

Wykorzystanie bezzałogowej platformy skanującej w firmie LiDAR3D

Prototyp nie pozwala na rutynę

Riegl RiCOPTER



Fot. Ewa Kuciewicz, Fundacja HEREDITAS

Podkrakowska firma LiDAR3D (grupa Geodimex) użytkuje jeden z najnowocześniejszych na świecie bezzałogowych systemów skanujących. Jak taki zestaw sprawdza się na rodzimym rynku i jaka jest przyszłość tej technologii?

**Dariusz Fryc,
Grzegorz Kuśmierz**

Duże miasto w środkowej Polsce. Godzina ósma rano. Dzień zaczynamy od sprawdzenia prognozy pogody, szczególnie siły wiatru i opadów. Po krótkiej analizie musimy skorygować zaplanowane na dziś loty. Dzwoni telefon: potrzebne skanowanie 60 kilometrów linii kolejowej w celu inwentaryzacji stanu zaawansowania prac przed przejściem kontraktu przez innego wykonawcę. Termin: na wczoraj. Szybki przegląd zakresu zlecenia, analiza do-

stępności przestrzeni powietrznej, wyce-
na. Za chwilę kolejny telefon: jest zielone
światło – działamy!

Relacja z tego krótkiego wycinka dnia pokazuje, jak na naszym rynku wygląda wykonywanie zadań, do których stworzono bezzałogowe statki powietrzne (BSP) ze skanerem laserowym na pokładzie. Najczęściej pojawiają się tam, gdzie liczy się tempo pracy przy zachowaniu geodezyjnej dokładności. Dziś nie ma czasu na wielodniowe analizy przydatności tej lub innej metody pomiaru czy liczenie roboczogodzin zespołów pomiarowych. Zamawiającego interesuje produkt końcowy najwyższej jakości dostarczony w jak najkrótszym terminie.

• Może LiDAR?

Właśnie dlatego kilka lat temu zdecydowaliśmy się na zakup i wdrożenie technologii LiDAR. Początkowo myśleliśmy o naziemnym zestawie mobilnym. Szybko jednak doszliśmy do wniosku, że jego wielorakie ograniczenia wynikające ze specyfiki pracy, montażu i poruszania się w terenie wykluczą nas z większości zadań, które leżały w kręgu naszych zainteresowań.

Wybór padł zatem na BSP RiCOPTER firmy Riegl przeznaczony do użycia ze skanerem laserowym VUX-1. Dlaczego akurat Riegl? Bo nikt inny na rynku nie oferował (i nadal nie oferuje) zestawu podobnego pod względem parametrów lotu,

zasięgu pracy skanera przekraczającego 1000 metrów, a także dokładności oraz jednolitości produktu końcowego, jakim jest chmura punktów. Z drugiej jednak strony brak konkurencji generował wiele problemów zarówno na etapie zakupu urządzenia (dostępność, negocjacje), jak i późniejszego wdrażania i rozwoju platformy. Ich źródła były i nadal są te same: wysokie koszty zakupu. Nawet dziś w całej Europie takich zestawów jest raptem kilka, a w Polsce nasz jest jedyny.

• Trudne początki

Procedura określenia specyfikacji i dostosowania maszyny do potrzeb firmy oraz sam zakup zajęły nam blisko półtora roku. Wdrożenie zestawu i wypracowanie standardu działania na potrzeby różnych zadań to kolejny rok.

I nadal uważamy, że jest to „szybka ścieżka” – z rozmów z użytkownikami podobnych systemów na świecie wiemy, że okres ten często bywa znacznie dłuższy.

Każdy mający do czynienia z BSP (lub inną nową platformą pomiarową) wie, że najtrudniejszy jest sam proces wdrożenia go do efektywnej pracy, czyli takiej, której wynikiem będzie produkt w postaci chmury punktów o bezwzględnej dokładności na poziomie 1-2 cm. Praktycznie wszystkie dostępne na rynku platformy skanujące BSP, nie wyłączając naszej, to rozwiązania w mniejszym lub większym stopniu prototypowe, nie do końca sprawdzone i obciążone problemami, które trzeba rozwiązywać samemu. Dlatego na nabywcę urządzenia spada ogrom pracy związanej z testowa-



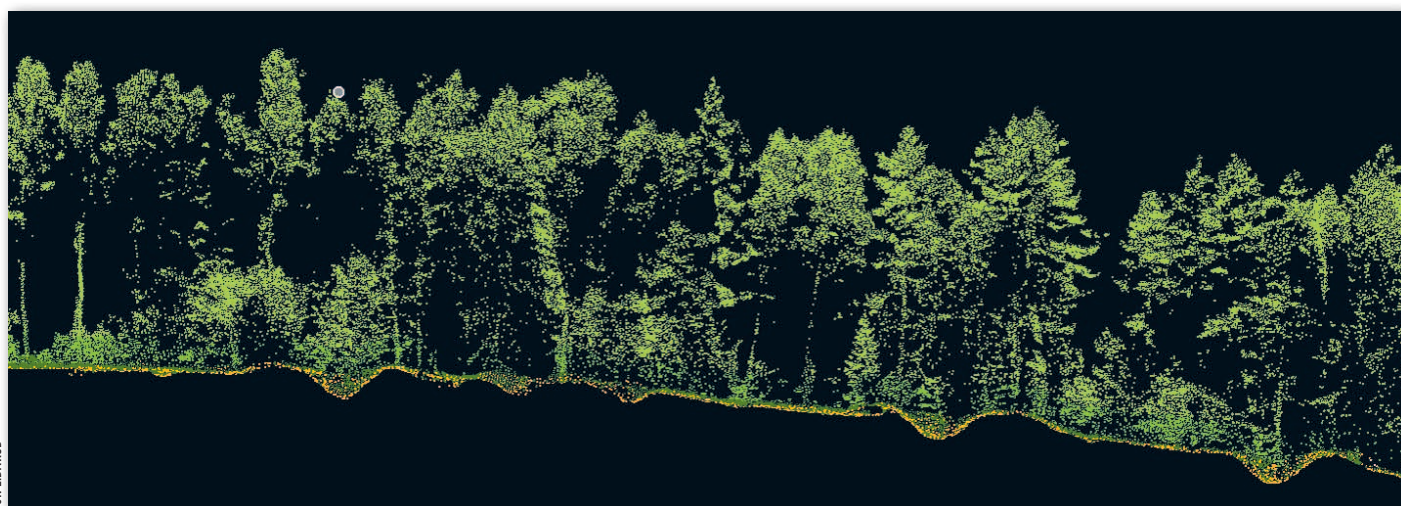
Fot. LIDAR3D

Planowanie misji pomiarowych

niem i wdrożeniem zestawu do realnej produkcji. Wiąże się to z koniecznością bardzo dokładnego poznania samej konstrukcji BSP, w tym materiałów i podzespołów, z jakich jest zbudowany. Trzeba zdawać sobie sprawę z ograniczeń platformy i ich wpływu na każdą fazę lotu, a w efekcie na końcową dokładność uzyskanej chmury.

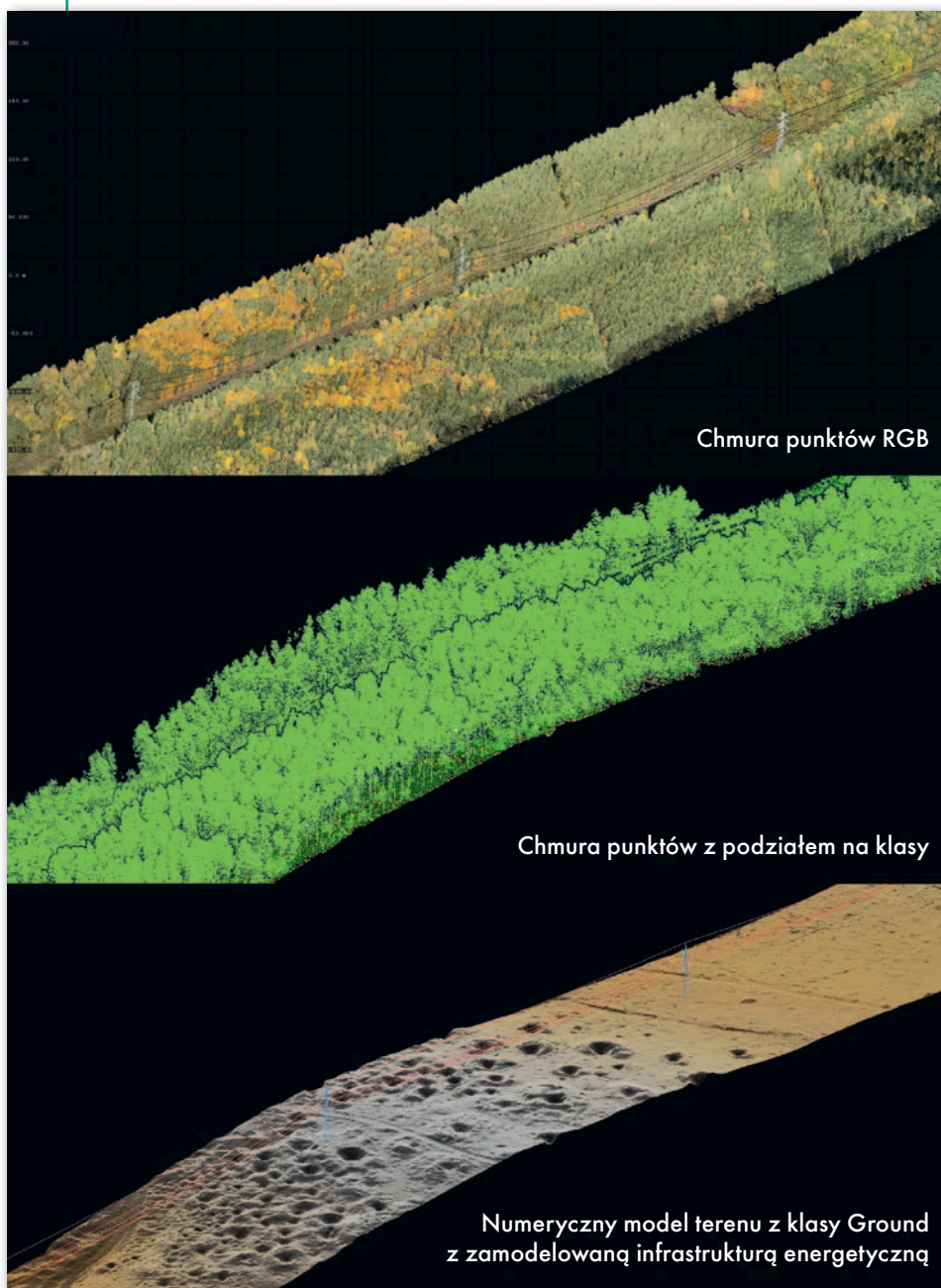
Kolejna rzecz do wdrożenia to procedury bezpieczeństwa. 25-kilogramowy dron o rozpiętości ponad 2 metrów wyposażony w 8 silników wirnikowych determinuje odmienne niż powszechnie znane podejście do wykonywania lotów nad terenami zabudowanymi czy planowania misji w trudnych warunkach atmosferycznych. Dużym wyzwaniem jest wykształcenie właściwych reakcji

w sytuacjach zagrożenia. Operator drona lekkiego (takiego jak znane konstrukcje DJI lub płatowce do lotów fotogrametrycznych) skupia się przede wszystkim na prawidłowym działaniu oprogramowania nadzorującego proces pozyskiwania zdjęć, a lot wykonywany jest automatycznie. Zdaje on sobie bowiem sprawę z tego, że skutki upadku lub kolizji drona z innym obiektem nie spowodują wielkich szkód. W naszym przypadku jest inaczej. Niemal cała uwaga skupiona jest na bezpiecznym wykonaniu wszystkich faz lotu i obserwacji przestrzeni wokół BSP. Ingerencje operatora w trakcie wykonywania misji są niezbędne, aby lot zakończył się powodzeniem. Trzeba mieć perfekcyjnie opanowane procedury postępowania w razie wystąpienia każ-



Fot. LIDAR3D

Przekrój przez sklasyfikowaną chmurę – na pomarańczowo oznaczono punkty reprezentujące klasę Ground (grunt)



Chmura punktów RGB

Chmura punktów z podziałem na klasy

Numeryczny model terenu z klasy Ground z zamodelowaną infrastrukturą energetyczną

Fot. LIDAR3D

Przewaga skanera laserowego nad metodami fotogrametrycznymi: wysokorozdzielczy NMT uzyskany pomimo bujnej roślinności – widoczne leje po bombardowaniach z okresu II wojny światowej

dej z kilkunastu przewidzianych przez producenta sytuacji awaryjnych, które w przypadku prototypów zdarzają się nader często.

• Rynek

Zestaw skanujący zamontowany na dronie to specyficzny duet dobrze wypełniający rynkową niszę, jaka powstała po szybkim (szczególnie w naszym kraju) rozwoju segmentu skanerów dalekiego zasięgu montowanych na samolotach. Krótko mówiąc: gdzie platforma załogowa nie może (lub jej mobilizacja jest nieopłacalna), tam polecie dron. „Standarowe” prace zlecane firmom ze skanerami laserowymi to skanowanie linii napowietrz-

nych i wałów przeciwpowodziowych czy pomiary zerowe dużych inwestycji przed rozpoczęciem prac budowlanych. Obraz rynku oraz zapotrzebowanie na użycie platformy bezzałogowej najlepiej pokazują wybrane przykłady naszych zleceń z ostatniego roku:

1. Budowa rurociągu paliwowego – wykonanie pomiarów geodezyjnych do budowy numerycznego modelu terenu (NMT) oraz inwentaryzacji linii napowietrznych w pasie o szerokości 200 m na odcinku 40 km. Największym problemem był krótki czas realizacji oraz teren – trudny z perspektywy pomiarów klasycznych. Ponad 80% obszaru stanowiły lasy o zróżnicowanej strukturze

drzew, co w wielu przypadkach wykluczało pomiary tachymetryczne i niemal całkowicie – pomiary GNSS. Dodatkowo powierzchnia była mocno pofalowana, a miejscami usiana lejami po bombach z okresu II wojny światowej. Klient w terminie 14 dni otrzymał sklasyfikowaną chmurę punktów o gęstości 300 pkt/m kw., wysokorozdzielczy NMT gotowy do wykorzystania przy projektowaniu niwelety rurociągu oraz model 3D linii napowietrznych i wież.

2. Budowa zbiornika dużego zakładu przemysłowo-wydobywczego – comiesięczny pomiar stanu zaawansowania robót ziemnych i objętości zgromadzonych materiałów sypkich na obszarze 750 hektarów. Główną trudnością dla pomiarów klasycznych był ogromny i mocno zróżnicowany teren, którego rzeźba zmieniała się z dnia na dzień. Wstrzymanie pracy maszyn budowlanych nie wchodziło w grę ze względu na koszty, dlatego potrzebna była metoda pomiaru zdolna uchwycić stan prac w konkretnym dniu, bez konieczności przerywania działania zakładu.

3. Modernizacja linii kolejowej oraz obiektów inżynierskich na odcinku 60 km – prace inwentaryzacyjne niezbędne do zmiany generalnego wykonawcy prac budowlanych. Nowa firma potrzebowała kompleksowej informacji na temat: stanu zaawansowania prac do wyceny robót pozostałych do wykonania, ilości materiałów na budowie (sypkich oraz innych), a także ogólnej oceny sytuacji i organizacji terenu budowy. Wyzwanie: krótki termin (20 dni), złożoność i skomplikowany sposób obmiarowania prac, ciągła koordynacja lotów z wieżą kontroli pobliskiej bazy lotniczej.

4. Budowa nowej drogi startowej lotniska cywilnego – NMT do projektu niwelety. Wyzwanie: szybkie pozyskanie wysokorozdzielczego NMT na obszarze 500 hektarów pokrytym niską i średnią roślinnością, co wykluczało fotogrametrię. Model był potrzebny do zaprojektowania umiejscowienia progów nowej drogi startowej, oceny możliwości instalacji systemów precyzyjnego podejścia ILS oraz optymalizacji bilansu robót ziemnych.

5. Budowa odcinka autostrady A1 – prace inwentaryzacyjne niezbędne do zmiany generalnego wykonawcy prac budowlanych. Potencjalnie zainteresowana firma chciała poznać dokładny zakres robót pozostałych do zakończenia projektu oraz uzyskać ogólną wizję terenu budowy. Inwentaryzacja była niezbędna do oceny ryzyka przed wzięciem udziału w postępowaniu przetargowym, a w późniejszym etapie – przydatna jako pomiar

zerowy będący bazą do prowadzenia robót budowlanych.

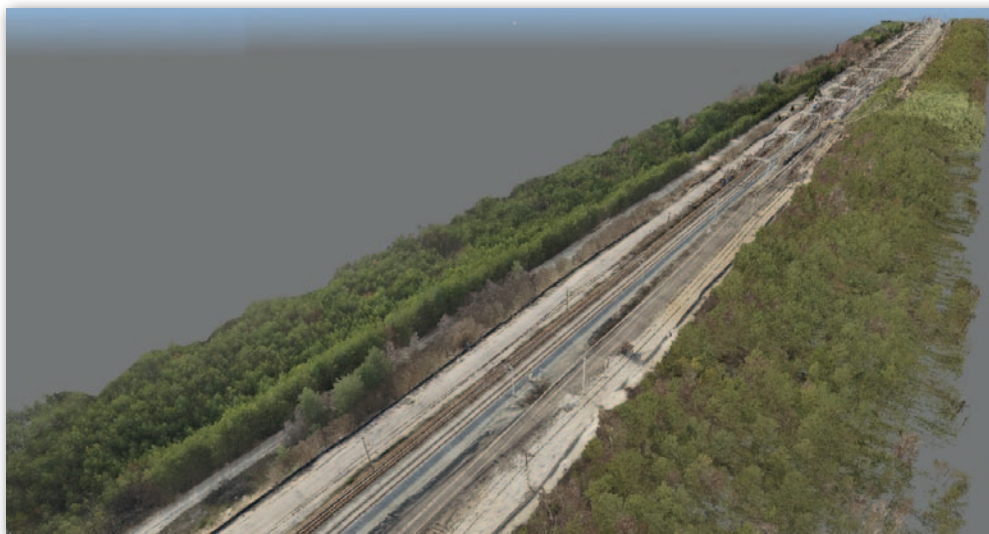
6. Badania archeologiczne mające potwierdzić występowanie osad z dawnych epok – skanowanie dużego obszaru lasów we wschodniej Polsce. Nasz produkt końcowy to wysokorozdzielczy NMT powstały po odfiltrowaniu gęstej i wielowarstwowej roślinności, który przy odpowiednim doborze cieniowania pozwolił na szczegółowe analizy struktur charakterystycznych dla osadnictwa z badanego okresu.

• Droga do produktu końcowego

Pozyskanie danych w trakcie nalotu skanującego jest jedynie składową częścią procesu wytworzenia produktu końcowego. Zdecydowanie bardziej czasochłonny i skomplikowany jest etap opracowania, filtracji, a w końcowej fazie – prezentacji i eksportu zebranych ogromnych ilości danych.

Dzięki współpracy z krakowskimi uczelniami (przede wszystkim Akademią Górniczo-Hutniczą) udało nam się wytworzyć algorytmy i gotowe rozwiązania przeznaczone dla konkretnych zastosowań uwzględniające znaczne zróżnicowanie naszych zleceń. Inaczej bowiem wygląda proces opracowania i filtracji danych ze skanowania dla linii wysokiego napięcia, gdzie w efekcie oprócz samej czystej chmury punktów z podziałem na kilkadziesiąt warstw tematycznych tworzymy kompletną bazę danych informacji o sieci, a inaczej – dla odcinka drogowego budowanej autostrady z niezbędnym przygotowaniem modeli, przekrojów i bilansów materiałów.

Już sam podstawowy etap filtracji roślinności niezbędny do uzyskania właściwego NMT wymaga posiadania zestawów filtrów używanych w zależności m.in. od rodzaju roślinności i miejsca jej występowania. Na rynku nie ma takich gotowych rozwiązań działających skutecznie i automatycznie, dlatego niezbędne jest przygotowanie własnych mechanizmów dostosowanych do posiadanego rodzaju skanera, jego ustawień w konkretnym zleceniu i specyfiki zadania. Na etapie opracowania danych wynikowych korzystamy z wiedzy nie tylko kilkunastu inżynierów geodetów, lecz przede wszystkim informatyków, bez których nie byłoby w stanie sprostać wymaganiom klientów. Mnogość formatów oraz spora konkurencja między platformami software'owymi do analizy danych ze skanowania sprawiają, że jako dostawcy produktu końcowego dla projektantów, geodetów, budowlanców, specjalistów BIM czy architektów musimy dobrze orientować się w aplikacjach wy-



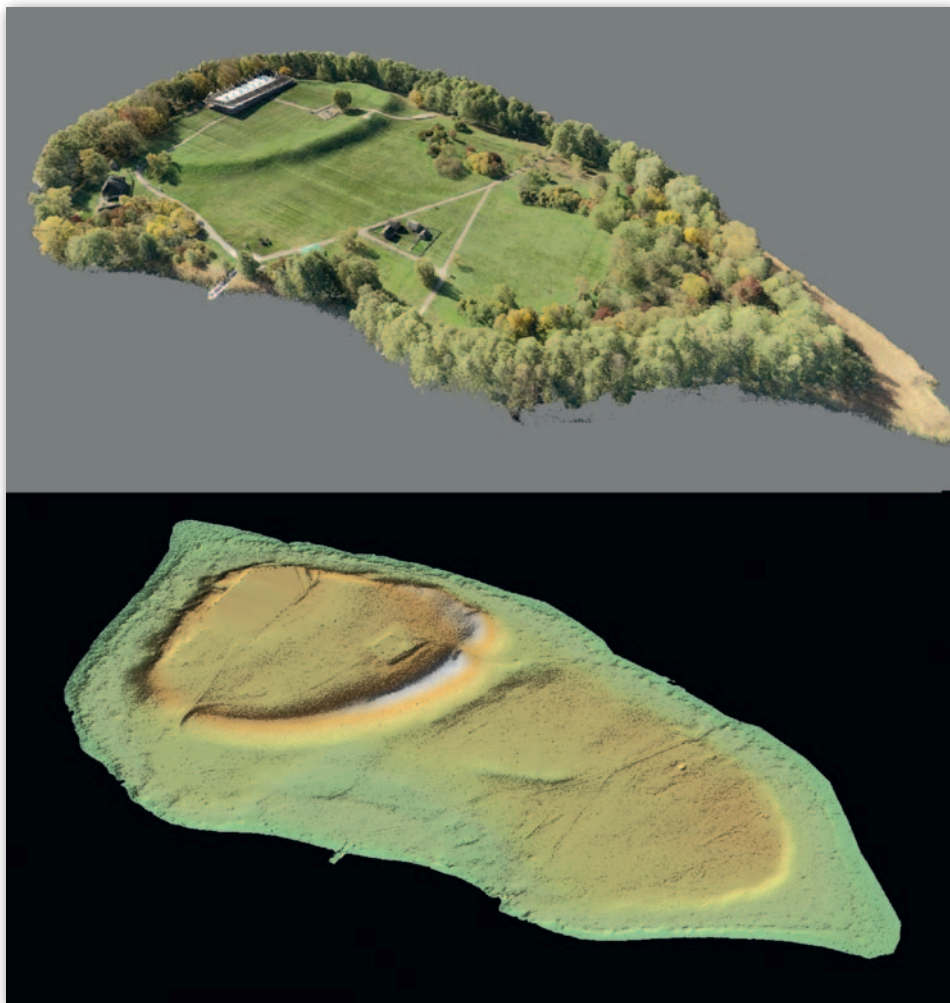
Fot. LIDAR3D

Linia kolejowa w budowie

korzystywanym przez te branże. Zmusza nas to do ciągłego rozwoju i kształcenia naszej kadry informatycznej i wiąże się z ponoszeniem kolejnych wydatków na zakup bardzo zróżnicowanego oprogramowania.

Klient najczęściej wymaga zarówno gotowych wyników (w postaci np. wskazań odchyłek oraz analiz NMT),

jak i wsparcia przy samodzielnej obróbce i dalszej pracy na trudnym – bo obszernym – zestawie danych. Bardzo często barierą jest to, że nie ma on odpowiedniego oprogramowania, dzięki któremu mógłby w pełni korzystać z zalet opracowań ze skanerów laserowych. Ta sytuacja powoli się jednak poprawia wraz z tym, jak w dużych firmach powstają



Fot. LIDAR3D

Zastosowanie skanera laserowego w archeologii – Ostrów Lednicki

oddzielne jednostki wykonujące opracowania BIM, dla których chmury punktów są bazą niemal w każdym projekcie.

• Wyzwania

Największą barierą dla rozwoju segmentu pomiarów geodezyjnych ULS jest – naszym zdaniem – brak znajomości samej technologii i związane z tym wątpliwości klientów co do walorów użytkowych i przewagi nad tradycyjnymi pomiarami. Nasz produkt jest często wprost zestawiany z opracowaniami fotogrametrycznymi (tj. z dopasowania zdjęć), co jest pełnym nieporozumieniem. Opracowania fotogrametryczne mają tę zaletę, że w dobie rozwoju małych platform BSP są stosunkowo łatwe do pozyskania i nie wymagają aż tak dużej wiedzy w ich późniejszym wykorzystaniu. Ale mają też swoje wady, do których niewątpliwie należy ich całkowita nieprzydatność w terenach, na których występuje roślinność, a także ograniczone zastosowanie w analizach przestrzennych na geodezyjnym poziomie dokładności. Wymienione wady systemów fotogrametrycznych nie dotyczą technologii LiDAR, która dodatkowo – dzięki analizie odbicia sygnału lasera – daje szerokie możliwości interpretacji i klasyfikacji obiektów na skanie. W praktyce oznacza to bardzo precyzyjne wydzielenie z danych przestrzennych punktów stanowiących grunt, roślinność, budynki czy elementy infrastruktury.

Często na etapie rozmów z potencjalnym klientem konieczne jest wyłuszczenie różnic pomiędzy opracowaniami

LiDAR a fotogrametrycznymi. Za każdym razem podkreślamy wówczas, że te dwie metody nie konkurują ze sobą, tylko wzajemnie się uzupełniają i pozwalają na ogromne usprawnienie procesu pozyskiwania danych przestrzennych.

• Przyszłość

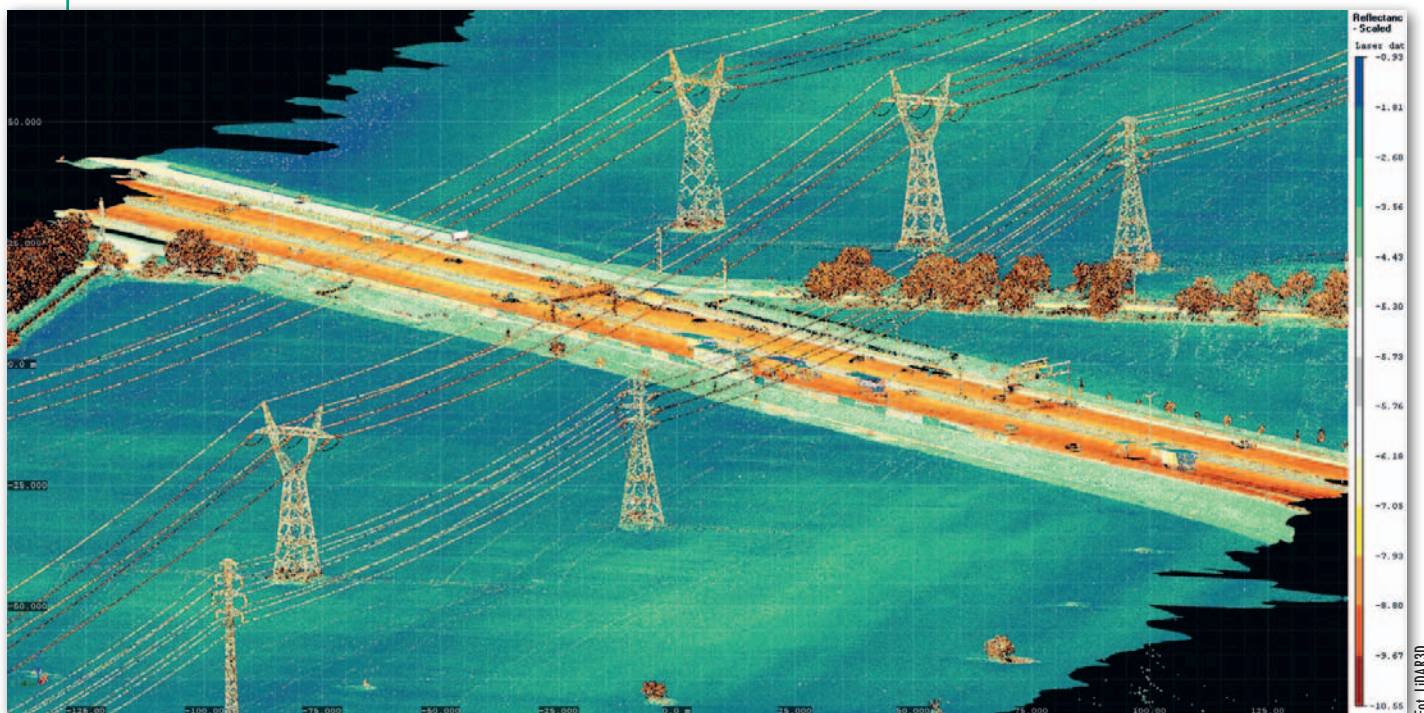
Mimo wszystkich opisanych trudności uważamy, że w przyszłości technologia skanowania laserowego stanie się jedną z głównych metod pomiarowych. Są dwa powody, które pozwalają tak sądzić. Pierwszy to rzut oka na rynek tych usług na świecie: w zachodniej Europie, Skandynawii, a także w Stanach Zjednoczonych, nie wspominając już o Chinach, skanowanie laserowe jest powszechne i pożądane w procesach inwestycyjnych. W trakcie ubiegłorocznej edycji targów geodezyjnych Intergeo większość stoisk wystawowych związana była właśnie z technologią LiDAR – bezpośrednio (głowice skanujące i platformy pomiarowe) lub pośrednio (oprogramowanie do pracy na chmurach punktów i obiektach 3D).

Drugi (i chyba ważniejszy) powód to reakcje, które docierają do nas od klientów. Większość z nich opracowania geodezyjne do projektowania kojarzyła z mocno uproszczoną formą siatki punktów i linii, których położenie i niska gęstość wynikały z ograniczeń technologii pomiaru (pomiaru klasyczne w terenach leśnych, zakrzewionych, w pobliżu nieuregulowanych brzegów rzek) lub jego ekonomiki (duże obszary przemysłowe, długie odcinki inwestycji liniowych typu drogi szybkiego ruchu, gazociągi, linie

energetyczne itp.). W takich sytuacjach częstym problemem był brak możliwości analizy danych przestrzennych w miejscach istotnych dla opracowań projektowych. Przykładem może być sprawdzenie prześwitów pomiędzy gruntem a liniami energetycznymi lub wysokości konkretnych obiektów nad terenem czy wygenerowanie przekroju terenu w dowolnym miejscu opracowania. Kolorowa, sklasyfikowana i przede wszystkim gęsta chmura punktów pozwala na dowolne analizy 3D i – co ważne – niemal całkowicie eliminuje kosztowne dla zamawiającego zlecenie kolejnych domiarów szczegółów terenowych istotnych dla projektu czy też wizje lokalne zespołów projektowych w terenie.

Najlepszą recenzją technologii LiDAR i jednocześnie puentą niech będą słowa właściciela wiodącej firmy geodezyjnej, która wykonywała mapę do celów projektowych i NMT dla 40-kilometrowego odcinka gazociągu. Po analizie materiałów otrzymanych ze skanowania laserowego, a przede wszystkim po reakcjach firmy projektowej stwierdził on wprost, że następne tego typu opracowania będzie realizował wyłącznie z wykorzystaniem LiDAR. Dodał, że jakość i kompletność danych, które oferuje ta technologia, są nie do osiągnięcia tradycyjnymi technikami pomiarowymi, a czas zaoszczędzony na mozolnych i trudnych pomiarach terenowych woli wykorzystać na szkolenia i wdrażanie swoich zespołów do pracy na chmurach punktów.

Dariusz Fryc, Grzegorz Kuśmierz
LiDAR3D – Geodimex S.A.
www.lidar3d.pl



Linie energetyczne w kompozycji Reflectance