są dowodem, jak wyglądał obiekt podczas pomiaru.

● PROPOZYCJA DLA KAŻDEGO

Wybór z szerokiej oferty dostępnych na rynku skanerów oraz oprogramowania nie jest łatwy. Aby dokonać optymalnego zakupu, należy przetestować sprzęt w terenie oraz dobrać z doradcą technicznym odpowiednie oprogramowanie i akcesoria. Warto też wcześniej dowiedzieć się, czy producent skanera ma doświadczenie z nowoczesnymi technologiami pomiarowymi. Nikogo chyba dziś nie stać na kupowanie kota w worku.

MARCIN MAZIPPUS,
STANISŁAW ZACHARA,
ARTUR MALCZEWSKI
(TPI Sp. z o.o.)

Tachimetr skanujący Trimble VX DR PLUS w inwentaryzacji zabytkowych obiektów geotechnicznych

OD OGÓŁU DO SZCZEGÓŁU

Coraz częściej inwentaryzację i monitoring skomplikowanych obiektów geotechnicznych realizuje się w ramach tzw. pomiarów zintegrowanych. Stanowią one połączenie wielu nowoczesnych technologii pomiarowych, m.in.: skaningu laserowego, obserwacji GPS-RTK oraz tachimetrii elektronicznej wykorzystującej zrobotyzowane stacje z opcją śledzenia sygnałów aktywnych.

RAFAŁ GAWAŁKIEWICZ

Kopce i kurhany zalicza się do grupy obiektów o antropogenicznej, stożkowej formie ukształtowania powierzchni i szczególnym znaczeniu historycznym. Pełniły one niegdyś rozmaite funkcje: kultowe (miejsca pochówku), obronne, obserwacyjne, symboliczne (jako pamiątki ważnych wydarzeń historycznych lub dla pośmiertnego upamiętnienia określonych osób) czy też katastralne (wyznaczające granice określonych ziem lub wsi). Obiekty te, zbudowane zazwyczaj z mieszaniny gruntów o różnych właściwościach fizyczno-mechanicznych i chemicznych, charakteryzujących się różną wytrzymałością i odkształcalnością, są szczególnie narażone na poważne uszkodzenia lub zniszczenie na skutek zmiennych warunków atmosferycznych. Intensywne i długotrwałe opady niszczą trwałość budowli, uruchamiając procesy erozyjne i osuwiskowe (spełzwanie zboczy).

Stąd też w myśl rozporządzenia ministra środowiska z 3 października 2005 r.

w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (DzU nr 201, poz. 1673) istnieje konieczność tworzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, w skład której wchodzi m.in. kartograficzne opracowania geodezyjne w skalach od 1:500 do 1:2000, mapy przeglądowe sporządzane zazwyczaj na podkładach map topograficznych z naniesioną lokalizacją obiektu badań, linii przekrojów geologiczno-inżynierskich i otworów badawczych (§ 17). Niekorzystna lokalizacja obiektów, brak osnowy poziomej i wysokościowej, zakres opracowania i jego uszczegółowienie sprawiają, że wykonanie pełnej dokumentacji kartograficznej, często wzbogaconej o elementy architektoniczno-budowlane, wymaga zastosowania różnorodnych technologii pomiarowych.

• TRZY W JEDNYM

Wychodząc naprzeciw tego typu potrzebom, firma Trimble udostępniła zespołom geodezyjnym doskonałe narzędzie pomiarowe złożone z tachimetru skanującego Trimble VX DR PLUS Spatial

Station oraz odbiornika GPS-RTK Trimble R8 wspólnie zarządzanych drogą radiową z poziomu kontrolera Trimble TSC3. Wykorzystanie takiego zestawu (rys. 1) jest uzasadnione ekonomicznie, a zakres prac może być realizowany jednoosobowo. Oprogramowanie Trimble Access umożliwia jednoczesną rejestrację danych tachimetrycznych oraz GNSS, zwiększając przez to wiarygodność wyników pomiaru. Użytkownik dostosowuje wybór trybu pomiarowego do warunków terenowych. W sytuacjach przysłonięcia reflektora przez przeszkody (brak wizury) możliwe jest płynne przełączenie na pomiar satelitarny GNSS.

W praktyce ogranicza to liczbę punktów osnowy pomiarowej (punktów posiłkowych, bagnetów, punktów dogęszczających ciągi poligonowe) i tym samym zwiększa produktywność zespołu pomiarowego. Przykładem pełnej inwentaryzacji geodezyjnej i architektoniczno-budowlanej zrealizowanej zestawem VX – R8 – TSC3 jest przedstawiony dalej pomiar Kopca Niepodległości im. Józefa Piłsudskiego położonego na Sowińcu w Krakowie.

• CHARAKTERYSTYKA ZESTAWU POMIAROWEGO

Trimble VX DR PLUS Spatial Station łączy możliwości powszechnie stosowanych w geodezji elektronicznych tachimetrów i coraz częściej wykorzystywanych skanerów laserowych. Jego zaletą jest kamera stworzona w technologii VISION, zaczerpnięta z rozwiązań skanujących, wbudowana i zintegrowana z układem kątomierzczym instrumentu. Pozwala ona na wizualizację pola pomiaru na kolorowym ekranie kontrolera Trimble CU tachimetru lub kontrolera zewnętrznego TSC3. Integracja obu modułów umożliwia podgląd szczegółów sytuacyjnych oraz wybór obszaru lub obszarów bezpośrednio na ekranie kontrolera.

Integracja zdjęć z wewnętrznym układem współrzędnych instrumentu pozwala na wizualizację pikiet na ekranie kontrolera, a tym samym na eliminację braków w danych przy znaczącym skróceniu czasu prowadzenia szkiców polowych. Lokalizacja punktów pomiaru lub obszarów skanowania na dużej wysokości nie zmusza obserwatora do stosowania specjalnych okularów z pryzmatami łamiącymi, gdyż obraz z kamery pojawi się na ekranie nawet po skierowaniu lunety w kierunku zenitalnym i umożliwi zadeklarowanie obszaru autometrycznego pomiaru. Opcja

Tachimetr skanujący Trimble VX DR PLUS Spatial Station

Zakres pomiaru odległości w trybie bezlustrowym	2-1300 m
Dokładność* pomiaru odległości do lustra	$\pm 3 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$
Dokładność* pomiaru odległości bez lustra	$\pm 3 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$
Dokładność* pomiaru odległości w trybie skanowania	$\pm 3 \text{ mm}$
Typ dalmierza, klasa lasera, długość fali świetlnej i moc	Impulsowy, klasy 1 (IEC 60825-1), $\lambda = 870 \text{ nm}$, $\text{moc} < 1 \text{ mW}$
Maksymalna prędkość skanowania	15 pkt/s
Wielkość plamki lasera (Hz x V)	4 x 8 cm/100 m
Średni błąd położenia punktu w przestrzeni	$\pm 10 \text{ mm}$
Dokładność pomiaru kątów	1" ($3''$)
Napęd/Prędkość obrotu alidady	Elektromagnetyczny/115°/s
Kompensator/Zakres	Dwuosiowy/ $\pm 6'$
Libella/dokładność	Elektroniczna/0,3"
Kamera Color Digital Image Sensor - rozdzielczość	2048 x 1536 pikseli
Kamera - kątowe pole widzenia/format danych	16,5° x 12,3°/JPEG
Zakres temperatur pracy	-20°C do +50°C
Porty	USB, Serial, Bluetooth 10

*odchylenie standardowe

Odbiornik Trimble R8 GNSS

TRYB DGPS	
Dokładność pozioma	$\pm (0,25 \text{ m} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
Dokładność pionowa	$\pm (0,50 \text{ m} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
TRYB WAAS (statycznie i FastStatic)	
Dokładność pozioma	$\pm (5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
Dokładność pionowa	$\pm (5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
TRYB RTK	
Dokładność pozioma	$\pm (10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
Dokładność pionowa	$\pm (20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
Wiarygodność inicjalizacji	> 99,9%
Odbiór sygnałów/maks. liczba odbieranych satelitów	L2C1 L5/44
Wodoszczelność	IP67 (zanurzenie do głębokości 1 m)
Obsługa sygnałów satelitarnych	GPS L1 (kod C/A), L1/L2/L5 pełny pomiar fazy, GLONASS L1 (kod C/A), L1 P, L2 P, L1/L2 pełny pomiar fazy, Galileo GIOVE-A i GIOVE-B, WAAS/EGNOS
Zakres temperatur pracy	-40°C ÷ +65°C
Sposób komunikacji	Port szeregowy Lemo 7 Port szeregowy RS-232

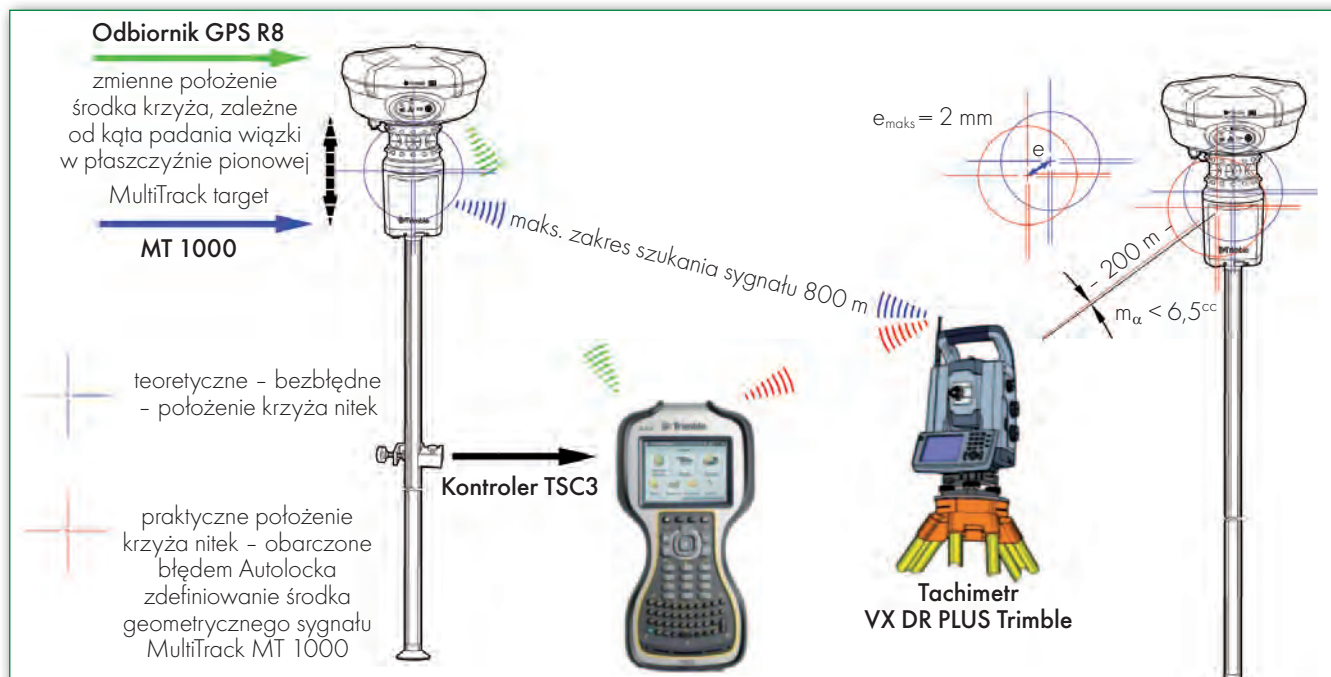
automatycznego skanowania i pokrycia powierzchni siatką punktów umożliwia zdefiniowanie rzeczywistej wielkości deformacji strukturalnych (powierzchniowych) inwentaryzowanego obiektu, tj. wyboczeń elementów konstrukcyjnych i powłok obiektów wielkokubaturowych, ubytków masy w strukturach powierzchniowych budowli, wychyleń budowli itp.

Atutem instrumentu jest zastosowanie układu dalmierczego działającego w za-

kresie bliskiej podczerwieni, co zwiększa zasięg pomiaru do 1300 m bez konieczności zwiększania mocy urządzenia. Wynika to z charakteru wiązki świetlnej i większej odporności impulsu na wpływy i warunki otoczenia. Manualny pomiar kątów i długości w ośnawach pomiarowych zakładanych do realizacji prac inwentaryzacyjnych umożliwia udokładnienie wyników pomiarów. Połączenie precyzji pomiaru wielkości kątowo-liniowych z trybem pomiaru

biegunowego w opcji skanowania przy założeniu dużej rozdzielczości pozwala uzyskać quasi-ciągły model obiektu w postaci chmury punktów (rys. 2) o współrzędnych obliczanych bezpośrednio w trakcie pomiaru w przyjętym układzie współrzędnych. W praktyce model punktowy tworzony jest w skali 1:1. Ma to ogromne znaczenie, zwłaszcza w zakresie monitoringu kształtu obiektu oraz zmiany w czasie jego geometrii wyznaczanej dzięki powtarzalności pomia-

ru. Duży zasięg pomiaru bezlustrowego sprawia, że Trimble VX doskonale nadaje się do inwentaryzacji i monitoringu kształtu obiektów nieregularnych o znaczących gabarytach (grobli, wałów, nasypów, wykopów, kopców, składowisk i zwałowisk), zwłaszcza obiektów trudno dostępnych stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla zespołów pomiarowych. Podstawowe parametry techniczne instrumentu przedstawiono w tabeli powyżej.

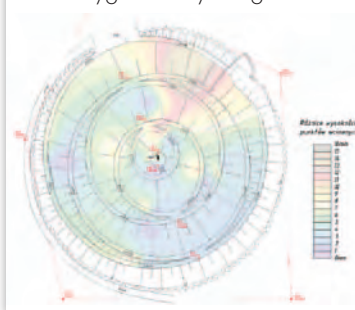


Rys. 1. Schemat pracy zestawu: tachimetr Trimble VX DR PLUS Spatial Station oraz odbiornik GPS Trimble R8 sterowane przez kontroler TSC3 zamocowany na tyczce i zasada działania funkcji Autolock w trybie roboczym z sygnałem aktywnym MultiTrack MT 1000

Opracowanie mapy zasadniczej
- aktualizacja
Opracowanie mapy dla celów
projektowych (rewitalizacja obiektu)



Mapa rozkładu różnic wysokości
dla punktów wcinanych mierzonych
tachimetrycznie z wykorzystaniem
sygnału aktywnego



Tachimetr skanujący
VX DR PLUS
Spatial Station
na stanowisku
pomiarowym

2D



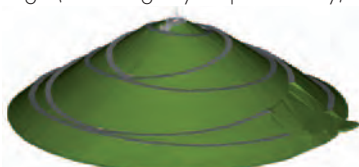
2D

3D

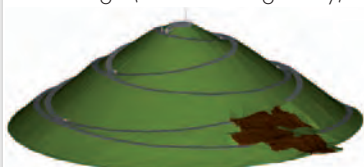
3D

Modelowanie powierzchni
kopca przy wykorzystaniu
siatek triangulacyjnych
Modelowanie stref
osuwiskowych

Opracowanie modelu przestrzennego
na podstawie pomiaru tachimetrycznego
z wykorzystaniem sygnału aktywnego
(model ogólny - uproszczony)



Opracowanie modelu przestrzennego
na podstawie pomiaru tachimetrycznego z elementami skaningu
laserowego (model szczegółowy)



Wyznaczanie paramet-
rów fizycznych
modelu obiektu:
- pole powierzchni [P],
- objętość [V],
- środek ciężkości [S]

$P = 9888 \text{ m}^2$
 $V = 117\,596,23 \text{ m}^3$
 $S_x = 1042,971 \text{ m}$
 $S_y = 1059,930 \text{ m}$
 $S_H = 359,036 \text{ m}$



$P = 9888 \text{ m}^2$
 $V = 117\,342,34 \text{ m}^3$
 $S_x = 1043,008 \text{ m}$
 $S_y = 1059,940 \text{ m}$
 $S_H = 359,033 \text{ m}$

Dokumentacja
przestrzenna elementów
małej architektury
Model 3D

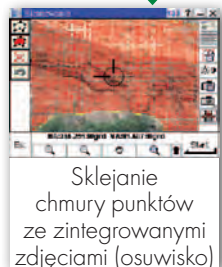


Galeria widokowa
na koronie Kopca

Generowanie
przekrojów
i weryfikacja stanu
rzeczywistego
z modelem
pierwotnymi



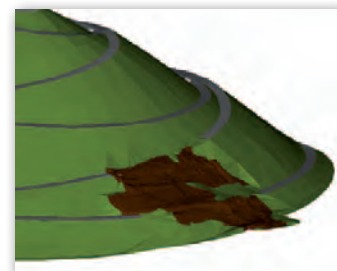
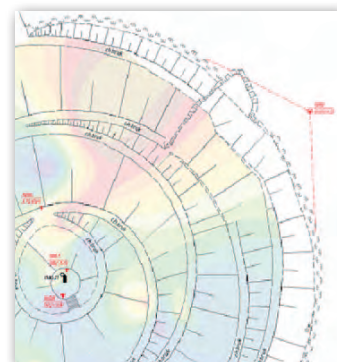
Obróbka
skanu



Sklejanie
chmury punktów
ze zintegrowanymi
zdjęciami (osuwisko)



Rozpinanie siatek
triangulacyjnych



Rys. 2. Obok: Schemat wykorzystania danych przestrzennych pozyskanych zestawem pomiarowym: odbiornik ruchomy Trimble R8 (pomiar osnowy oraz pikiet poza zakresem pola widzenia tachimetru skanującego VX w układzie 2000 - ASG-EUPOS), tachimetr skanujący VX DR PLUS Spatial Station (precyzyjny pomiar osnowy, kompleksowy pomiar szczegółów sytuacji oraz skanowanie powierzchni osuwiska i wybranych elementów małej architektury). Powyżej: Powiększenia dla strefy osuwiska

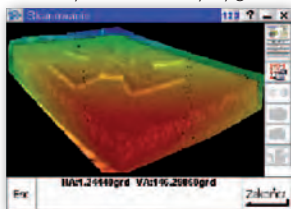
W ramach optymalizacji procesów pomiarowych firma Trimble rozwinęła system śledzenia reflektorów, tzw. MultiTrack, który umożliwia wybór określonego typu ce-

lu, tj. aktywnego lub pasywnego. W przypadku sygnałów aktywnych, np. MT 1000 (rys. 1), dodatkowo istnieje możliwość zdefiniowania ID dla konkretnego reflektora.

Opcja identyfikacji celu (ID) jest szczególnie przydatna w pomiarach jednoosobowych lub na obszarze, gdzie zlokalizowanych jest więcej sygnałów zwrotnych, które mogłyby

„wytrącić” instrument z trybu śledzenia konkretnego reflektora, lub w przypadku, gdy w polu widzenia tachimetru znajdują się elementy o wysokim współczynniku refleksyjności, jak znaki drogowe czy odbłyśniki lamp. Przedmioty te mogą być błędnie zdefinio-

Obraz mocy sygnału powrotnego (intensywność mocy sygnału)



Chmura punktów



Fotograficzna mozaika z kamery VX DR PLUS Spatial Station



Tworzenie tekstury



Rys. 3. Przykład wykorzystania opcji skanowania laserowego tachimetru VX DR PLUS Spatial Station w inwentaryzacji i wizualizacji elementów małej architektury Kopca Niepodległości im. Józefa Piłsudskiego w Krakowie (obelisk – Krzyż Legionów)

wane jako potencjalne sygnały referencyjne.

Zestaw lustrowy MT 1000 przeznaczony jest do tachimetrow wyposażonych w system Autolock. Autorskim rozwiązaniem Trimble w MT 1000 jest podwójny pas diod (identyfikatorów reflektora) zlokalizowanych w pierścieniach nad i pod zestawem zwierciadeł, które wysyłają w kierunku instrumentu sygnały o ośmiu różnych częstotliwościach. Pozwala to na precyzyjne pozycjonowanie krzyża lunety instrumentu względem „centrum” geometrycznego zestawu zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej. Obserwując przez lunetę obraz krzyża nitki oraz zarys sygnału, użytkownik może dostrzec zjawisko przesunięcia obu elementów względem siebie o wartość wektora e (rys. 1). Przesunięcie to widoczne jest zwłaszcza w płaszczyźnie pionowej, przy czym wielkość wektora uzależniona jest od kąta pochylenia celowej. Zgodnie ze specyfikacjami firmy Trimble maksymalny błąd liniowy automatycznego nacelowania krzyża nie przekracza 2 mm dla odległości 200 m, a kątowy błąd $m_\alpha < 6,5''$.

● OPRAWOWANIE PRZESTRZENNEGO MODELU KOPCA

Dzięki wykorzystaniu prezentowanego w artykule zestawu pomiarowego możliwe jest uzyskanie bezpośrednio w terenie gotowych danych w postaci współrzędnych przestrzennych XYH w układach

państwowych lub definiowanych przez użytkownika. Ich trójwymiarowy charakter pozwala na generowanie dowolnej dokumentacji kartograficznej w środowisku 2D zgodnej z obowiązującymi standardami i potrzebami określonych służb (geodezyjnych, konserwatorskich, budowlanych itp.), a także tworzenie łatwych do interpretacji modeli przestrzennych środowiska 3D. Ponadto dane te mogą być poddane obróbce – procesowi modelowania – w programie Trimble 3D RealWorks lub też wczytane do programów CAD (AutoCAD Civil 3D lub MicroStation). W procesie modelowania elementów małej architektury Kopca Niepodległości kartowanie i teksturowanie oraz wizualizacja zostały przeprowadzone w programie 3D RealWorks, a budowanie modelu bryłowego w programie AutoCAD Civil 3D.

Zaletą modeli bryłowych, poza wizualizacją przestrzenną oraz łatwą modyfikacją w czasie (na podstawie danych np. z monitoringu geodezyjnego), jest także możliwość wyznaczania parametrów obiektu: fizycznych (pole powierzchni, kubatura) i mechanicznych (środek ciężkości) oraz zmian tych wartości świadczących o wielkości deformacji obiektu i kierunkach rozwoju tego zjawiska w czasie. Ponadto modelowanie trójwymiarowe daje użytkownikowi możliwość generowania rysunków przekrojowych w dowolnych płaszczyznach, co także stanowi doskonałe narzędzie analityczne w rękach spe-

cjalistów na etapie planowania prac z zakresu profilaktyki budowlanej i rewitalizacji budowli (porównanie z dokumentacją archiwalną). Efekty obróbki i przykłady wykorzystania danych przestrzennych o różnej charakterystyce i sposobie pomiaru, wygenerowanych w procesie inwentaryzacji Kopca Niepodległości, pokazano na rys. 2 i 3.

● ATUTY ROZWIĄZANIA

Wykorzystanie w ramach pomiarów zintegrowanych zestawu złożonego z tachimetru skanującego VX DR PLUS Spatial Station, odbiornika R8 i kontrolera TSC3 firmy Trimble pozwala na:

- wykonywanie precyzyjnych pomiarów w trudno dostępnym terenie, w którym brak jest osnowy geodezyjnej, zarówno poziomej, jak i wysokościowej;
- definiowanie współrzędnych punktów osnowy pomiarowej i pikiet w układzie państwowym (np. 2000) lub lokalnym (maks. 19 pkt dostosowania w programie TSC Emulator 12.47);
- dostęp do wspólnej bazy danych tworzonej przez oba urządzenia pomiarowe (rejestracja i tyczenie);
- szybki pomiar w opcji skanowania laserowego (maks. do 15 pkt/s) oraz pojedynczych punktów z wykorzystaniem sygnałów aktywnych;
- automatyzację procesu pomiarowego ograniczającą wpływ czynnika ludzkiego na końcowe wyniki obserwacji;
- wykonywanie dokumentacji fotograficznej o dużej roz-

dzielczości jako nieodłącznego elementu nowoczesnej dokumentacji technicznej;

- oszczędność czasu wynikającą z wyboru obszaru pomiaru bezpośrednio na ekranie kontrolera dzięki ruchomemu obrazowi wysyłanemu z kamery tachimetru VX;
- zarządzanie zestawem tachimetru–odbiornik z odległości nawet kilkuset metrów;
- łatwy wybór opcji pomiaru: od pojedynczego, wskazanego przez użytkownika punktu, po zbiór punktów opisujących kształt określonej, inwentaryzowanej powierzchni (np. kształt powierzchni osuwiska i jej zmiany w czasie);
- rejestrację tylko tych danych z wybranych i zaznaczonych na ekranie kontrolera obszarów, które stanowią treść i przedmiot opracowania;
- podgląd danych punktowych zintegrowanych ze skalibrowanymi zdjęciami, co umożliwia użytkownikowi eliminację tzw. martwych pól;
- korzystanie ze wszystkich narzędzi oprogramowania (prace inwentaryzacyjne, realizacyjne, monitoring) dzięki wygodnemu, przejrzystemu i intuicyjnemu menu;
- prowadzenie pomiaru przez jednoosobowy zespół z zachowaniem wysokiej dokładności (średni błąd wysokości punktów wcinanych przestrzennie z punktów osnowy pomiarowej nie przekroczył $m_H = \pm 2,5$ mm);
- zarządzanie danymi i ich weryfikację bezpośrednio w terenie.

DR INŻ. RAFAŁ GAWAKIEWICZ

DWA W JEDNYM

W tegorocznym zestawieniu tachimetrów skanujących uzbierało się 5 serii, czyli o 2 mniej niż poprzednio. Czy to oznacza, że zostaną one wyparte przez znacznie szybsze skanery?

Niekoniecznie. Rzut oka na tabelę pozwala bowiem stwierdzić, że producenci sprzętu geodezyjnego wciąż stawiają na rozwój tachimetrów skanujących. Choć modeli faktycznie ubyło (ze sprzedaży wycofano trzy serie japońskiego Topcon'a i jedną amerykańskiego Trimble'a), to równocześnie pojawiły się dwie nowe rodziny oraz jedna nowa marka.

Podczas tegorocznych targów Intergeo w Norymberdze (27-29 września) Topcon zaprezentował serię tachimetrów IS-3 (s. 43), będącą udoskonaleniem o dwa lata starszych urządzeń IS-2. Czym różnią się te dwie serie? Obie dostępne są w wersjach 1-, 2- oraz 3-sekundowej i oferują bezlusterkowy pomiar na odległość nawet do 2 km. Jak jednak zapewnia producent, dzięki technologii X-TRAC 8 nowsze modele dużo szybciej skanują i wykonują zdjęcia, a także umożliwiają podgląd pomierzonej chmury punktów na wbudowanym ekranie. Z testów wykonanych przez polskiego dystrybutora tego urządzenia, warszawską firmę TPI, wynika, że zeskanowanie za pomocą IS-3 budynku nie powinno zająć więcej niż kilkadziesiąt minut. Zwraca się ponadto uwagę na możliwość

zdalnego kontrolowania tachimetru za pośrednictwem bezprzewodowej technologii wi-fi. Z kolei kamera wbudowana w obiektyw zapewnia wykonanie zdjęć bez przesunięcia w stosunku do pomiaru.

Podczas zeszłorocznych targów Intergeo w Kolonii do grona producentów tachimetrów skanujących dołączyła szwajcarska Leica Geosystems. Jej propozycją do tego typu pomiarów jest model TS15i z rodziny Viva. Urządzenie to cechuje m.in. wysoka dokładność (do 1" dla kątów i do 1 mm + 1,5 ppm dla odległości) oraz wbudowana kamera szerokokątna o matrycy 5 Mpx (dla porównania w IS-3 jest to 1,3 Mpx) umożliwiająca wykonanie szczegółowej dokumentacji fotograficznej pomiarów. Możliwości tego tachimetru jeszcze wzrosły po tegorocznej premierze oprogramowania polowego SmartWorx 4.0. Wydanie to pozwala m.in. na wizualizację pomierzonych danych na wyświetlanym „na żywo” obrazie wideo, transmitowanie go przez radio do kontrolera z częstotliwością 10 Hz, a także wykonywanie zdjęć panoramicznych.

Nie jest tajemnicą, że pod względem parametrów skanowania tachimetru nie dorastają

do pięć nawet słabszym skanerom. Najszybszy tachimetr w tegorocznym zestawieniu mierzy bowiem raptem do 30 pkt/s (rekord z poprzedniego zestawienia nie został więc pobity), podczas gdy w skanerach wartości te dochodzą nawet do miliona! Rozbieżności dotyczą jednak również ceny, i to tu tkwi najważniejsza zaleta analizowanego sprzętu. Jak bowiem podają krajowi dystrybutorzy, właścicielem najtańszego tachimetru skanującego można stać się już za 49 tys. zł (tu najlepiej wypadł Trimble S6), podczas gdy ceny skanerów zaczynają się od 100 tys. zł. A ponadto, co tachimetr, to tachimetru.

Nic więc dziwnego, że sprzęt ten jest chętnie wykorzystywany przez polskich geodetów. W lipcowym wydaniu GEODETY mówił o tym szef firmy Inwar Jerzy Anasiewicz. Z jego doświadczenia zdobytego przy obsłudze geodezyjnej warszawskiego lotniska wynika, że to, co za pomocą zwykłego tachimetru robi się dwa dni, przy użyciu jego skanującego odpowiednika można pomierzyć już w pół godziny. O zaletach tego sprzętu w inwentaryzacji polskich zabytków (na przykładzie modelu Trimble VX) na s. 44 dodatku pisze z kolei dr Rafał Gawałkiewicz.

Opracowanie redakcji

TACHIMETRY SKANUJĄCE

MARKA
MODEL
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK
POMIAR KĄTÓW – METODA POMIARU
dokładność ["]
najmniejsza wyświetlana jednostka ["]
kompensator, dokładność, zakres
luneta – powiększenie, średnica [mm]
minimalna ogniskowa [m]
POMIAR ODLEGŁOŚCI – METODA POMIARU
Dokładność [mm + ppm]
z lustrem
z tarczką celowniczą
bez lustra
Zasięg [m]
z lustrem
z tarczką celowniczą
bez lustra
Czas [s]
w trybie dokładnym (inicjalny)
w trybie trackingu
Plamka lasera
PĘDNOŚĆ SKANOWANIA
maksymalna [pkt/s]
średnia [pkt/s]
ZASIĘG SKANOWANIA
minimalny [m]
maksymalny [m]
POLE WIDZENIA SKANERA
w pionie [°]
w poziomie [°]
sposób wyboru obszaru do skanowania
WYŚWIETLACZ I Klawiatura
jednostronna/dwustronna
rozmiar ekranu
kolorowy/dotykowy
liczba klawiszy
OPROGRAMOWANIE WEWNĘTRZNE
system operacyjny
aplikacja pomiarowa (nazwa, obsługiwane funkcje skanowania)
REJESTRACJA DANYCH
pojemność pamięci wewnętrznej [MB]
karta pamięci (typ, pojemność) [MB]
formaty wymiany danych
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA
ZASILANIE
rodzaj baterii/czas ciągłej pracy [h]
zasilanie zewnętrzne
INFORMACJE DODATKOWE
OGÓLNE
waga [kg]
norma pyło- i wodoszczelności
temperatura pracy [°C]
wyposażenie standardowe
gwarancja [miesiące]
cena netto [zł]
dystrybutor



Leica	Topcon	Trimble	Trimble	Trimble
TS15i	IS-301/303/305	S6	S8 High Precision	VX
2010	2011	2010	2010	2010
absolutna	absolutna	absolutna	absolutna	absolutna
1/2/3/5	1" (3'')/3" (10'')/5" (15'')	2/3/5	0,5/1/2	1
0,1	0,5" (1'')/1" (2'')/1" (2'')	0,1	0,1	0,1
czterosiowy, 0,5"/1"/1,5", 4"	dwuosiowy, 1", 6"	dwuosiowy, 0,5", 5,4"	dwuosiowy, 0,5", 5,4"	dwuosiowy, 0,3", 6"
30x, 40	30 x/45 mm	30x, 40	30x, 40	30x, 40
1,7	1,4	1,5	1,5	1,5
fazowa	impulsowa (EDM - fazowa)	impulsowa	impulsowa	impulsowa
1 + 1,5	2 + 2	3 + 2	0,8 + 1	1 + 2
1 + 1,5	2 + 2	2 + 2	3 + 2	2 + 2
2 + 2	5 (<25 m), 10 +10 (long >250 m)	2 + 2	2 + 2	2 + 2
3500	4000	2500	3000	2500
250	brak danych	1200	1200	1200
30, 400 lub 1000	250, long - 2000	1300	1300	1300
2,4	1,2	1,2	1,2	2
0,15	0,3	0,4	0,4	0,4
tak	tak	tak	tak	tak
brak danych	20	30	30	15
brak danych	20	30	30	15
1,7	1,4	2	2	2
30/400(R400)/1000 (R1000)	2000	800	150	800
270	350	160	160	120
360	360	360	360	360
wskazanie na ekranie narożników/wprowadzenie kątów/wskazanie obwiedni	wskazanie na ekranie narożników/wprowadzenie współrzędnych	wskazanie na ekranie narożników	wskazanie na ekranie narożników	wskazanie na zdjęciu narożników
opcjonalnie dwustronna	jednostronna	dwustronna	dwustronna	dwustronna
640 x 480 px	320 x 240 px	320 x 240 px	320 x 240 px	320 x 240 px
tak, tak	tak, tak	tak, tak	tak, tak	tak, tak
36	25	19 + kursor	19 + kursor	19 + kursor
Windows CE 6.0	Windows CE 4.2	Windows CE.NET	Windows CE.NET	Windows CE.NET
SmartWorx Viva (pakiet programów specjalistycznych, skan siatki, skan powierzchni)	TOPSURV - przekaz obrazu z kamer, programy drogowe, kodowanie, szkic na ekranie, wcięcia, przecięcia, ekscentry, rzutowanie, ciężki poligonowe, ruletka	własna (skanowanie, monitoring, pomiary geodezyjne)	własna (skanowanie, monitoring, pomiary geodezyjne)	własna (skanowanie, monitoring, pomiary geodezyjne)
1024	128 RAM, 2 Flash ROM	64 SDRAM + 256 flash	64 SDRAM + 256 flash	64 SDRAM + 256 flash
SD, USB	Micro SD (1024)	nie	nie	nie
GSI, IDX, MGEO, ASCII, użytkownika	projekty: TSJ, firmowe formaty Topcon i Sokkia, ASCII, DXF, DGN, rastry, XML	ASCII, DXF, inne	ASCII, DXF, inne	ASCII, DXF, inne
RS-232, USB, Bluetooth, radiomodem	RS-232, Bluetooth, WLAN, CF, USB	RS-232, USB, Bluetooth	RS-232, USB, Bluetooth	RS-232, USB, Bluetooth
Li-Ion/5-8	Li-Ion 5000 mAh/3,5	Li-Ion/brak danych	Li-Ion/brak danych	Li-Ion/brak danych
tak	tak	opcja	opcja	opcja
kompatybilny z Leica Viva GNSS, rozbudowa do SmartStation, kamera	aparatury fotograficznej 1,3 Mpx	serwomotory magnetyczne, leniwki bez końca, opcja robotic	serwomotory magnetyczne, leniwki bez końca, opcja robotic	kamera cyfrowa, zdalna obsługa za pomocą radia i przekaz obrazu
5,3	6,2	5,15	5,15	5,2
IP55	IP54	IP55	IP55	IP55
-20 do +50	-20 do +50	-20 do +50	-20 do +50	-20 do +50
2 baterie, okablowanie, ładowarka, karta pamięci	2 baterie, ładowarka, okablowanie	bateria, ładowarka, okablowanie	bateria, ładowarka, okablowanie	bateria, ładowarka, okablowanie
12 (opcja 36)	12 z możliwością przedłużenia	24	24	24
ok. 75 000	brak danych	od 49 000	od 56 000	od 190 000
Leica Geosystems, IG T.Nadowski	TPI	Geotronics Polska	Geotronics Polska	Geotronics Polska

Wykorzystanie numerycznego modelu terenu ze skanowania laserowego w informacyjnym przygotowaniu pola walki

WOJSKOWY „LAS” RUSZY?

„Dowódca pierwszego plutonu, rozwinąć stanowisko łączności i nawiązać łączność ze stanowiskiem łączności SD na wzgórzu 523”. „Zrozumiałem, wykonuję”. Do wykonania tego rozkazu niezbędna jest widoczność między antenami oddalonych od siebie radiostacji. Pomocne w jej określeniu są numeryczne modele terenu i pokrycia terenu.

PAWEŁ PABISIAK
AGNIESZKA PTAK
GRZEGORZ STĘPIEŃ
ROBERT BAUER

ANALIZY TERENU POD OSTRZAŁEM

Sprawdzanie wizury pomiędzy dwoma punktami na powierzchni Ziemi w celu rozwinięcia łączności to tylko przykład analizy widoczności wykonywanej przez żołnierzy. Do najczęstszych analiz należą również: określanie stref martwych, określanie nachylenia stoków, wyszukiwanie miejsc dogodnych dla desantu czy pokonywania przeszkód wodnych. Ułatwiają one – przy uwzględnieniu parametrów technicznych pojazdów oraz sprzętu – realizację podstawowych, a czasami najważniejszych zadań stawianych przez przełożonych.

Analizy teoretyczne wykonywane są na wszystkich szczeblach dowodzenia i stanowią mocną podporę dla planowania operacji. Ważne jest, aby uzyskane w ten sposób informacje były jak najbar-



Rys. 1. OCOKA – jedna z metod analizy terenu w informacyjnym przygotowaniu pola walki (IPPW)

dzie zbliżone do warunków rzeczywistych. Analizy prowadzone są w ramach tzw. informacyjnego przygotowania pola walki (IPPW – rys. 1). Spośród kilkunastu metod analizy terenu normy obronne wskazują metodę określaną w skrócie jako OCOKA, czyli:

- Obstacles (przeszkody)
- Cover and Concealment (krycie i maskowanie)
- Observation (obserwacja)
- Key Terrain (teren kluczowy)

● Avenue of Approach (droga podejścia).

W Polsce podstawowym produktem używanym do tych analiz jest numeryczny model terenu poziomu pierwszego i drugiego w formacie DTED (Digital Terrain Eleva-

tion Data), który jest standardowym formatem danych wykorzystywanym przez NATO. Jak zatem wygląda skuteczność stosowania DTED w analizach terenu w dobie technologii skaningu laserowego?

DTED1, DTED2 I MODELE ZE SKANOWANIA

Obecnie wykorzystanie przez wojsko numerycznego modelu terenu (NMT) dla obszaru Polski ogranicza się do DTED1 i DTED2, które obejmują swym zasięgiem cały kraj. Model DTED2 powstał z wektoryzacji warstw i innych elementów rzeźby terenu prezentowanych na mapach topograficznych w skali 1:50 000, model DTED1 na podstawie danych w skali 1:250 000. Oba charakteryzują się macierzową strukturą danych. Ich parametry

PARAMETRY DOKŁADNOŚCIOWE NUMERYCZNYCH MODELI TERENU		
Parametr	DTED 1	DTED 2
Rozmiar oczka	3", ok. 90 m	1", ok. 30 m
Nominalna dokładność wysokościowa bezwzględna (błąd z prawdop. 90%)	< 16 m	< 10 m



FOT. ROBERT BAUER

dokładnościowe przedstawiono w tabeli na stronie obok.

Jak zatem poprawnie wykonać analizę stref widoczności, jeśli normy narzucają dokładności rzędu decymetrów, a my nie posiadamy bardziej dokładnego NMT określającego rzeczywistą rzeźbę terenu i znajdujące się na nim obiekty? Tu z pomo-

akcji. Zalety skanowania laserowego z powodzeniem wykorzystywane są przez żołnierzy Stanów Zjednoczonych w Afganistanie.

Ogólną zasadę działania zestawu specjalistycznych urządzeń przedstawia rysunek 2. ALS (Airborne Laser Scanning) to metoda skaningu wymagająca współpracy kil-

4. **INS, GPS** – systemy określające położenie skanera i wychylenia kątowe;

5. **część naziemna** w postaci stacji referencyjnych.

Zarejestrowane podczas nalotu punkty posiadają współrzędne XYZ, a pliki danych ze skanowania laserowego przeważnie występują w formacie LAS, odzwierciedlając te elementy, od których nastąpiło odbicie wiązki lasera. Po odfiltrowaniu przy określonych założeniach wybranych punktów uzyskuje się:

1. numeryczny model terenu – NMT (Digital Elevation Model, DEM),

2. numeryczny model pokrycia terenu – NMPT (Digital Surface Model, DSM),

3. ortofotomapę (przy użyciu dodatkowych zdjęć i dalszych przetworzeń).

Czas wykonania powyższych produktów wynosi 2-3 dni (w zależności od wielkości opracowywanego obszaru). Produkty te są typowymi danymi używanymi do informacyjnego przygotowania pola walki (IPPW).

• PORÓWNIANIE MODELI

Na podstawie posiadanych produktów postanowiliśmy przeprowadzić kilka najczęściej wykonywanych analiz zarówno na DEM oraz DSM ze skanowania laserowego, jak i DTED1 oraz DTED2, a następnie sprawdzić ich prawidłowość (dokładność)

w terenie. Skaniny laserowe wraz z modelami wykorzystanymi w testach wykonała tarnowska firma MGGP Aero 13 lipca 2010 r. Nalot obejmował teren w granicach województwa dolnośląskiego w okolicy miejscowości Uraz (powiat trzebnicki). Parametry analizowanych produktów zestawiono na rys. 3.

Do testów wybraliśmy dwie analizy:

1. określenie widoczności – wizura pomiędzy dwoma wskazanymi punktami (obserwator, łączność radiowa),

2. badanie nachylenia stoków (dostępność zboczy) – przedstawienie nachylenia stoków za pomocą barw symbolizujących przejezdność, od zielonego (przejezdny) do czerwonego (nieprzejezdny).

• OKREŚLENIE WIDOCZNOŚCI

Określenie widoczności postanowiliśmy zrealizować



Rys. 2. Schemat realizacji skaningu laserowego

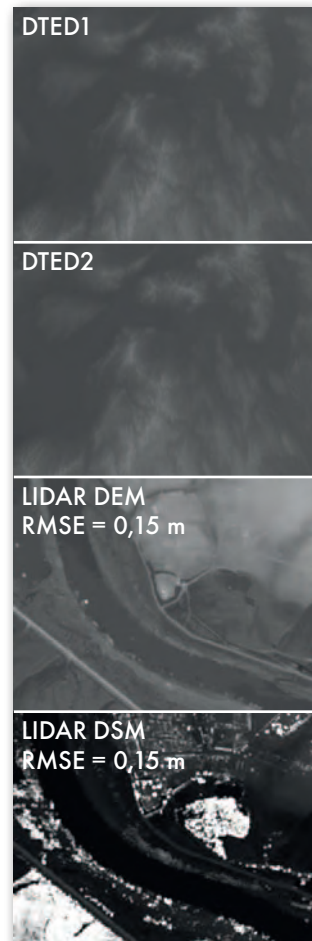
cą przychodzi technologia skaningu laserowego (LiDAR – Light Detection And Ranging). Chmury punktów zebrane przez skaner pozwalają na otrzymanie najbardziej aktualnych danych dotyczących ukształtowania terenu i jego pokrycia oraz wymodelowanie miejsc (np. obszarów zabudowanych), w których planowana jest operacja. Dzięki temu możliwe jest określenie pól martwych, niewidocznych lub będących poza zasięgiem ognia przeciwnika i dokładne zaplanowanie

ku elementów. Składają się na nią:

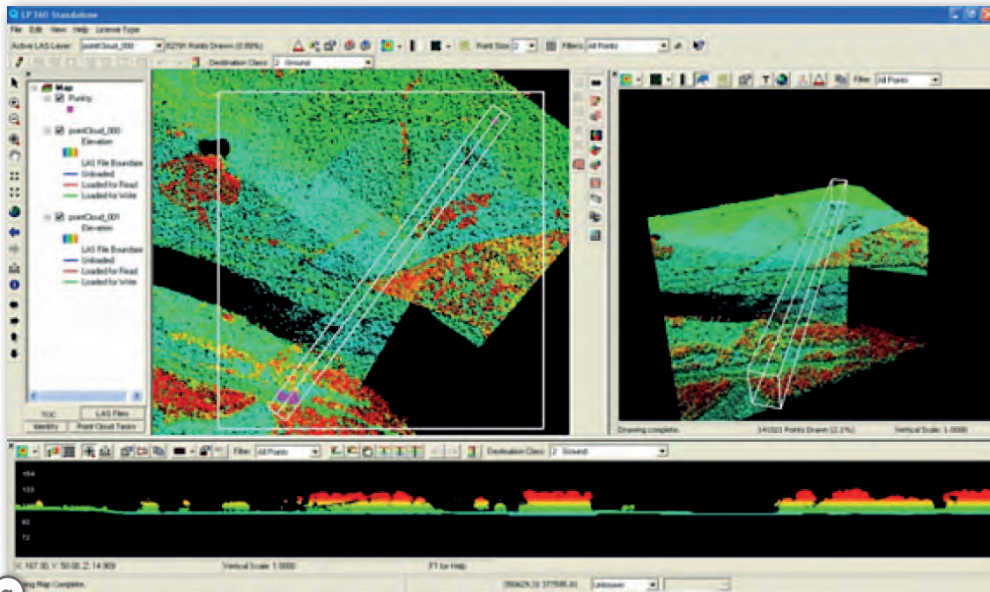
1. **statek powietrzny** – na którym umieszczone są niezbędne urządzenia nadawczo-odbiorcze oraz operatorzy,

2. **dalmierz laserowy wraz z rejestratorem (skaner)** – który wykonuje pomiar i rejestrację odbitych sygnałów,

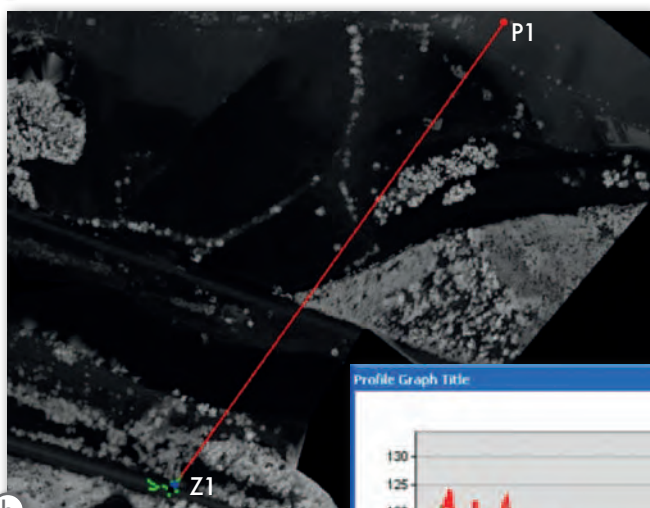
3. **rejestrator obrazu (kamera wideo lub aparat fotograficzny)** – który pozwala uzyskać obrazy pomocne przy filtrowaniu chmury punktów lub przypisywaniu punktom barw,



Rys. 3. Zestawienie modeli poddanych analizie



a



b

przez rzekę Odrę w miejscu potencjalnej przeprawy w okolicy miejscowości Uraz. Punkty obserwacji zostały wcześniej zaplanowane i naniesione na mapę topograficzną w skali 1:50 000 oraz 1:25 000. Po osiągnięciu założonych pozycji spotkała nas jednak niemiła niespodzianka – wizury pomiędzy punktami nie było. Mimo zimowej już aury (brak liści na drzewach, pokrywa śnieżna) określenie widoczności przedstawia się jak na rys. 4a i b. Aby lepiej pokazać te same analizy na istniejących modelach terenu i pokrycia terenu, wykonano profile między punktami Z1 i P1 (4 c, d i e):

Powyższe analizy wykonano również na 3 innych punktach, w wyniku czego otrzymano podobne rezulta-

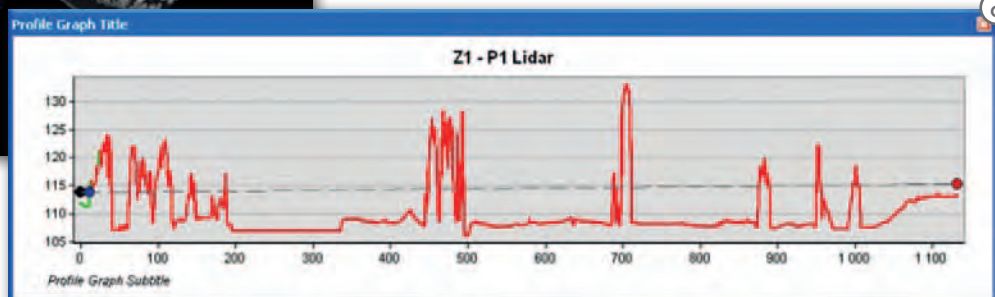
Rys. 4. Profile pokrycia terenu między punktami Z1-P1 a), b) dane LIDAR - linia obserwacji, c) dane LIDAR, d) DTED1, e) DTED2

ty. W analizach przyjęto wysokość obserwatora 2 m nad powierzchnią ziemi. Zarówno DTED1, jak i DTED2 błędnie potwierdziły widoczność pomiędzy założonymi

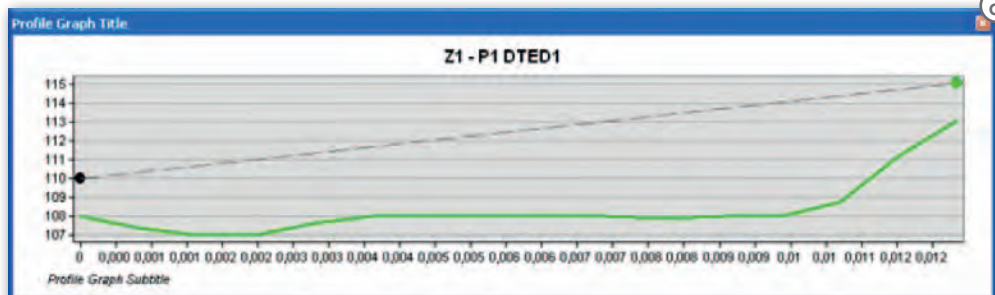
punktami, natomiast model utworzony na podstawie gęstej chmury punktów dał wynik prawidłowy. Numeryczny model pokrycia terenu pozwolił również na zebranie informacji na temat istniejących przeszkód terenowych w postaci zagłębień i przeszkód znajdujących się na powierzchni ziemi. Charakterystycznym obiektem, względem którego badano widoczność, był kościół z wieżą górującą nad okolicą (rys. 5).

● BADANIE NACHYLENIA STOKÓW

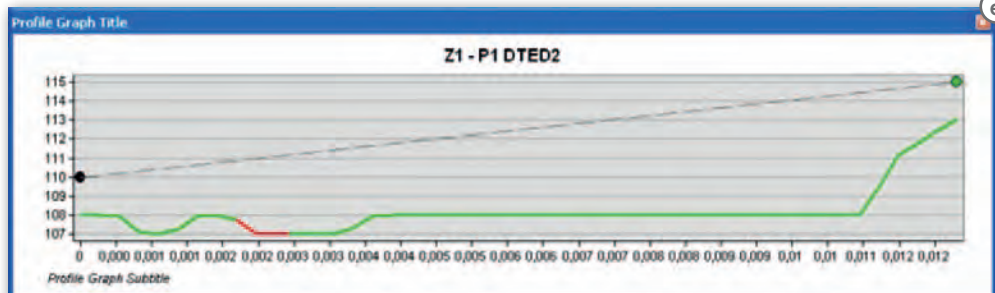
Również w przypadku analizy nachylenia stoków używamy różne wartości zależnie od materiałów użytych do analizy. Rozbieżności biorą się nie tylko z dokładności danego produktu geograficznego, ale też jego aktualności (naturalne i antropogeniczne zmiany w przyrodzie). Na rys. 6 przedstawiono analizy „dostępności zboczy” wykonane przy użyciu modeli



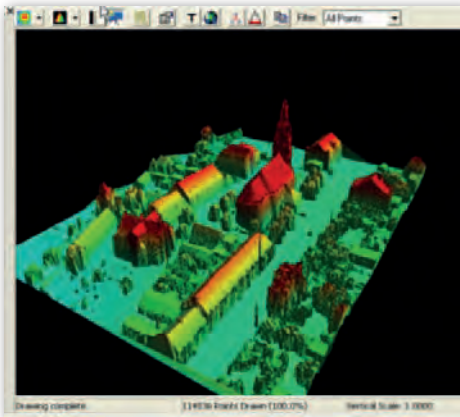
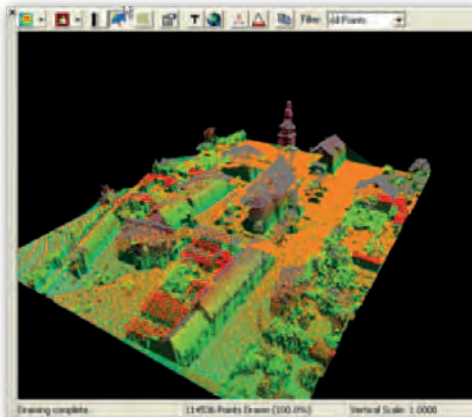
c



d



e



Rys. 5. Wizualizacja charakterystycznego obiektu – wieża kościoła w m. Uraz. Z prawej: Zdjęcie wykonane w kierunku Z2 – na kościół

DTED2 i z lotniczego skaningu laserowego. Ze względu na niską rozdzielczość przestrzenną DTED1 został wyłączony z analiz.

Informacja zawarta w danych ze skaningu laserowego jest znacznie obszerniejsza niż w modelu DTED2. Główne znaczenie ma oczywiście rozdzielczość przestrzenna, która w przypadku DTED2 praktycznie zacierza informację o wałach powodziowych czy nasypach do ich przekraczania. Dlatego wykorzystywanie tego modelu choćby do określania dostępności zbroczy daje wyniki niezgodne z rzeczywistością. Uzasadnione staje się więc stosowanie danych ze skaningu laserowego lub innych o zbli-

żonych parametrach dokładnościowych.

● SKANING LASEROWY PILNIE POTRZEBNY NA POLU WALKI

Nowoczesne technologie pozyskiwania danych determinują znacznie szersze obszary zastosowań niż tylko typowe geodezyjne. Coraz większe projekty realizowane w krótkim czasie stają się codziennością. Ich realizacja wymaga użycia najnowocześniejszych dostępnych narzędzi pozwalających na pozyskiwanie niewyobrażalnej dotąd ilości danych. Wysoka dokładność i rozdzielczość zgromadzonego materiału umożliwia wykorzystanie go przy two-

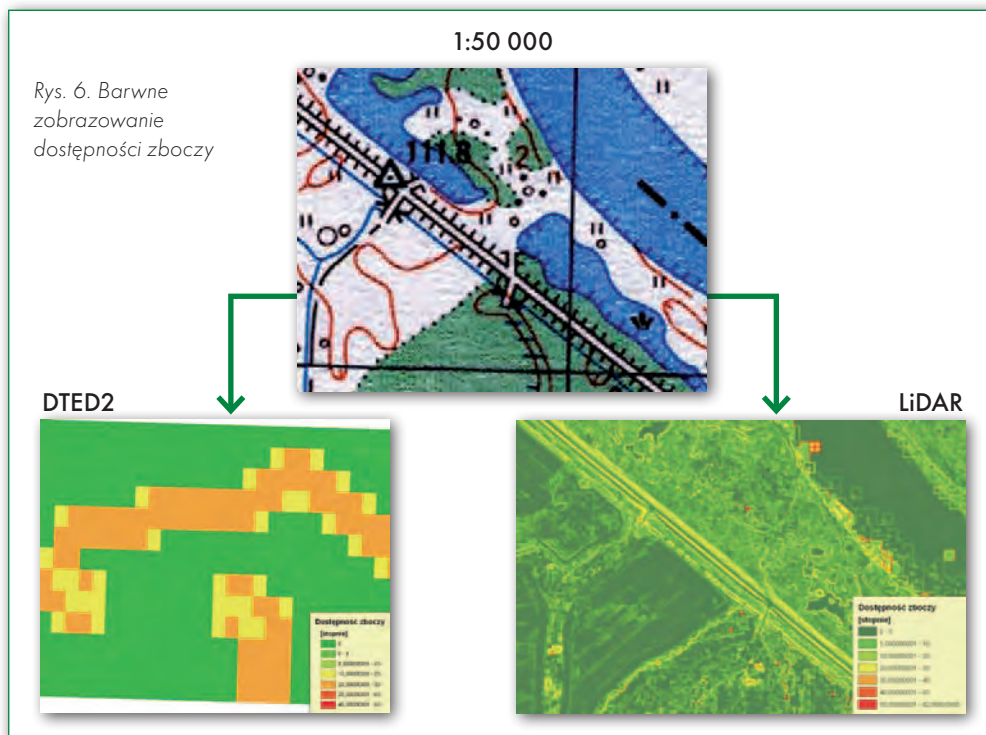
żeniu szerokiej gamy produktów kartograficznych. Skaningu laserowego naziemnego, lotniczego lub mobilnego pozwala na realizację tego typu zadań i wysoko podnosi poprzeczkę dla dotychczasowych metod pomiarów.

Do głównych produktów skaningu laserowego należą numeryczne modele terenu i pokrycia terenu. Umożliwiają one odejście od dotychczas stosowanych modeli DTED1 i DTED2, pozwalając na wykonywanie zbliżonych do rzeczywistości analiz widoczności, nachylenia stoków, a także analiz hydrologicznych w postaci map zagrożenia czy ryzyka powodziowego.

Zaprezentowane przykłady pokazują, że przeprowa-

dzenie choćby najprostszych analiz, które często mają miejsce w informacyjnym przygotowaniu pola walki, może – w zależności od wykorzystanych danych – prowadzić do odmiennych wyników, a co za tym idzie, do poważnych konsekwencji. Przy operowaniu numerycznym modelem terenu DTED2 należy liczyć się z nieuwzględnieniem wałów przeciwpowodziowych, a w najlepszym przypadku – z obniżeniem dokładności analizy o kilka metrów.

To sprawia, że zastosowanie DTED do określania stref widoczności można traktować wyłącznie jako trening. Czy zatem użytkownicy okażą się na tyle świadomi, a technika skaningu laserowego na tyle dostępna, aby mogła powszechnie być stosowana? Czas pokaże.



KPT. PAWEŁ PABISIAK
(Wydział Topograficzny 2
KZ - Kraków),
MGR AGNIESZKA PTAK
(MGGP Aero - Tarnów),
MJR DR INŻ. GRZEGORZ STĘPIEN
(Sztab Generalny WP - Warszawa),
PPŁK ROBERT BAUER
(Sztab Generalny WP - Warszawa)

Analizy i wizualizacje wykonano za pomocą programów: ArcGIS, ENVI, LP360.

Literatura:

- [1] Kurczyński Z., 2008: Metodyka oceny dokładności i skalania wieloźródłowych numerycznych modeli terenu, Wyd. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji;
- [2] Materiały z 9. Konferencji użytkowników oprogramowania firmy ESRI;
- [3] www.mggpaero.com

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.

LUKASZ UCHAŃSKI,
LARS SOERENSEN

Oczywiście sposób akwizycji danych, ich jakość oraz ilość, a także metoda przetwarzania zależą od charakteru opracowania końcowego. Inaczej podejźmy 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 urządzenia 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

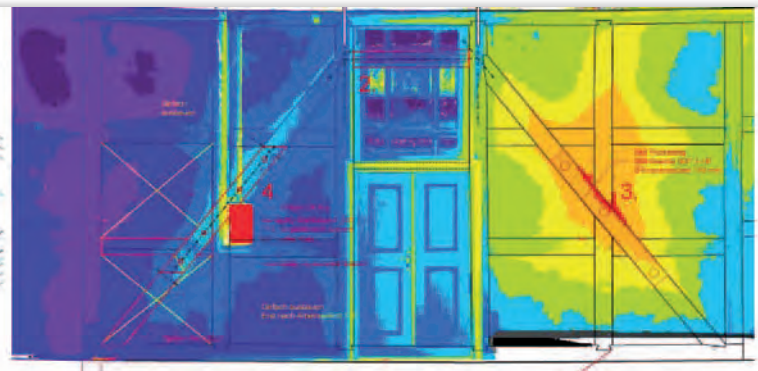
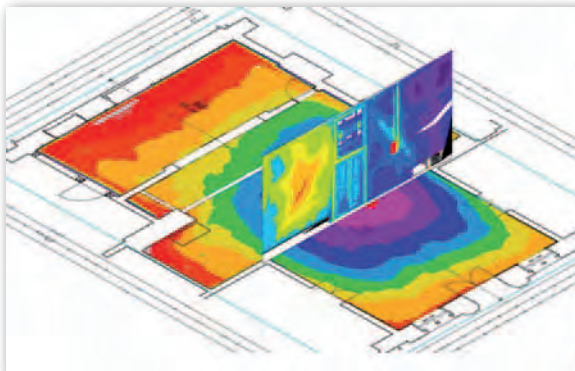
opracowanie. Do obowiązków wykonawcy należy zatem taki dobór sprzętu i metod pomiarowych, aby wynik prac spełniał oczekiwania klienta. Dla uniknięcia sytuacji konfliktowych nasza firma stara się dostarczać opracowania wykonane z dokładnością o poziom wyższą niż żądana przez klienta.

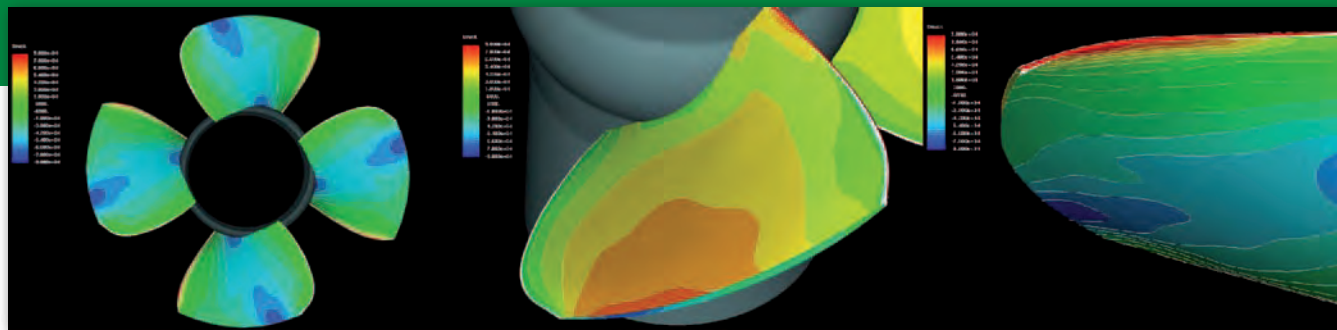
W Niemczech wymagania techniczne produktów końcowych są przejrzyste opisane w normach DIN oraz pracach tamtejszych architektów, którzy sprecyzowali w nich wymagania dokładnościowe oraz zawartość operatów. W Polsce sprawy te regulują Wytyczne Techniczne G-3.4 „Inwentaryzacja zespołów urbanistycznych, 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



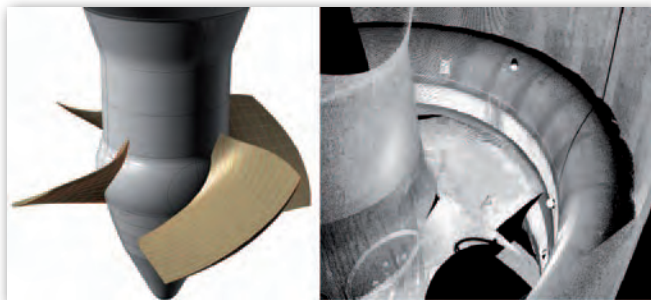


Mapy deformacji turbiny elektrowni wodnej w Neuhausen stworzone na potrzeby analiz aquadynamicznych

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 budowlanych 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 ciekawy wydaje się projekt zrealizowany w 2010 r., którego celem było zeskanowanie oraz wirtualne „złożenie” fragmentów gotycznych 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 rzeczywisty 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” odchyłań 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 UCHANŃSKI
(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

Mobilny system skanowania laserowego Riegl VMX-250 na obiektach kolejowych na Węgrzech

JAZDA PO TORACH



Riegl Laser Measurement System, wiodący producent lotniczych, naziemnych i mobilnych skanerów laserowych, oferuje kompaktowe, elastyczne i wydajne rozwiązanie do mobilnego skanowania laserowego: VMX-250. Konceptcja projektu pozwala na zastosowanie systemu prawie na każdym rodzaju pojazdu, statku lub, co opisano w tym artykule, na platformie kolejowej.

NIKOLAUS STUDNICKA,
GERALD ZACH,
CHRISTIAN SEVCIK,
IVO MILEV

Mobilny skaning laserowy jest stosunkowo nową i szybko rozwijającą się technologią pomiarową mającą różne zastosowania, na przykład w pomiarach dróg czy linii brzegowej. Ulepszenia technologiczne umożliwiają pomiar z bardzo wysoką częstotliwością i dostarczenie chmury punktów 3D o kilkucentymetrowej, a nawet lepszej dokładności. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów testowych linii kolejowej wykonanych wiosną tego roku na Węgrzech z płaskiej platformy kolejowej. Pokazano również proces przetwarzania danych obejmujący wyrównanie skanów i zdjęć do automatycznie uzyskanego układu współrzędnych toru kolejowego w połączeniu

z określeniem podstawowych elementów bezpieczeństwa.

W marcu 2011 r. we współpracy z węgierską firmą usługową Geodezja Ltd. zeskanowano około 12 km linii kolejowej „Raabebahn” w pobliżu Sopron na Węgrzech. W celu minimalizacji prac przy montażu samochodu z zainstalowanym systemem mobilnego skanowania laserowego VMX-250 został umieszczony na platformie

kolejowej. Przy niskich temperaturach (około zera stopni) i przelotnych opadach śniegu wygodnie było obsługiwać system z wnętrza samochodu.

● OPIS ROZWIĄZANIA

System Riegl VMX-250 składa się z dwóch skanerów laserowych Riegl VQ-250 sztywno zamontowanych na głowicy pomiarowej. Głowica łączy jednostkę IMU/GNSS obejmującą elektronikę do pomiarów

kinematycznych w czasie rzeczywistym (RTK) i trzy sensory: jednostkę pomiaru inercyjnego (IMU), antenę odbiornika globalnego systemu nawigacji satelitarnej (GNSS) i odometr (wskaźnik pomiaru odległości, DMI). Ten ostatni czujnik jest wyłączony, kiedy pojazd jest przymocowany do platformy kolejowej. Głowica pomiarowa jest podłączona do stabilnej platformy montażowej na dachu, obsługującej także modułowy podsystem aparatów VMX-250-CS6. Była ona używana w konfiguracji z czterema aparatami po 5 Mpx każdy (możliwe jest podłączenie sześciu aparatów oraz obsługa zewnętrznych sensorów).

Głowicę pomiarową z jednostką kontrolną wewnątrz samochodu łączy jeden przewód. Jednostka ta jest umieszczona w kompaktowej obudowie i zawiera zasilacz, wbudowany komputer z pakietem oprogramowania do pozyskiwania danych RiAQUIRE, wymienne dyski twarde i poręczny ekran dotykowy z wygodnym dla operatora interfejsem kontrolnym. Podczas pozyskiwania danych oba skanery laserowe działają synchronicznie, z tego powo-



Wszystko gotowe do misji: Samochód z mobilnym systemem skanowania laserowego przymocowany do platformy kolejowej



Trasa projektu na zrzucie ekranowym z Google Earth

du wykonują pomiar 3D z podwójną częstotliwością pomiaru pojedynczego skanera, w sumie 600 MHz, z możliwością wielokrotnego pomiaru celu.

● REJESTRACJA DANYCH

Przed przystąpieniem do pomiarów cały system został zainicjowany przy uwzględnieniu minimalnych wymagań spowodowanych ograniczeniami wynikającymi z natury transportu kolejowego w warunkach ruchu. Do rejestracji zdjęć wybrano cztery położenia kamer w ten sposób, orientując je ukośnie na zewnątrz w stosunku do systemu. Balans bieli kamer zagwarantowano poprzez użycie szarego wzorca podczas inicjalizacji systemu. Do rejestracji zdjęć wybrano automatyczny tryb dla czasu naświetlania i wzmocnienia w celu kompensacji zmiennych warunków oświetlenia. Wszystkie cztery kamery wykonywały synchronicznie zdjęcia w interwale jednej sekundy. W ciągu 30 minut trasa została przejechana dwukrotnie, po razie w każdym kierunku przy maksymalnej prędkości 60 km/h. Po pierwszym przejeździe wagon został odwrócony z wykorzystaniem pętli (patrz zrzut z ekranu z Google Earth powyżej).

W celu pierwszej, szybkiej weryfikacji jakości zebranych danych ze skaningu laserowego przetworzono je od ręki na miejscu i zwizualizowano w postaci pokolorowanych chmur punktów. Kolory re-

prezentują kodowany niezależny od odległości „kalibrowany poziom odbicia”, który jest dostarczany bezpośrednio przez skanery dzięki analizie fali (Waveform Processing). Już w tym momencie można zauważyć zalety systemu skanowania laserowego Riegl VMX-250:

- Precyzyjny pomiar czasu przelotu impulsu, który jest używany do pomiaru odległości, pozwala na precyzyjny pomiar bardzo cienkich celów, jak przewody trakcji, nawet jeżeli system pracuje z wykorzystaniem lasera 1 klasy bezpieczeństwa.

- System oferuje znaczny margines zakresu pomiaru przekraczający 100 metrów, co oznacza, że mogą być zmierzone nawet cele o niskim współczynniku odbicia.

- Korzystanie z dwóch niezależnych skanerów laserowych – odwróconych i pochyłonych skośnie do kierunku jazdy – pozwala na pomiar bezpośredniego otoczenia toru jazdy z nieznacznymi cieniami. Dlatego ważne znaki trasy są skanowane z dwóch stron.

● PRZETWARZANIE DANYCH

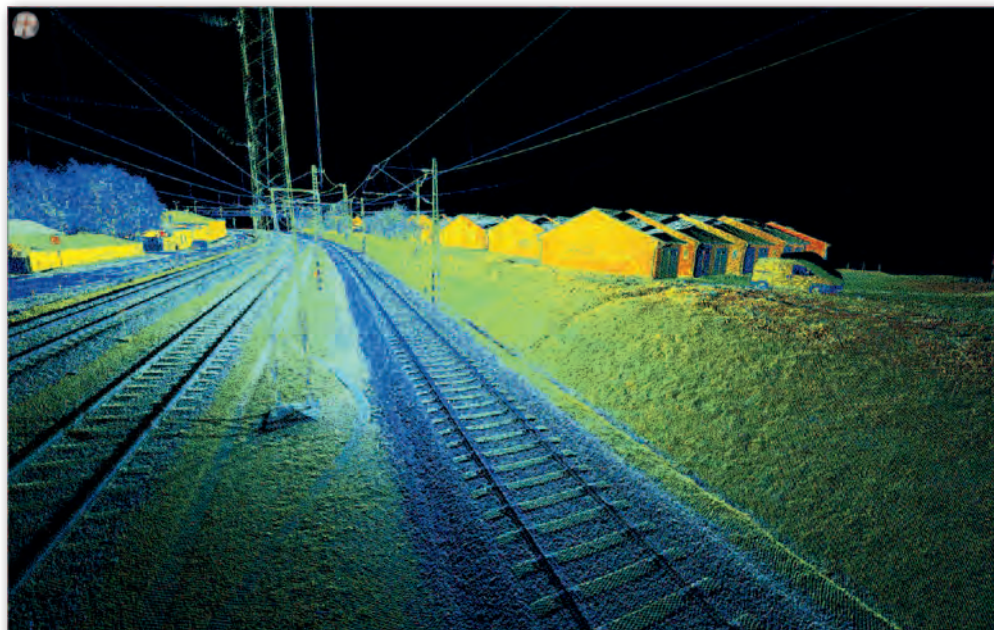
Po powrocie do biura dane trajektorii ruchu były podane obróbce z wykorzystaniem poprawek z lokalnej stacji bazowej. Następnie skany przetworzono do chmury punktów 3D z wykorzystaniem pakietu oprogramowania Riegl dla zastosowań mobilnych i lotniczych RIPROCESS.

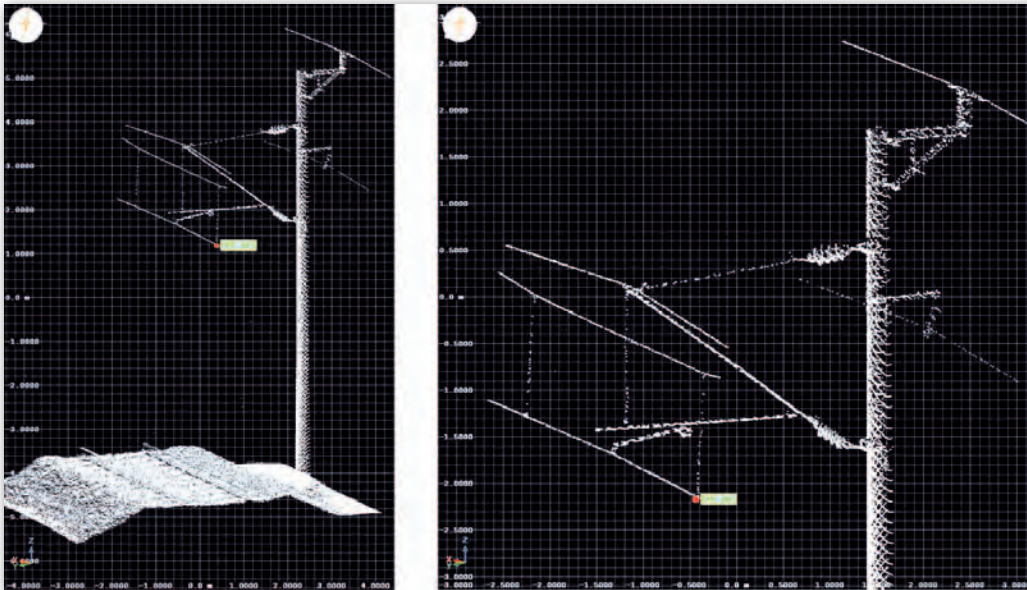
W tym projekcie zasięg ograniczono do 30 m. W rezultacie otrzymano korytarz o szerokości około 60 m. Łatające punkty spowodowane opadami śniegu zostały szybko odfiltrowane przy wykorzystaniu funkcji oprogramowania. Aby skompensować wpływy małych błędów trajektorii, dwa przebiegi musiały zostać nieznacznie wyrównane. W tym celu zdefiniowano obiekty wiążące. Oprogramowanie rozróżnia trzy typy obiektów wiążących: punkty, płaszczyzny i sfery. W tym projekcie nie rozmieszczono w terenie sztucznych punktów wiążących, tak więc konieczna była

do tego celu identyfikacja naturalnych obiektów w chmurze punktów wzdłuż trasy przejazdu.

- **Orientacja wzajemna chmur punktów.** W pierwszym przybliżeniu kamienie znajdujące się wzdłuż trasy w regularnych odstępach okazały się nieodpowiednie jako obiekty wiążące, z powodu ich kształtu brakowało płaskiej powierzchni dla określenia precyzyjnej powierzchni odniesienia. Ostatecznie więc jako obiekty wiążące wykorzystano przecięcia kabli napowietrznych (na rysunku na następnej stronie, oznaczone przez czerwoną kropkę i zielony napis „TPT_001”). Ponieważ pociąg był napędzany silnikiem Diesla, a wiatr znikomy, kable w pobliżu podpór można było uznać za elementy stałe w czasie dwóch pomiarów i te punkty zostały użyte jako punkty wiążące.

Wyniki pierwszego wyrównania metodą najmniejszych kwadratów pomiaru z dwóch przeciwnych kierunków pokazują reszkowe odchylenie standardowe 2,1 mm z uwzględnieniem wszystkich 3816 obserwacji odpowiadających sobie punktów, wynikających ze 180 ręcznie zdefiniowanych punktów wiążących. Oprogramowanie oblicza wartości poprawek, które są automatycznie stosowane w odpowiednich węzłach trajektorii, co znacznie poprawia dopasowanie chmur punktów.





Podpora i kable nadziemne pokazujące przykład definicji punktu wiążącego

● **Orientacja bezwzględna chmury punktów.** W celu określenia bezwzględnej dokładności już stosunkowo spójnej chmury punktów wykorzystano zestaw około 30 pomierzonych naziemnych punktów kontrolnych posiadających dokładnie określone georeferencje. Punkty te zostały zaimportowane do programu RiPROCESS i połączone w parę z odpowiednikami w chmurze punktów, a następnie były wykorzystane jako obserwacje w drugim kroku wyrównania współrzędnych poziomych i wysokości. Wartości resztowe (rezydua) drugiego etapu wyrównania pokazują odchylenie standardowe 6,5 mm. System Riegl VMX-250 jest wstępnie skalibrowany fabrycznie, kalibracja systemowa pomiędzy skanerami i IMU nie była modyfikowana podczas całego procesu wyrównania.

● **Zdjęcia.** Po tej procedurze wyrównania i powtórным przetworzeniu chmury punktów przy użyciu poprawionej trajektorii, opracowano zdjęcia z czterech aparatów.

Najpierw został zoptymalizowany balans bieli kamer i dopasowanie kolorów pomiędzy kamerami. Następnie skan i zdjęcia zostały dopasowane przy użyciu kilku kliknięć myszki i poprzez znalezienie odpowiadających sobie punktów na obu typach danych. RiPROCESS oferuje odpowiednie narzędzie dla obu etapów optymalizacji do produkcji skalibrowanych zdjęć posiadających georeferencje. Do dalszego postprocessingu projekt został przekształcony do formatu LAS i globalnych współrzędnych podczas eksportu przy użyciu programu Riegl GeoSysManager.

● WYODRĘBNIENIE URZĄDZEŃ KOLEJOWYCH

Chmury punktów przeanalizowano pod kątem urządzeń kolejowych i odpowiadających im cech. Wszystkie narzędzia analiz dostępne w tym oprogramowaniu bazują na wysokiej redundancji systemów pomiaru powierzchni. Przeznaczone są w szczególności dla skanów

mobilnych i zapewniają wysoką jakość oraz wiarygodne wyniki. Specjalne oprogramowanie umożliwia śledzenie osi rzeczywistej szyn przez zautomatyzowany proces modelowania bezpośredniego z chmury punktów. Rezultatem jest polilinia, która stanowi oś odniesienia dla pomiarów innych obiektów. W drugim etapie – geometrycznym – może być uzyskana reprezentacja elementu na osi i następnie używana w standardowych systemach planowania dostępnych na całym świecie.

Spektrum funkcji analitycznych obejmuje zakres od prostych porównań osi aktualnych do teoretycznych po testowanie miejsc kolizji, pomiar skrajni z zastosowaniem zdefiniowanych przez użytkownika kształtów wagonu i eksportowanie wyników modelowania (na przykład dostępna jest odległość do peronu, pozycja linii energetycznych w stosunku do osi lub są zaznaczone wszystkie punkty kolizji kinematycznej obwiedni pociągu).

● WYNIKI I WNIOSKI

Na podstawie tego testowego projektu kolejowego z wykorzystaniem systemu mobilnego skanowania laserowego Riegl VMX-250 można było zweryfikować wysoki poziom szczegółowości chmury punktów, w tym infrastruktury kolejowej. Narzędzia wyrównania w pakiecie oprogramowania systemu zostały z powodzeniem zastosowane do zebranych danych, dając w wyniku precyzyjne georeferencyjne chmury punktów i skalibrowane zdjęcia. Współrzędne szyn i elementy cechujące bezpieczeństwo można otrzymać przy użyciu oprogramowania innych firm.

Gerald Zach, menedżer produktu dla mobilnego skaningu laserowego w Rieglu, powiedział: „Korzystając z koncepcji projektu, VMX-250 może pracować na niemal każdej platformie nośnej, takiej jak pojazdy drogowe, łodzie lub wagony. Połączenie zwartości i precyzji sprzętu, dobrze dobrane oprogramowanie i otwartego interfejsu dla oprogramowania innych firm pozwalają dostawcom usług generować produkty efektywnie, co podnosi ich konkurencyjność”.

Na zakończenie można więc stwierdzić, że mobilny skanowanie laserowe jako technologia pomiarowa ma coraz większe znaczenie. Jest to już dowiedzione dla sprzętu montowanego na pojazdach drogowych lub łodziach. Teraz projekty kolejowe – przedstawiając nowe, ciekawe obszary zastosowań – mogą stać się rozwojowym sektorem skanowania laserowego.

NIKOLAUS STUDNICKA,
GERALD ZACH,
CHRISTIAN SEVCIK,
IVO MILEV

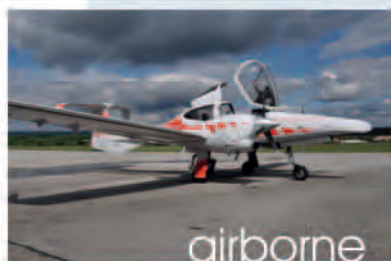
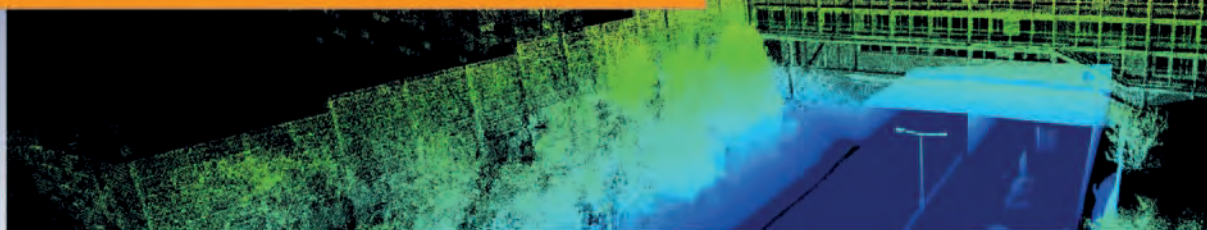


Zdjęcia pozyskane czterema aparatami (po 5 Mpx każdy) modułowego podsystemu aparatów RIEGL VMX-250-CS6

RIEGL

Laser Scanners for airborne, terrestrial,
mobile & industrial applications

Innovation in 3D



airborne



mobile



terrestrial

RIEGL Laser Measurement Systems is a leading manufacturer of state-of-the-art laser scanning technology. With 30 years of experience in the research, development and production of laser instruments RIEGL delivers proven innovations in 3D for airborne, terrestrial and mobile applications.



www.riegl.com

RIEGL LMS GmbH, 3580 Horn, Austria, office@riegl.co.at
RIEGL USA Inc., Orlando, Florida, info@rieglusa.com
RIEGL Japan Ltd., Tokyo, Japan, info@riegl-japan.co.jp



RIEGL[®]
LASER MEASUREMENT SYSTEMS

Optech

- naziemne skanery z zasięgiem do 3 000m
- mobilne systemy naziemne i lotnicze

Precyzyjne i szybkie skanery laserowe

STONEX
Simply Precise



Dostosujemy skanery do twoich potrzeb

CZERSKI
SINCE 1928

Czerski Trade Polska Sp. z o. o.
Wylączne Przedstawicielstwo w Polsce firmy STONEX
Al. Niepodległości 219, 02-087 Warszawa,
tel. (22) 825 43 65, fax (22) 825 06 04

STONEX
Simply Precise

Optech