

NIEZBĘDNIK MIESIĘCZNIKA **GEODETA**

SKANOWANIE LASEROWE

127
SKANERÓW 3D

61
APLIKACJI

CZERWIEC 2021

DJI Matrice 300 RTK & Zenmuse L1

Zestaw do pozyskiwania chmury punktów i danych 3D



dji
TERRA
GRATIS

Trimble
Catalyst
GRATIS

SZKOLENIE
GRATIS

Zobacz więcej

Prenumerata tradycyjna GEODETY (geoforum.pl)

- Roczna z dostępem do internetowego Archiwum GEODETY – 440,64 zł, w tym 8% VAT.
 - Roczna studencka/uczniowska z dostępem do internetowego Archiwum GEODETY – 298,08 zł, w tym 8% VAT.
 - Pojedyncze wydanie – 36,72 zł, w tym 8% VAT.
- Najwygodniej złożyć zamówienie, korzystając z formularza w zakładce Prenumerata na portalu Geoforum.pl. Realizujemy również zamówienia składane:
- mailowo: prenumerata@geoforum.pl
 - telefonicznie: tel. (22) 646 87 44, (22) 849 41 63 (w godzinach 7.00-13.30)
 - listownie: Geodeta Sp. z o.o., ul. Narbutta 40/20, 02-541 Warszawa.
- W każdym przypadku prenumerata obejmuje koszty wysyłki. Egzemplarze archiwalne można zamawiać do wyczerpania na kładu. Warunkiem realizacji zamówienia jest otrzymanie przez redakcję potwierdzenia z banku o dokonaniu wpłaty na konto: 04 1240 5989 1111 0000 4765 7759.

Prenumerata GEODETY cyfrowego (egeodeta24.pl)

- Roczna – 272,18 zł, w tym 8% VAT.
 - Półroczna – 145,81 zł, w tym 8% VAT.
 - Kwartalna – 77,76 zł, w tym 8% VAT.
 - Pojedyncze wydanie – 27,54 zł, w tym 8% VAT.
- Serwis egeodeta24.pl działa 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu. Użytkownik zakłada w serwisie konto, gdzie składa zamówienia, dokonuje płatności elektronicznych, odbiera zakupione wydania. Zamawiać można prenumeratę oraz pojedyncze wydania. Zakupione wydania są dostępne zaraz po dokonaniu płatności elektronicznej. Faktury VAT przesyłamy drogą elektroniczną na podany mail.
- Jeśli użytkownik nie chce skorzysta z płatności elektronicznej, może wybrać wystawienie faktury proforma i opłacenie jej przelewem bankowym. O kolejnych zmianach statusu zamówienia, w tym o nowych opublikowanych wydaniach, użytkownik jest na bieżąco informowany drogą mailową.
- Istnieje możliwość zamówienia tylko wybranych wydań zawierających określone treści. Pomaga w tym wyszukiwarka uwzględniająca autorów, tytuły oraz słowa kluczowe.

Miesięcznik geoinformacyjny GEODETA

Wydawca: Geodeta Sp. z o.o.

Redakcja: 02-541 Warszawa, ul. Narbutta 40/20
tel./faks (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, Jerzy Królikowski, Damian Czekaj, Bogdan Grzechnik. Opracowanie graficzne: Andrzej Rosolek.

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)

W NUMERZE

FIRMA

Z prędkością światła..... 4
Najnowszy sprzęt, software oraz szybkie łącza internetowe w skanowaniu laserowym w działalności poznańskiej firmy Kadex

PROJEKT

Obrazowanie historii..... 6
Firma PKIG dzieli się doświadczeniami w zakresie HBIM – Heritage Building Information Modeling

Przekroje i analizy hipsometryczne..... 8
O skanowaniu nowej siedziby Muzeum Józefa Piłsudskiego w Sulejówku pod Warszawą przez firmę Glob K&Z

Pięknie i precyzyjnie..... 10
Geodezyjna inwentaryzacja Zamku Czocha na Dolnym Śląsku

Kieleckie „UFO” odzyskało blask..... 18
Skaning laserowy zabytkowego dworca autobusowego w Kielcach

Model gęsty od rzeźb i sztukaterii..... 24
Trójwymiarowa digitalizacja XVII-wiecznej kaplicy rodziny Boimów we Lwowie w wykonaniu firmy 3Deling

TECHNOLOGIE

Prototyp nie pozwala na rutynę..... 14
Wykorzystanie bezzałogowej platformy skanującej w firmie LiDAR3D (grupa Geodimex)

Co potrafi lidar dla mas?..... 20
iPad Pro to pierwszy produkt konsumencki z wbudowanym skanerem laserowym. Sprawdzamy jego możliwości pomiarowe

Skaner vs kamera..... 27
Przegląd publikacji porównujących chmury punktów ze skanowania laserowego i dopasowania zdjęć

SPRZĘT

Więcej niż skanowanie..... 32
TPI o wykorzystaniu danych z instrumentu Topcon GTL-1000 w praktyce

Skanowanie z drona..... 36
YellowScan Mapper – skaner dla bezzałogowców w ofercie Geoline

Laserem z drona..... 38
Krakowska firma ProGea Sky pokazuje, jak kompaktowe systemy ULS rewolucjonizują rynek pomiarów

ZESTAWIENIE

Poczwórny renesans..... 42
Redakcyjny przegląd trendów technologicznych na rynku lidarów
Zestawienie skanerów naziemnych..... 44
Zestawienie skanerów optycznych..... 58
Zestawienie skanerów mobilnych..... 60
Zestawienie skanerów lotniczych..... 68
Zestawienie oprogramowania do obróbki chmur punktów..... 76

Fot. na okładce: Chmura punktów ULS pozyskana przy użyciu systemu skanowania laserowego Geosun GS-260P przez firmę ProGea SKY

Najnowszy sprzęt, software oraz szybkie łącza internetowe w skanowaniu laserowym

Z prędkością światła

W firmie Kadex skanowanie laserowe wykorzystujemy już od niemal dziesięciu lat. W tym czasie skróceniu uległy zarówno czas przetwarzania chmur punktów (czy szerzej – całego procesu skanowania), jak i terminy realizacji zleceń. Wszystko to dzięki rozwojowi technologii.

Pandemia, która wiele gąłęzi gospodarki wywróciła do góry nogami, spowodowała też wzrost liczby zleceń na skanowanie i opracowanie danych, szczególnie w odległych miejscach. Z tego powodu bardziej niż na samej technologii skanowania laserowego, już dobrze opanowanej, musieliśmy skupić się na technikach przesyłu danych i opracowania wyników. Aktualna moc obli-

zeniowa komputerów oraz rozwój oprogramowania do przetwarzania danych pochodzących ze skanowania laserowego znacząco przyspieszyły proces generowania chmur punktów. Również rozwój infrastruktury internetowej ma istotny wpływ na skrócenie czasu realizacji prac. Coraz częściej stosowana technologia światłowodowa pozwala w ciągu kilku minut przesłać duże ilości danych z terenu

do siedziby firmy lub na dedykowany serwer. Jak wykorzystujemy te możliwości, pokazemy na przykładzie kilku naszych najnowszych zleceń.

• Fabryka na Tajwanie

Bez bardzo dobrej komunikacji i szybkich łącz internetowych z pewnością nie udałooby nam się tak sprawnie wykonać skanowania laserowego i stworzyć modelu 3D części dużej fabry-

ki na Tajwanie. Sukcesywne przesyłanie danych z terenu oraz równoległa praca zespołu kameralnego w Polsce sprawiły, że klient otrzymał chmurę punktów, zanim zespół pomiarowy wrócił z delegacji. Tak szybkie przetwarzanie danych pozwoliło na zweryfikowanie części chmury jeszcze na miejscu. Również model wykonaliśmy w ekspresowym tempie z zachowaniem odpowied-



2. Skanowanie kompleksu przemysłowego w Taranto we Włoszech

niej dokładności oraz standardów. Efekty naszej pracy przedstawia rysunek 1. Warto podkreślić, że klient był zachwycony szybkością i jakością naszej pracy, dzięki czemu nie skończyło się na tym jednym zleceniu.

• Kompleks przemysłowy we Włoszech

Kolejne wyzwanie to skanowanie 3D kompleksu przemysłowego we włoskim Taranto. Podjęliśmy się pozyskania i przetworzenia chmury punktów w ciągu 14 dni roboczych. W tym przypadku kluczowa okazała się organizacja komunikacji z biurem na drugim końcu Europy oraz pracy na urządzeniach mobilnych w miejscu skanowania. Nadal bowiem zdarzają się obszary, gdzie dostęp do sieci jest utrudniony. Właśnie wtedy „na scenę wkraczają” urządzenia mobilne, takie jak laptopy, dzięki którym możliwe jest przetworzenie danych na miejscu.

Jeszcze kilka lat temu komputery mobilne nie dawały

sobie rady z dużą ilością danych, ale obecnie są już w stanie w rozsądnym czasie, czyli około 5-6 godzin, złożyć sporą liczbę skanów. Pozwala to, poza przygotowaniem danych do dalszej obróbki, mieć podgląd na efekty pracy, a co za tym idzie – podejmować szybko decyzję o domierzeniu miejsc, które nie odwzorowały się na chmurze punktów. Gotową chmurę przesłaliśmy

dzień po powrocie do Polski, a model 3D – na dzień przed końcem terminu.

• Most we Wronkach

W tym przypadku nie działaliśmy pod presją czasu, a wyzwaniem było przetworzenie dużej ilości danych. Zlecenie dotyczyło skanowania mostu kolejowego w trakcie przebudowy linii kolejowej we Wronkach

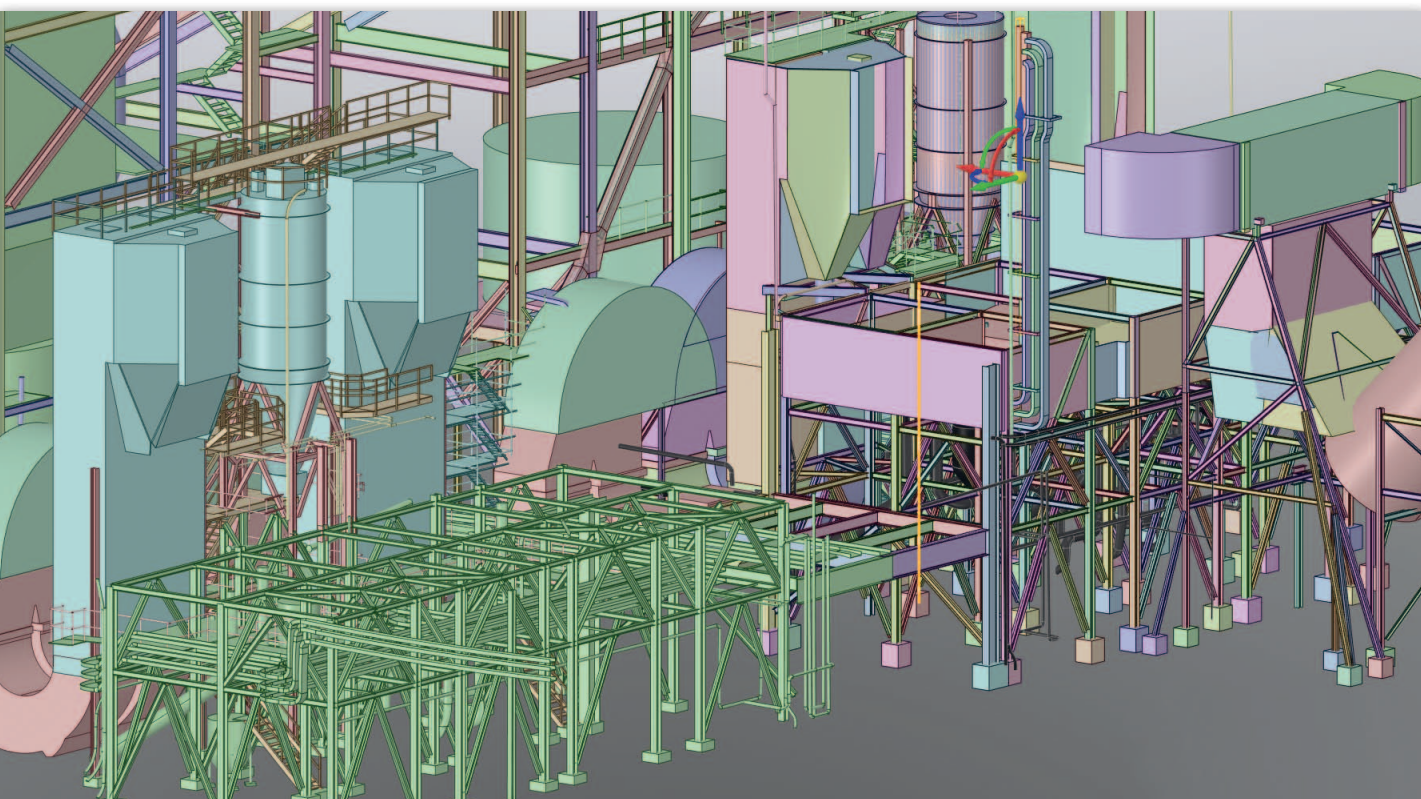
pod Poznaniem. Wyniki naszej pracy miały posłużyć do weryfikacji dystansu do połączenia prześle. Elementy mostu były prefabrykowane i nie było tu miejsca na pomyłkę.

Pomiar „od spodu” nie był możliwy. Stanowiska skanera znajdowały się więc w pewnej odległości od obiektu, przez co na skanach odwzorowało się sporo zbędnych elementów. Jeszcze kilka lat temu przetworzenie tych danych stanowiłoby nie lada kłopot. Przy obecnych mocach obliczeniowych daliśmy radę. Po odpowiednim oczyszczeniu na chmurze punktów można już było wykonywać pomiary, które pomogły w idealnym dopasowaniu konstrukcji mostu.

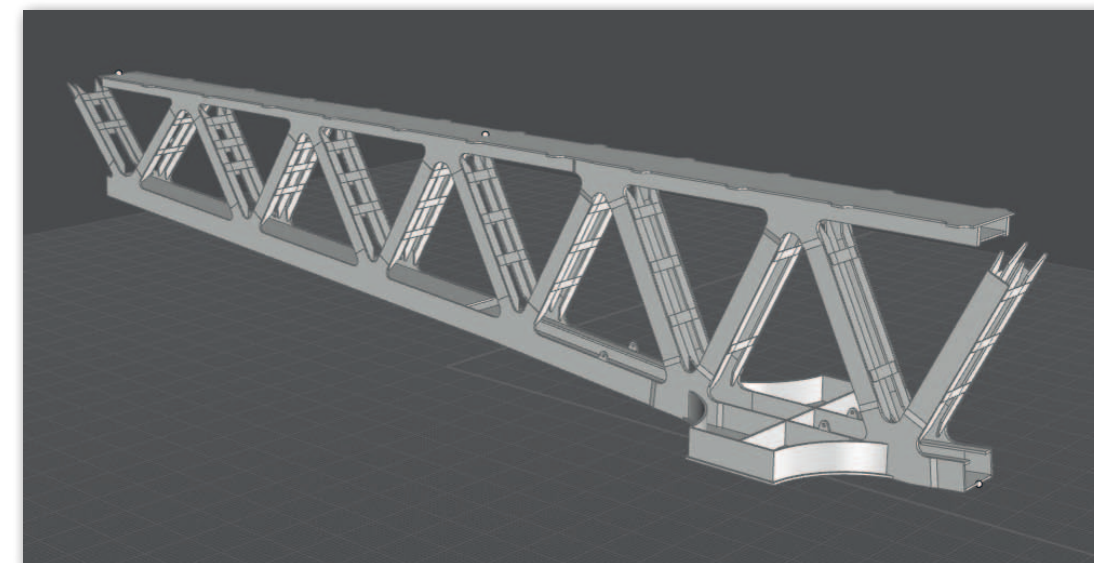
• Czas to pieniądź

Dzisiaj kluczowe znaczenie ma szybkie zarządzanie informacją i efektywna organizacja pracy z olbrzymią ilością danych. A czymże jest chmura punktów jak nie informacją? Aby być konkurencyjnym na rynku skanowania laserowego i móc z powodzeniem realizować zlecenia poza granicami naszego kraju, nie można zapominać o tych aspektach. Na szczęście najnowsze technologie komputerowe oraz rozwiązania do pracy w chmurze wychodzą naprzeciw tym potrzebom.

Adam Zieliński
Kadex Inżynieria Sp. z o.o.



1. Model 3D dużej fabryki na Tajwanie utworzony na podstawie chmury punktów



3. Model 3D stworzony do szczegółowych pomiarów przy montażu mostu we Wronkach

Skanowanie laserowe w HBIM – Heritage Building Information Modeling

Obrazowanie historii

Na potrzeby inwestycji realizowanych z wykorzystaniem metodologii BIM wykonaliśmy już w firmie PKIG dziesiątki modeli 3D obiektów. Sporo było wśród nich zabytków.

H BIM to jeden z wariantów BIM odnoszący się do budynków i budowli historycznych. Pierwsze wzmianki o nim pojawiły się już w 2009 r. w artykule profesora Murphy'ego z Dublin Institute of Technology. HBIM bazuje na historycznych danych architektonicznych i aktualnych danych z pomiarów (np. ze skaningu laserowego 3D, fotogrametrii cyfrowej), ale nie tylko.

BIM integruje specjalistów z wielu branż i pozwala im pracować na jednym wspólnym modelu. W przypadku HBIM jest podobnie. Inwentaryzacja historycznych i zabytkowych obiektów wymaga wiedzy i umiejętności specjalistów z zakresu historii architektury, konstrukcji budynków czy konserwacji zabytków. Każdy z nich może wprowadzić do modelu in-

formację, co czyni inwentaryzację spójną i kompletną.

• Integracja danych

Jeszcze do niedawna inwentaryzacja obiektów była czasochłonna i pracochłonna, co pociągało za sobą znaczne koszty. Na szczęście rozwój technologii przyniósł częściową automatyzację gromadzenia danych oraz ich przetwarzania. Pomiarzy zdominował skaningu laserowy dostarczający nawet milion obserwacji na sekundę z milimetrową dokładnością. Finalny produkt – chmura punktów – przedstawia nie tylko geometrię obiektu, ale zawiera także informację o intensywności odbicia czy wartości RGB (to ostatnie w przypadku skanerów wykonujących również zdjęcia).

Standardem stało się wspomaganie urządzeń naziemnych przez drony wykonujące

misje fotogrametryczne – coraz prostsze w obsłudze i zyskujące nowe funkcje. Prace ułatwia też szeroki wachlarz oprogramowania wspierającego wszystkie procesy związane z fotogrametrią z pałapu bezzałogowców.

• Podstawy model

Modelowanie historycznych budynków jest zwykle dużym wyzwaniem, i to mimo rozwoju narzędzi informatycznych. Skomplikowane kształty i złożona geometria wymagają od osoby wykonującej inwentaryzację podjęcia szeregu decyzji określających dokładność modelowania – dostosowania poziomu szczegółowości (LoD – *level of detail*) i poziomu nasycenia informacjami (LoI – *level of information*). Dodatkowe utrudnienie to konieczność interpretacji obiektów czy elementów, których formy uległy zniekształceniu na skutek działania warunków atmosferycznych czy uszkodzeń mechanicznych. Naturalnie wraz ze wzrostem dokładności wzrasta czas i wysiłek, jaki należy włożyć w stworzenie satysfakcjonującego opracowania. Dokładna i szczegółowa reprezentacja elementów modelu skutkuje też zwiększeniem rozmiarów plików, co może stanowić wyzwanie nawet dla mocnych stacji komputerowych.

• Gdański zespół

W połowie 2019 r. nasza firma PKIG wykonała inwentaryzację 3D położonego na Starym Mieście w Gdańsku zespołu budynków o łącznej powierzchni 25 tys. m kw. (5 kondygnacji nadziemnych i 1 podziemna). Stworzony model stał się podstawą do zastosowania metodologii

•spójność danych (każdy zainwentaryzowany element ma swoje miejsce w przestrzeni),

•nasycenie składowych elementów opracowania informacją – obiekty poza reprezentacją graficzną mogą nieść za sobą inne wartości,

•przedstawienie w sposób bardzo plastyczny, jednoznaczny i powtarzalny nawet skomplikowanych form,

•możliwość automatycznego wygenerowania opracowania w formie 2D wg dowolnych wytycznych.

Ponadto finalny efekt modelowania może zostać wykorzystany do celów edukacyjnych (wirtualne muzea) czy marketingowych (promocja danego obszaru czy obiektu). Ale wybór inwentaryzacji w technologii HBIM nie zawsze jest konieczny i opłacalny. Z doświadczenia wiemy, że do każdego zlecenia należy podchodzić indywidualnie. Warto jednak kierować się założeniem, że początkowy trud włożony w przygotowanie dobrego modelu obniży w przyszłości koszty kolejnych opracowań oraz zoptymalizuje czas pracy.

• Dla kogo HBIM?

Techniczne zalety HBIM są tożsame z tymi, które oferuje BIM. Należą do nich:



Model 3D zespołu budynków na Starym Mieście w Gdańsku

HBIM. Prace w terenie zajęły dwóm 2-osobowemu zespołowi 2 tygodnie. W tym czasie wykonaliśmy skanowanie laserowe instrumentami marki Leica: P20 oraz RTC360. Do połączenia chmur punktów wykorzystaliśmy tarcze pomiarzone wcześniej tachimetrami Leica TS09. Dodatkowo przeprowadziliśmy nalo fotogrametryczny dronem Phantom 4 Advanced.

Chmury punktów oczywiście, połączyliśmy oraz zunifikowaliśmy w oprogramowaniu Leica Cyclone. Dokładność połączonej chmury wyniosła 1 cm, a dokładność modelowania – 3 cm. Następnie 5-osobowy zespół blisko miesiąc pracował nad stworzeniem modelu 3D w aplikacji Autodesk Revit. Poziomą szczegółowość dopasowaliśmy do standardu LoD 300. Chmurę punktów oraz model przekazaliśmy zleceniodawcy w dwóch układach:

lokalnym (ustawionym ortogonalnie na najdłuższą ścianę, zgodnym z dokumentacją archiwalną) oraz PUWG 2000/6.

• Żyjący model

Zgodnie z metodyką BIM raz zbudowany model budynku powinien być wykorzystywany do codziennego zarządzania i stanowić podstawę dalszych działań. Często jednak służy tylko za pokład do wykonania kon-

kretnego zadania/projektu, a po realizacji prac o materiale już się zapomina. W przypadku opracowań dla budynków historycznych na drodze stają dodatkowo urzędy ochrony zabytków, gdzie modele nie stanowią jeszcze formy inwentaryzacji. Jeśli w pierwszej kolejności trzeba przygotować dokumentację spełniającą oczekiwania konserwatora, na model 3D może już po prostu zabraknąć funduszy.

Mimo to BIM coraz śmielej wkracza do procesu budowlanego w Polsce. Biorąc pod uwagę specyfikę obiektów, do powstawania których jest stosowany, widać przewagę nowego budownictwa. Jednak w gęstej zabudowie realizacja inwestycji często wiąże się też z rewitalizacją obszarów historycznych. Wtedy HBIM miesza się z typowym BIM, a zabytek zyskuje nowe życie.

Łukasz Krześniak
PKIG Sp. z o.o.



Ortofotoplan fragmentu elewacji gdańskiej kamienicy



Dokumentacja 2D kompleksu w Gdańsku

Skanowanie nowej siedziby Muzeum Józefa Piłsudskiego w Sulejówku pod Warszawą

Przekroje i analizy hipsometryczne

Glob K&Z to firma geodezyjna na co dzień wykonująca obsługę inwestycji oraz inwentaryzacje architektoniczne. Do tej pory zdecydowana większość naszych projektów w zakresie inwentaryzacji z wykorzystaniem skanerów laserowych dotyczyła obiektów sakralnych. Ostatnio jednak mieliśmy okazję wykonywać pomiary w muzeum.

Otwarty w 2020 r. nowy gmach Muzeum Józefa Piłsudskiego w Sulejówku, którego sama powierzchnia wystawowa wynosi 2 tys. metrów kw., udało nam się zeskanować w zaledwie dwa dni. Umożliwiła to konstrukcja obiektu – otwarty garaż podziemny, parter oraz dwukondygnacyjna Hala Wystaw Stałych, gdzie jedną z kondygnacji stanowi antresola przedstawiona na rys. 1. Na potrzeby dodatkowych



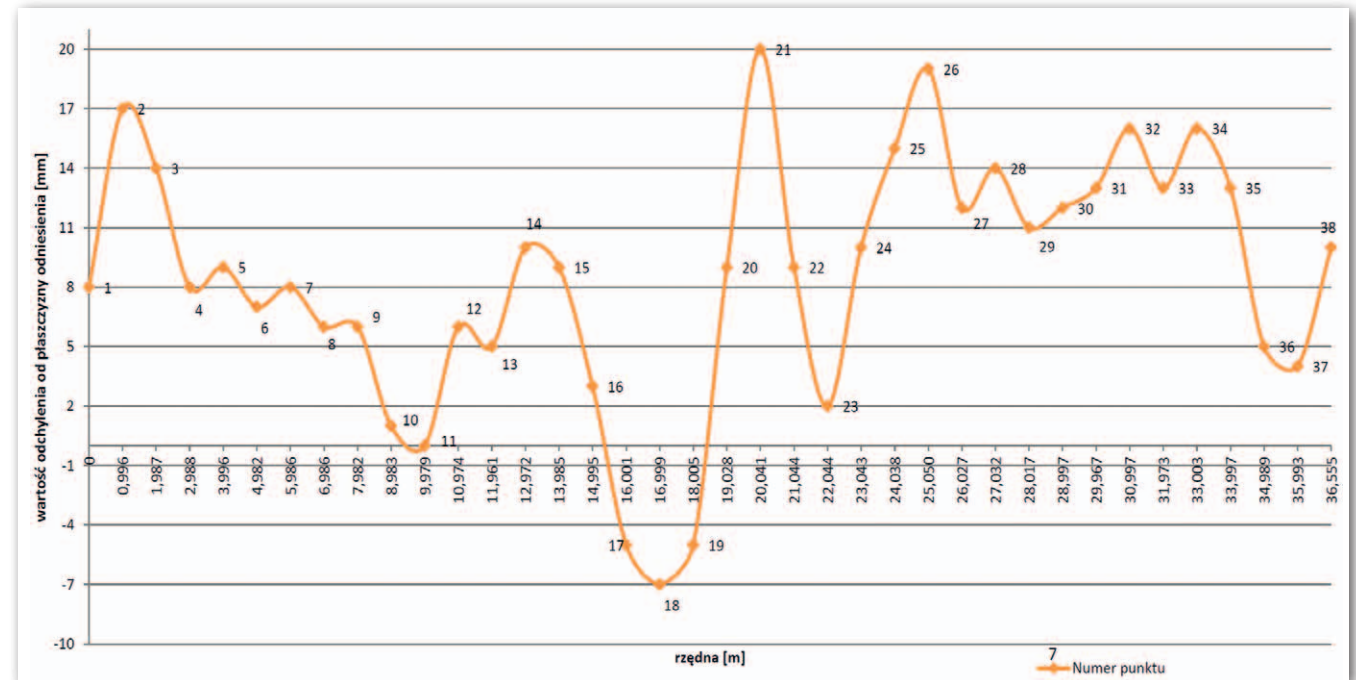
1. Antresola Muzeum Józefa Piłsudskiego w Sulejówku

analiz pomierzyliśmy również klatki schodowe.

• Sprawdzenie płaskości

Chmurę punktów pozyskaliśmy fazowym skanerem Leica Scan Station P40, który rejestruje

je nawet 1 mln punktów na sekundę. Kolejne stanowiska instrumentu zostały zaprojektowane w taki sposób, aby zapewnić ich wzajemną wizurę. Dodatkowo wykorzystaliśmy tarcze celownicze zeskanowane z rozdzielczością 2 mm. Posłużyły one do łączenia chmur punktów z sąsiednich stanowisk. Pozostały



3. Liniowy przebieg odchylenia od płaszczyzny odniesienia dla wybranych punktów posadzki

obszar zeskanowaliśmy z rozdzielczością 5 mm. Głównym wyzwaniem w przypadku tego projektu było uzyskanie wysokiej dokładności – 1 cm dla połączonej chmury punktów.

Zasadniczym celem naszych pomiarów była inwentaryzacja posadzek oraz elementów konstrukcyjnych budynku muzeum. Wynikiem naszej pracy była dokumentacja w postaci map z analizami hipsometrycznymi. Analizy te polegały na porównaniu chmury punktów z wymodelowaną płaszczyzną posadzki w celu wykrycia lokalnych nierówności (± 3 cm). Płaszczyznę posadzki wymodelowaliśmy na podstawie średniej arytmetycznej wysokości ok. 100 tys. punktów na każdej kondygnacji. Dzięki zastosowaniu technologii skanowania laserowego mogliśmy wykonać kilkanaście map z różnymi wariantami parametrów odchylenia.

Rys. 2 przedstawia wyniki analizy hipsometrycznej w postaci mapy odchylenia z dołączoną legendą. Taka prezentacja pozwala na szybką identyfikację obszarów o odchyłce wykraczającej poza zakres wskazany w przedmiarze zamówienia.

• Przekroje liniowe

Dodatkowo wykonaliśmy przekroje podłużne wybranych fragmentów obrazujące liniowy przebieg odchyłek posadzek. Na każdej kondygnacji przyjęliśmy do opracowania fragmenty posadzek o stałej szerokości około 50 mm oraz długości odpowiadającej długości zeskanowanego pomieszczenia.

Przekroje wykonaliśmy na bazie zbiorów liczących 30-40 punktów rozmieszczonych co ± 1 m. Jeden z wykresów przedstawiony jest na rys. 3.

Podobne badanie odchyłek wykonaliśmy również dla spoczników klatki schodowej – chmurę punktów porównaliśmy z płaszczyznami odniesienia. Ze względu na nie-

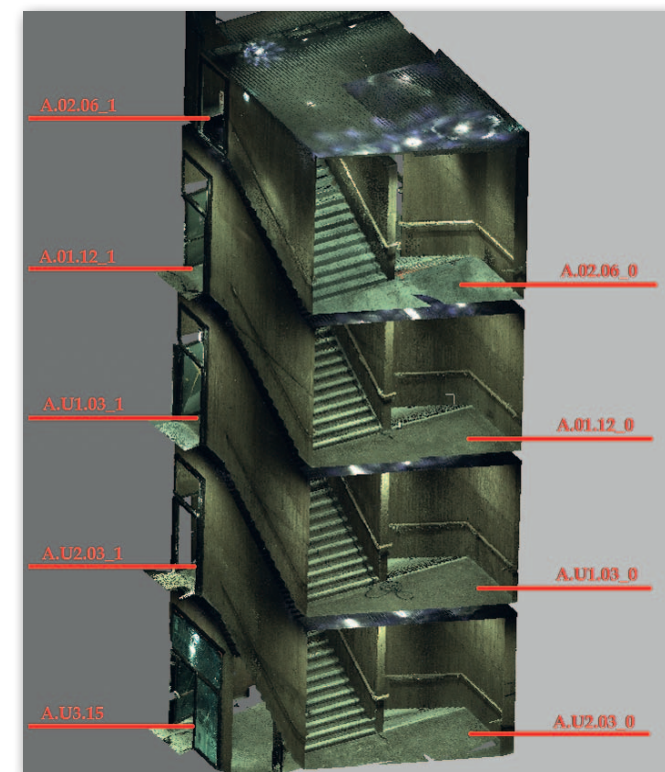
wielkie wymiary i trudności z uzyskaniem wzajemnej wizury na czterech kondygnacjach klatki założyliśmy aż 17 stanowisk skanera.

Ponadto porównaliśmy wybrane wymiary z chmur punktów z dokumentacją powykonawczą w programie CAD. W wyniku realizacji zlecenia przekazaliśmy muzeum chmury punktów elementów konstrukcyjnych budynku, kilkadziesiąt analiz hipsometrycznych, przekroje podłużne każdej kondygnacji oraz zestawienia w formie tabelarycznej uwzględniające procentowy udział zeskanowanej powierzchni ze wskazaną odchyłką od płaszczyzny odniesienia.

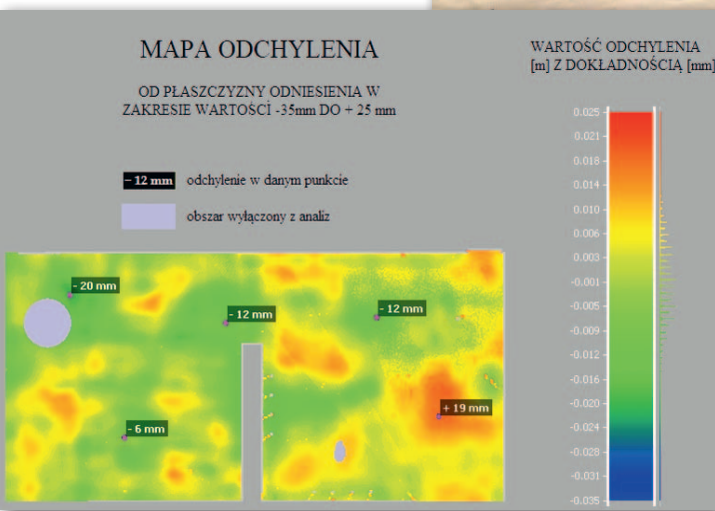
• Skanowanie zdało egzamin

Realizacja ta potwierdza, że technologia skanowania laserowego pozwala na dostarczenie wartościowych danych stanowiących materiał wyjściowy do wykonania złożonych analiz. Z uwagi na specyfikę zamówienia uzyskanie tak dokładnych i gęstych pomiarów klasycznymi metodami geodezyjnymi byłoby praktycznie niemożliwe, a z pewnością nieopłacalne.

Karolina Turlewicz
Glob-K&Z



4. Przekrój połączonych chmur punktów klatki schodowej



Geodezyjna inwentaryzacja Zamku Czocho na Dolnym Śląsku

Pięknie i precyzyjnie

Inwentaryzacja zabytku może nie tylko przysłużyć się jego ochronie, ale także być okazją do przetestowania nowych technologii pomiarowych, zacieśnienia współpracy między firmami, a nawet odkrycia historycznych tajemnic!



Zdjęcia lotnicze zamku wykonano przy użyciu wirnikowca DJI Matrice 600

Jerzy Królikowski

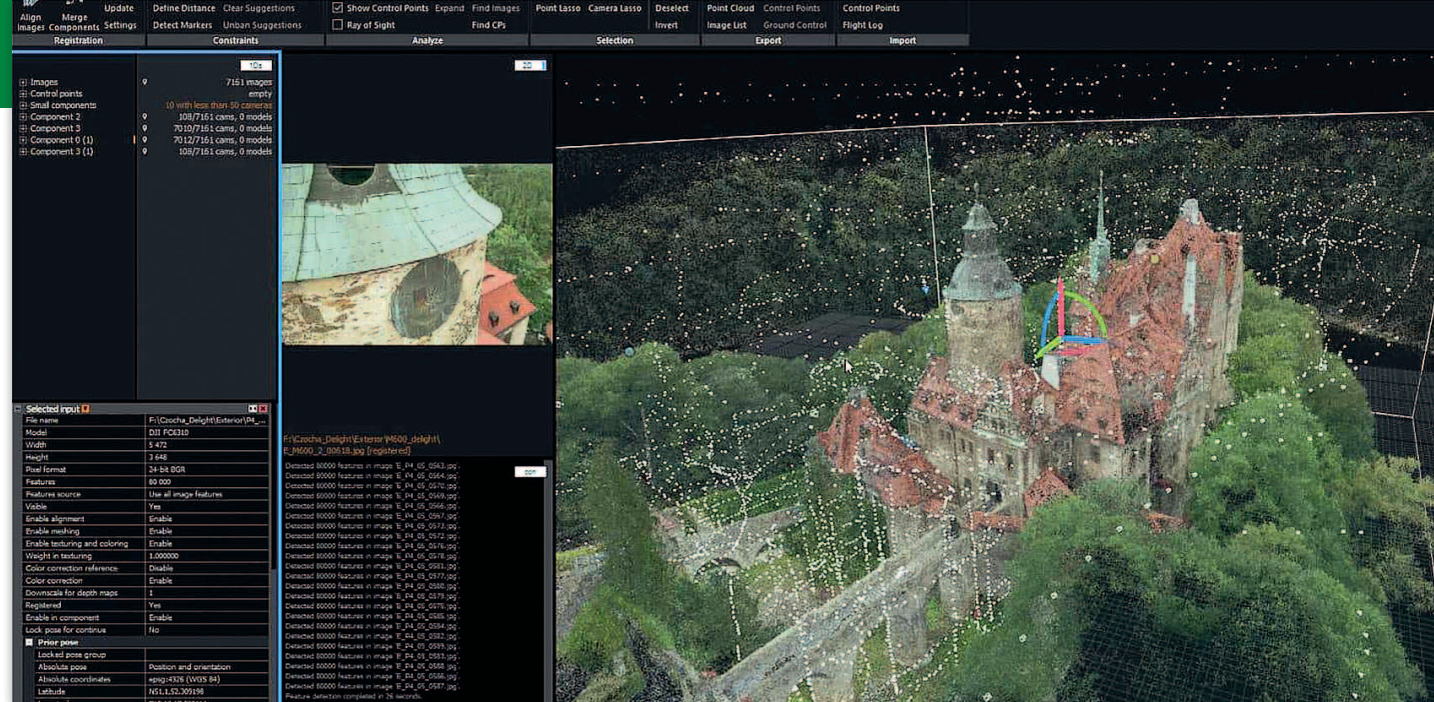
Choć na łamach GEODETY opisaliśmy wiele projektów polegających na pomiarze zabytków, to przedsięwzięcie zrealizowane na Zamku Czocho jest wyjątkowe pod wieloma względami. Wrażenie robi już sam obiekt badań – nie tylko jego rozmiary i skomplikowana bryła, ale także ciekawa histo-

ria. Projekt wyróżnia również zaangażowanie sporej liczby sprzętu i firm oraz połączenie różnych technologii pomiarowych. A niewykluczone, że najciekawszą rzeczą w całym przedsięwzięciu będą odkrycia, jakich uda się dokonać dzięki analizie ogromnej ilości zebranych danych.

● **Pro bono na tropie tajemnic**
Pomiar Zamku Czocho to tylko jeden z przykładów

Od warowni do hotelu

Zamek Czocho to architektoniczna perełka Dolnego Śląska, malowniczo położona na Pogórzu Izerskim nad rzeką Kwisą. Obiekt powstał w XIII wieku z rozkazu króla czeskiego Wacława I Przemysłydy i miał bronić granicy śląsko-łużyckiej. Historia zarówno samego zamku, jak i jego właścicieli jest przebogata, pełna intryg i legend. Na przestrzeni wieków obiekt był wielokrotnie przebudowywany, a jego obecny wygląd to w dużej mierze zasługa ostatniego przedwojennego właściciela – Ernsta Gütschowa, dreźnieńskiego producenta wyrobów tytoniowych. Zamek w kiepskim stanie technicznym nabył on w 1909 r., a trzy lata później zlecił jego gruntowną przebudowę znanemu architektowi Bodo Ebhardtowi. Gütschow rezydował w nim do 1945 r. W 1952 r. obiekt przejęło wojsko, organizując tu ośrodek wypoczynkowy dla oficerów i ich rodzin. Od 1996 r. zamek jest publicznie dostępny jako ośrodek hotelowo-konferencyjny. Część wnętrza jest również otwarta dla zwiedzających. Jedną ze słynnych atrakcji zamku są liczne ukryte przejścia. Pochodzenie intrygującej nazwy obiektu nie jest pewne, wiadomo natomiast, że na przestrzeni wieków wielokrotnie się zmieniała. Zamek znany był chociażby jako: Caychow, Schochuff, Schocha, Tzschocha, a tuż po wojnie – Czachów.



Łączenie danych ze skaningu laserowego oraz zdjęć lotniczych i naziemnych zrealizowano w oprogramowaniu Reality Capture

(choć z pewnością najciekawszy) wieloletniej współpracy wrocławskiej firmy geodezyjnej WROGEO i miesięcznika „Odkrywca”. Czasopismo to zajmuje się nie tylko opisywaniem rozmaitych odkryć, ale w ramach własnej grupy eksploracyjnej GEMO samo podąża tropem historycznych tajemnic, prowadząc wykopaliska archeologiczne czy różnego rodzaju badania nieinwazyjne.

W 2013 r., po ogłoszeniu jednego z odkryć, działalnością grupy zainteresował się Marek Jędrzejczak z WROGEO. – W tamtym czasie już od dwóch lat posiadaliśmy skaner. To okres, w którym można nabrać sporego doświadczenia w wykorzystaniu tej technologii. Po informacjach prasowych o odkryciu GEMO uznaliśmy, że stanowiłaby ona duże wsparcie w tego typu badaniach. Tym bardziej że u nas, na Dolnym Śląsku, o historyczne tajemnice ocieramy się, można by rzec, codziennie. Wyszliśmy więc z propozycją bezpłatnego wsparcia GEMO w zakresie pomiarów geodezyjnych – wspomina. Pierwsze owoce tej współpracy zebrano jeszcze tego samego roku, realizując dwa projekty w Górach Sowich, tj. skanowanie sztolni w maszynach Sobonia i Gontowej. W obu przypadkach skaningu zapew-

nił wymierne korzyści. – Wyniki pomiarów Gontowej pozwoliły całkowicie zmienić kierunek działań eksploracyjnych. Wykazały bowiem, że ubytek w stropie to efekt zawalu, a nie pozostałość po jakimś nieznanym korytarzu. Kilka miesięcy temu podziemny chodnik w masywie Gontowej uległ zawaleniu, a sztolnia na Soboniu została planowo odcięta. Dziś obydwa obiekty są więc dostępne jedynie w chmurze punktów – mówi Łukasz Orlicki z firmy GEMO.

W ramach dalszej współpracy zeskanowano pałac w Jedlinie oraz zamki w Urazie i Grodnie. W niektórych projektach posiłkowano się także danymi z lotniczego skanowania kraju. – Początkowo w środowisku eksploratorów technologie te budziły sensację, ale m.in. dzięki naszemu wspólnym projektom obecnie są standardowym narzędziem badań – podkreśla Marek Jędrzejczak. Wtóruię mu Łukasz Orlicki, który uważa, że dziś zdecydowana większość sudeckich sztolni jest już zeskanowana.

● Sześciu może więcej

Współpraca, choć udana, rodziła poczucie niedosytu. Pomysłów na kolejne, bardziej ambitne badania nie brakowało – jednym z nich był właśnie Zamek Czocho.

Problem stanowiły jednak ograniczone możliwości realizowania przez WROGEO projektów non-profit przy rosnącym apetycie ze strony GEMO. Swoje wsparcie zaoferowała wówczas firma FARO Technologies Polska, która szukała okazji do pozyskania ciekawych danych do celów marketingowych i promocyjnych. – Naszym pierwszym wspólnym projektem był skaningu sztolni w Złotym Stoku, który pomógł odnaleźć dawno zasypane wyjście z kopalni. Współpraca była na tyle udana, że padła propozycja zeskanowania Zamku Czocho – wspomina Arkadiusz Pawłowski z FARO.

Dlaczego akurat ten obiekt? Już od dawna budzi on ogromne zainteresowanie wśród poszukiwaczy tajemnic. Wyobraźnię rozpala przede wszystkim sieć ukrytych przejść i korytarzy. Wielu uważa, że nie wszystkie zostały odnalezione. Na nieznane dotychczas pomieszczenia wskazują zresztą niektóre dokumenty. – W bibliotece Europejskiego Instytutu Zamków w Braubach dotarliśmy do planów opracowanych na potrzeby rekonstrukcji zamku, którą zlecił jego właściciel Ernst Gütschow. Wynika z nich, że obiekt powinien mieć sporą liczbę ukrytych podziemnych pomieszczeń. Przypuszczenia te potwierdzają

powojenne wzmianki w literaturze, w których mowa jest o nieznanej dziś sali ze szklaną podłogą. Mamy więc mnóstwo pytań i mało odpowiedzi – wyjaśnia Jarosław Kuczyński, dyrektor Zamku Czocho. Dodaje, że skaningu posłuży do wytypowania miejsc, gdzie prowadzone będą dalsze badania – na początku nieinwazyjne, a później, w porozumieniu z konserwatorem zabytków, również inwazyjne.

Biorąc pod uwagę spory zakres prac do wykonania, uznano, że im więcej rąk na pokładzie, tym lepiej. Pomyślowcy projektu zaprosili więc do niego firmę scan 3D z Gdyni, która skanowaniem laserowym zajmuje się od ponad 5 lat, zapewniając szeroki asortyment usług – od digitalizacji małych obiektów muzealnych, po skanowanie i modelowanie 3D całych fabryk. – Uznaliśmy ponadto, że skoro zabieramy się do pomiaru tak spektakularnego obiektu, trzeba to zrobić pięknie, jak się da, a do tego niezbędna jest fotogrametria. Do projektu włączyliśmy zatem słowacką firmę Capturing Reality, która jest autorem oprogramowania fotogrametrycznego Reality Capture. Ta z kolei namówiła do współpracy swojego najlepszego klienta, czyli firmę fotogrametryczną Overhead4D, też ze Słowacji – opowiada Arka-

dusz Pawłowski. Całość prac była dokumentowana przez filmowców z CityMIND, czego efekty można zobaczyć w filmie dostępnym na profilach społecznościowych uczestników projektu.

• Dużo sprzętu, firm i turystów

Po dopełnieniu formalności i uzyskaniu zgody od właściciela obiektu 28 lipca uczestnicy projektu stawili się przed Zamkiem Czocha z ambitnym planem zebrania wszystkich niezbędnych danych raptem w 3 dni. – Jednym z wyzwań była koordynacja prac. Na zamku równolegle pracowało pięć firm, wykorzystując 6 skanerów i 2 drony. Należało zatem działać tak, by się nie dublować i nie wchodzić sobie w drogę, dbając jednocześnie o bezpieczeństwo ludzi i sprzętu – mówi Arkadiusz Pawłowski. Z kolei dla Lechosława Trznadla, wówczas pracownika WROGEO, a obecnie firmy scan 3D, największym wyzwaniem była... praca wśród tłumów zwiedzających. Pomiaru wykonywano bowiem w szczycie sezonu turystycznego, niedługo po poluzowaniu obostrzeń epidemicznych. Mimo najszerszych chęci nie dało się uniknąć uchwycenia zwiedzających w chmurach punktów, a ich usuwanie przysporzyło sporo pracy. – Dzięki narzędziu Moving Objects Filter w oprogramowaniu FARO Scene w dużej mierze można to zrobić automatycznie – wyjaśnia Arkadiusz Pawłowski.

Duży ruch turystyczny był jednym z powodów, dla których podczas skanowania zrezygnowano ze stosowania kul czy tarczek pomiarowych. – Stalaliśmy się robić możliwie gęste stanowiska w jak najwyższej jakości, by móc je efektywnie łączyć metodą „chmura do chmury”. Jedyne przewiązanie, które wykonaliśmy na kulach,

przeprowadziliśmy po to, aby ograniczyć długość ciągu skanowania i ominąć pomieszczenia gospodarcze – wyjaśnia przedstawiciel FARO. Dodaje, że zastosowana metoda się sprawdziła, bo dzięki niej udało się uzyskać chmurę o średniej dokładności 4 mm. Pomiar wykonano różnymi modelami skanerów serii FARO Focus – od S70 do S350. – Ich niewątpliwą zaletą jest niewielka waga, szczególnie istotna przy częstych zmianach stanowiska. Mocną stroną instrumentów jest również naturalne odwzorowanie kolorów – mówi Szymon Bloch.

Początkowo planowano skanowanie jedynie podziemi zamku oraz fasady. Ostatecznie w terminie późniejszym udało się pomierzyć także wszystkie wnętrza udostępnione turystom. Co więcej, druga fala pandemii pozwoliła wejść do opustoszałych pomieszczeń hotelowych i administracyjnych. Ostatecznie wykonano aż 1,2 tys. skanów. – To oczywiście spora liczba, która znacząco wpływa na czasochłonność opracowania danych, choć ostatnio zrealizowaliśmy projekt, w którym stanowisk było aż 10 tys. – podkreśla Szymon Bloch.



Skany wykonano przy użyciu instrumentów serii FARO Focus

• Wyścig z czasem i pogodą

Równolegle ze skanowaniem trwało wykonywanie zdjęć zamku. Z powietrza zbierał je dron DJI M600 Matrice. – Wybór tak dużej maszyny uwarunkowany był koniecznością użycia wysokiej jakości lustrzanki, niezbędnej, by wiernie odwzorować wszelkie szczegóły architektoniczne. My postawiliśmy na aparat z matrycą 40 Mpx – wyjaśnia Tomáš Barnáš z firmy Overhead4D. Choć obiekt nie jest powierzchniowo duży, jego dokładne obfotografowanie wymagało przeprowadzenia kilku nalołów. Każdy trwał maksymalnie 20 minut z uwagi na ograniczoną pojemność baterii drona. Wykorzystano też znacznie mniejszy wirnikowiec DJI Phantom 4 przede wszystkim do obrazowania wybranych pomieszczeń, w tym chociażby Sali Rycerskiej. Poza tym pozyskano wiele zdjęć naziemnych. Łącznie w ciągu trzech dni zebrano aż 25 tys. fotografii, z czego 7 tys. z drona.

Słowacka firma Overhead4D specjalizuje się w inwentaryzacjach fotogrametrycznych z naciskiem na wizualny efekt opracowania. We współpracy z jednym

z deweloperów przygotowała np. aplikację pozwalającą klientom podziwiać widok z okien ich przyszłych mieszkań. Opracowała też rozwiązanie umożliwiające zwiedzanie w trybie wirtualnej rzeczywistości jaskini zamkniętej dla ruchu turystycznego. Jak było w jej ocenie główne wyzwanie podczas pomiarów Zamku Czocha? – Przede wszystkim czas. Na zebranie wszystkich danych mieliśmy zaledwie 3 dni, a każdy z nich wykorzystaliśmy od świtu do zmierzchu. Szczęśliwie pogoda nam sprzyjała. Przez większość czasu było pochmurnie, mieliśmy więc korzystne rozproszone światło do fotografowania fasady – przyznaje Tomáš Barnáš.

• Skanung i zdjęcia – małżeństwo idealne

Wyróżnikiem projektu jest także połączenie na dużą skalę skanowania laserowego ze zdjęciami – zarówno lotniczymi, jak i naziemnymi. Fotografie posłużyły nie tylko jako źródło wysokiej jakości tekstur, ale także do uzupełnienia laserowej chmury punktów. To uzupełnienie było szczególnie istotne w przypadku dachu, praktycznie niedostępnego dla naziemnego skanera. Chmura ze zdjęć przydała się także do lepszego odwzorowania niektórych pomieszczeń oraz detali architektonicznych.

Łączenie tych dwóch typów danych przeprowadzono w oprogramowaniu Reality Capture. Jak podkreśla Jana Budosova z firmy Capturing Reality, czynność ta jest prosta i realizowana całkowicie automatycznie na zasadzie „przeciągnij i upuść”. Podczas obróbki program traktuje dane ze skaningu jako „ważniejsze” i bardziej dokładne. Tworzą one swego rodzaju rusztowanie, które następnie uzupełniane jest danymi ze zdjęć.

Czy połączenie tych dwóch typów materiałów wiąże się z jakimiś trudnościami tech-



Na potrzeby projektu wykonano 1,2 tys. skanów zarówno fasady, jak i wnętrz zamku

nicznymi lub pułapkami? – Nie. Kluczowe jest natomiast poprawne pozyskanie danych, przede wszystkim zdjęć. Muszą być ostre i mieć odpowiednie wzajemne pokrycie – odpowiada Jana Budosova. Szymon Bloch dodaje, że trzeba też uważać na powierzchnie, które słabo odwzorowują się na zdjęciach – np. szklane czy błyszczące obiekty.

Uczestnicy projektu zgodnie przyznają, że skany i fotografie świetnie się uzupełniają. – Zdjęcia dają dużo lepszy efekt wizualny. Obraz jest bowiem ciągły, a nie punktowy. Wadą jest jednak konieczność zakładania osnowy fotogrametrycznej – wyjaśnia Lechosław Trznadel. – Dzięki danym ze skaningu podczas wykonywania nalołu dronem ani nie musieliśmy stosować fotopunktów, ani nawet nie geotagowaliśmy zdjęć, a mimo to zachowaliśmy wysoką dokładność wynikowego modelu – zapewnia Tomáš Barnáš. – To perfekcyjne połączenie, bo skanung laserowy ma sens tam, gdzie fotogrametria nie ma żadnego, np. w pomieszczeniach z bia-

łymi ścianami – dodaje Arkadiusz Pawłowski z FARO.

Dla firm uczestniczących w tym przedsięwzięciu łączenie zdjęć i skaningu nie jest nowością. – Po raz pierwszy na większą skalę wykorzystaliśmy tę metodę w 2014 roku przy inwentaryzacji zamku w Lidzbarku Warmińskim. Od tego czasu stosujemy ją na wielu innych, także mniej-



Jedna z pomierzonych rzeźb gotowa do wydruku 3D

szych obiektach. Biorąc pod uwagę wady i zalety obu technologii, uważam, że ich łączenie jest czymś oczywistym – mówi Marek Jędrzejczak. – Realizujemy coraz więcej projektów, przy których w jedną rękę biorę skaner, a w drugą walizę z dronem. Te technologie świetnie się przenikają i obserwujemy, że rynek jest tego coraz bardziej świadomy – podkreśla Lechosław Trznadel. – My również dostrzegamy coraz szersze wykorzystanie tej metodyki, choć jej popularyzację wciąż utrudniają wysokie ceny skanerów. Przy większych projektach to jednak mniejszy problem – dodaje Jana Budosova.

• Będzie sensacja?

Projekt inwentaryzacji Zamku Czocha jest już na finiszu – w terenie wykonywane są ostatnie skany wybranych pomieszczeń. Po ich zakończeniu opracowany zostanie szczegółowy fotorealistyczny model mesh obiektu. Oprócz tego, że będzie on wykorzystywany do poszukiwania nieznanymi komnat i przejść, dla

dyrekcji zamku stanie się cennym materiałem do celów konserwatorskich i edukacyjnych. Oczywiście tego typu model może być użyty na wiele innych sposobów – np. do stworzenia gry komputerowej lub aplikacji do zwiedzania zamku w okularach wirtualnej rzeczywistości. Co z tego uda się zrealizować? To już zależy od decyzji dyrekcji zamku, które zapadną po zakończeniu projektu.

Czy nowoczesne technologie pomiarowe faktycznie pozwoliły dokonać jakiegoś spektakularnego odkrycia? Do czasu zamknięcia projektu jego uczestnicy wolą nie informować o szczegółach. – Ale już teraz możemy powiedzieć, że udało nam się uzyskać odpowiedzi na kilka pytań dotyczących podziemnej części zamku – zdradza Łukasz Orlicki z GEMO. – Dane wyglądają tajemniczo. Liczymy, że będzie sensacja – stwierdza krótko Arkadiusz Pawłowski.

Jerzy Królikowski

Artykuł został opublikowany w GEODECIE 01/2021

Wykorzystanie bezzałogowej platformy skanującej w firmie LiDAR3D

Prototyp nie pozwala na rutynę

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?



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 przejęciem kontraktu przez innego wykonawcę. Termin: na wczoraj. Szybki przegląd zakresu zlecenia, analiza dostępności przestrzeni powietrznej, wycena. 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.

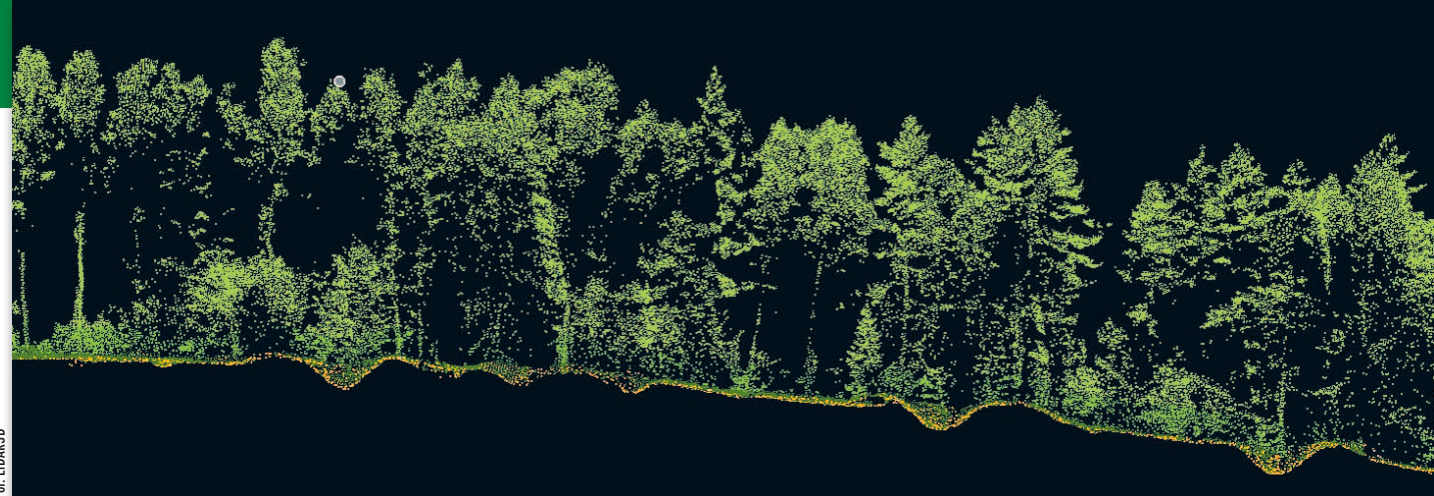
Może lidar?

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. Dla czego 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.

Fot. LiDAR3D



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

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

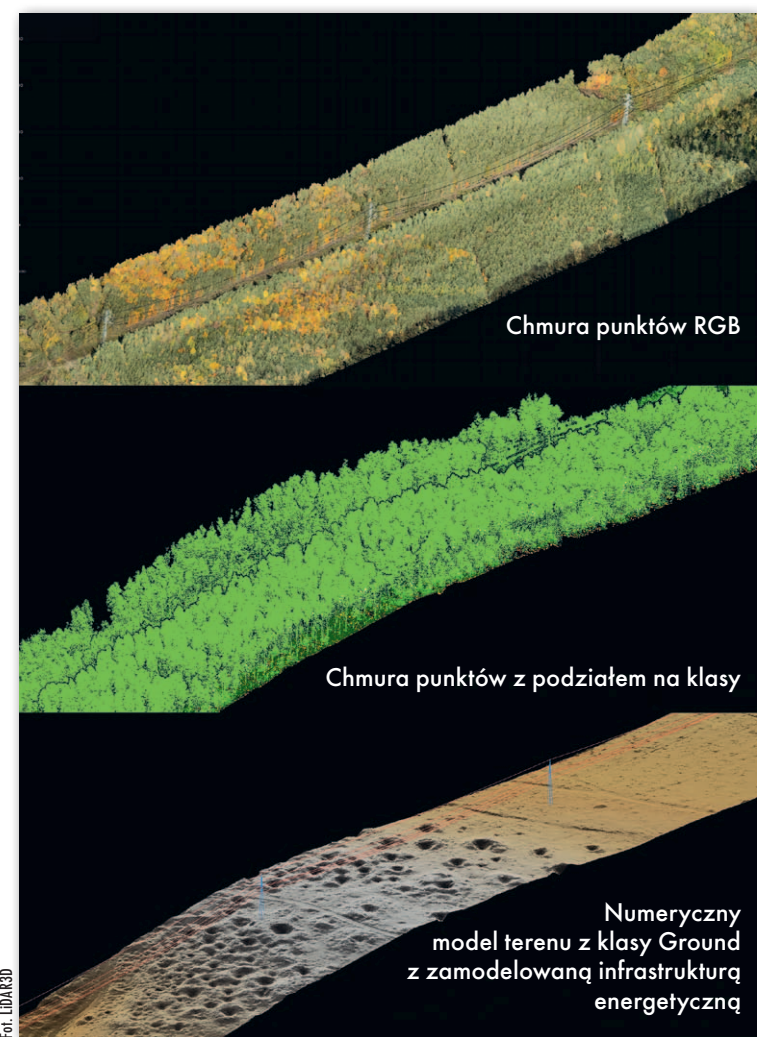
Rynek

Zestaw skanujący zamontowany na dronie to specyficzny duet dobrze wypełniający rynkową niszę, jaka powstała po szybkim (szczególnie w naszym kraju) rozwoju segmen-

tu skanerów dalekiego zasięgu montowanych na samolotach. Krótko mówiąc: gdzie platforma załogowa nie może (lub jej mobilizacja jest nieopłacalna), tam poleci dron. „Standarowe” prace zlecane firmom ze skanerami laserowymi to skanowanie linii napowietrznych i wałów przeciwpowodziowych czy pomiary zerowe du-

żych 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



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

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-wydobycznego – 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. Wyzwania: 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 zyskać ogólną wizję terenu budowy. Inwentaryzacja była niezbędna do oceny ryzyka przed wzięciem udziału w postępowaniu przetargowym, a w późniejszym etapie – przydatna jako pomiar zeroowy 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

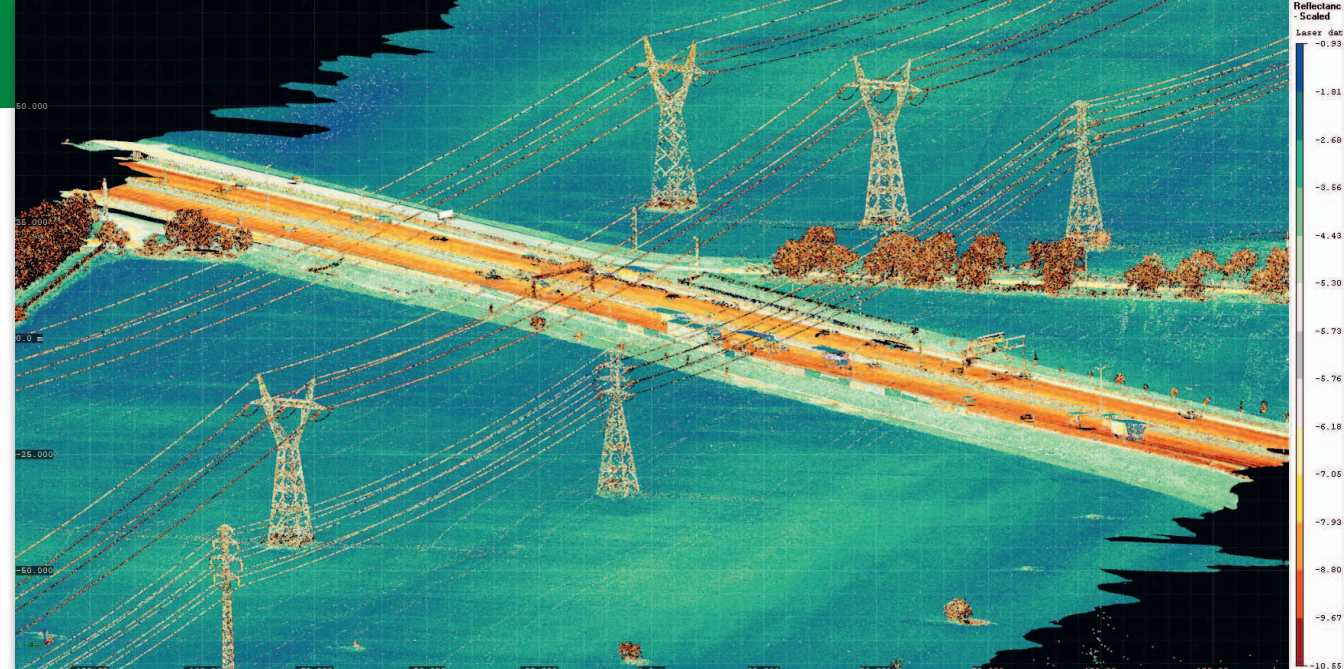
Pozyskanie danych w trakcie nalotu skanującego jest jedynie składową całego procesu wytworzenia produktu końcowego. Zdecydowanie bardziej czasochłonny i skomplikowany jest etap opracowania, filtracji, a w końcowej fazie – prezentacji i eksportu zebranych ogromnych ilości danych.

Dzięki współpracy z krajoznawcami i uczelniami (przede wszystkim Akademią Górni-

czo-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 byłibyśmy 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 wykorzystywanych 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 od-



Linie energetyczne w kompozycji Reflectance

chyłek 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 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 wspomi-

nając 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).

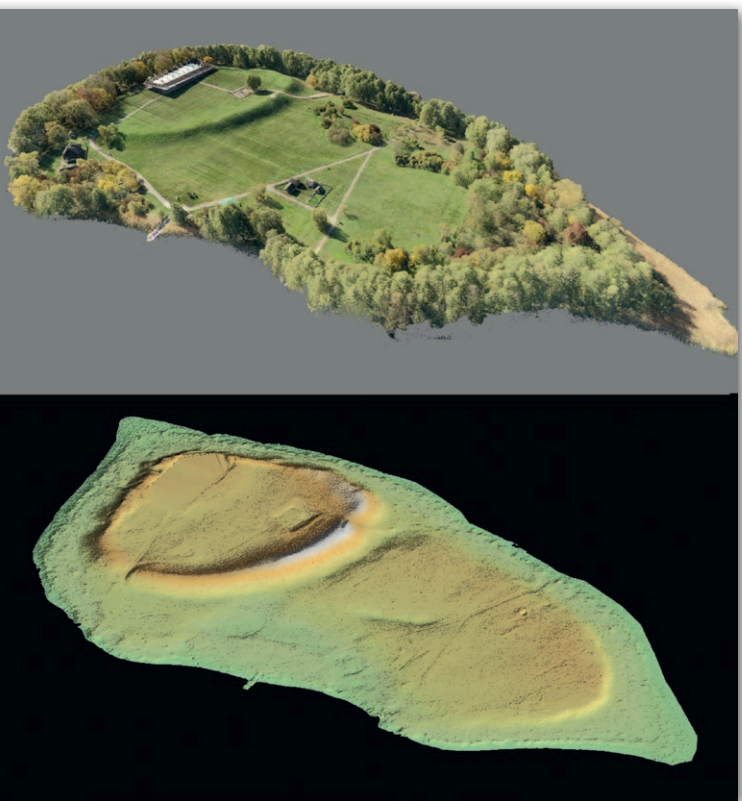
Drugi (i chyba ważniejszy) powód to reakcje, które docierają do nas od klientów. Większość z nich opracowania geodezyjne do projektowania kojarzyła z mocno uproszczoną formą siatki punktów i linii, których położenie i niska gęstość wynikały z ograniczeń technologii pomiaru (pomiaru klasyczne w terenach leśnych, zakrzewionych, w pobliżu nieregulowanych 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. Koloro-

wa, sklasyfikowana i przede wszystkim gęsta chmura punktów pozwala na dowolne analizy 3D i – co ważne – niemal całkowicie eliminuje kosztowne dla zamawiającego zlecenia 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 wykorzystywać na szkolenia i wdrażanie swoich zespołów do pracy na chmurach punktów.

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

Artykuł został opublikowany w GEODECIE 07/2020



For: LiDAR3D

Zastosowanie skanera laserowego w archeologii – Ostrów Lednicki

Zabytkowy dworzec w chmurze punktów

Kieleckie „UFO” odzyskało blask

Po dwóch latach prac dobiegła końca modernizacja zabytkowego dworca autobusowego w Kielcach. Ze względu na swój unikatowy charakter obiekt został zeskanowany, a z chmur punktów stworzono model BIM.

Modernizacja kieleckiego dworca rozpoczęła się we wrześniu 2018 roku. Wcześniej, bo w kwietniu 2016 roku, miasto za blisko 20 mln zł odkupiło budynek od spółki PKS 2. – Czekamy nas wyzwanie. Chciał-

bym, aby obiekt pełnił funkcję centrum komunikacyjnego. Dołożymy wszelkich starań, żebyśmy byli dumni z tego symbolu Kielc – podkreślał wówczas Wojciech Lubawski (prezydent Kielc w latach 2002-2018). Nowym zarządcą

dworca został Zarząd Transportu Miejskiego w Kielcach.

Umowa na modernizację obiektu została podpisana w sierpniu 2018 r. ze spółką Budimex. Prace objęły m.in. wyburzenie oraz przebudowę istniejących peronów. Głów-

na bryła dworca decyzją konserwatora zabytków została zachowana, z kolei wnętrze poddano gruntownej modernizacji, przystosowując je do potrzeb dzisiejszych pasażerów. Przebudowany obiekt stanie się węzłem przesiadko-



Centrum Komunikacyjne w Kielcach pod koniec maja 2020 r.

wym dla komunikacji autobusowej miejskiej i podmiejskiej oraz samochodowej. Ponadto ma być miejscem spotkań i wydarzeń kulturalno-rozrywkowych. Powierzchnia użytkowa obiektu to 3578 m², a kubatura – 18 225 m³. Wartość modernizacji wyniosła 69 mln zł.

• Arcydzieło funkcjonalizmu

Warto przypomnieć, że budowa dworca rozpoczęła się w 1975 r., a do użytku oddano go 20 lipca 1984 r. W 2011 r. obiekt został wpisany na listę gminnej ewidencji zabytków. Zdaniem prof. Grażyny Schneider-Skalskiej z Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej gmach jest „znakomitym przykładem funkcjonalizmu, który dobrze zinterpretowany przybrał oryginalną formę bardzo dobrej architektury, z rozwiązaniami na skalę europejską. (...) Na podkreślenie zasługuje idea rotundy i ruchu okrężnego wyeksponowanego kręgami zadaszeń oraz wewnętrzne, bardzo dogodne dla pasażerów rozwiązania komunikacyjne, których brak wielu współczesnym budynkom dworcowym” (cytat z opracowania „Ocena wartości architektonicznych i krajobrazowych zespołu PKS w Kielcach w kontekście ewentualnych

przekształceń funkcjonalno-przestrzennych”).

Za sprawą kopuły z wypukłymi świetlikami oraz odchodzących od niej pierścieni – tworzących dach i zadaszenia nad peronami – założenie otrzymało przydomek „UFO”. „W połączeniu z widocznymi wieżami kościoła św. Krzyża tworzy zapamiętywalny symbol miasta” – zaznaczyła prof. Schneider-Skalska.

• Inwentaryzacja konstrukcji

Charakter realizowanej modernizacji z koniecznością zachowania oryginalnej bryły dworca spowodował, że na etapie rozbiórek wykonano skanowanie laserowe obiektu. Prace te zrealizował zespół BIM Budimexu, w którym zatrudnionych jest kilku geodetów przeszkolonych w obsłudze skanera. Celem skanowania była m.in. inwentaryzacja zabytkowej konstrukcji. Na podstawie chmur punktów powstał również model BIM, który posłużył do weryfikacji dokumentacji projektowej oraz do sporządzania przedmiarów na potrzeby realizacji.

Pomiar w terenie trwał jeden dzień. W tym czasie wykonane zostały skany na blisko 120 stanowiskach pomiarowych. Ich łączenie odbywało się na zasadzie parowania płaszczyzn,

a znaczniki („tarczki”) zostały wykorzystane do nadania chmurze punktów współrzędnych geodezyjnych. Finalna połączona chmura liczyła 472 mln punktów.

Budimex najczęściej sięga po skaner 3D podczas realizacji zamówień, których przedmiotem jest właśnie rozbudowa lub przebudowa istniejących obiektów. Ponadto technologia skanowania laserowego jest wykorzystywana przez spółkę do dokładnego szacowania robót ziemnych czy inwentaryzacji terenu wokół placu budowy. – Coraz częściej przedmiotem zamówienia są też powykonawcze modele BIM. W celu ich rzetelnego opracowania wykonujemy powykonawczą inwentaryzację budynku przy użyciu skanera – wyjaśnia Michał Wrzosek, rzecznik prasowy Budimexu.

• Obiekt już gotowy

Uroczyste otwarcie kieleckiego dworca nastąpiło 27 sierpnia. W ceremonii uczestniczyli przedstawiciele władz państwowych, samorządowych, parlamentarzystów oraz licznie zebrani kielczanie. Prezydent Kielc Bogdan Wenta podkreślał znaczenie Centrum Komunikacyjnego dla miasta i regionu oraz dziękował wszystkim zaangażowanym w modernizację obiektu.

gażowanym w modernizację obiektu.

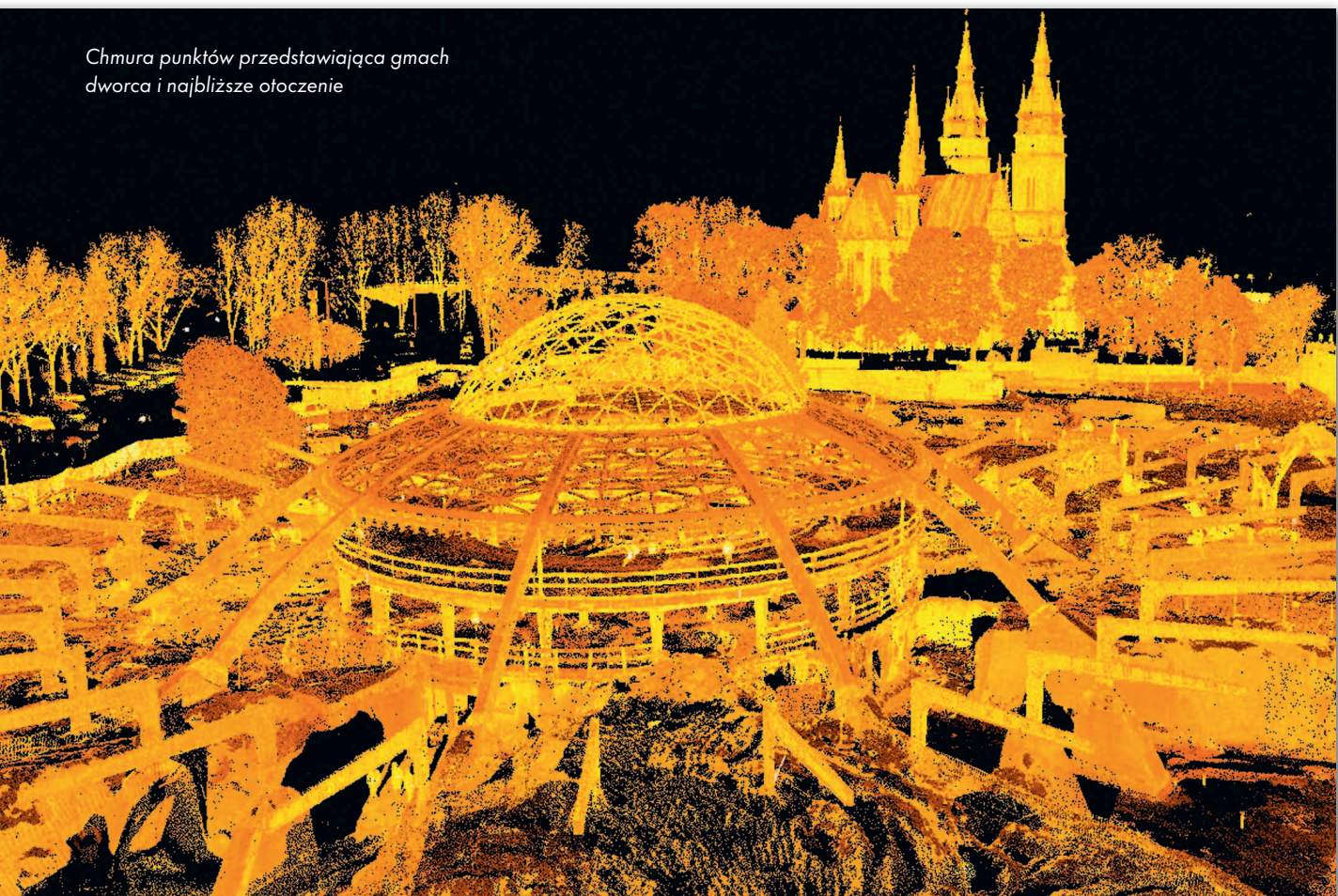
– Oddanie do użytku wyremontowanego dworca autobusowego to spełnienie wieloletnich oczekiwań mieszkańców – mówiła z kolei Barbara Damian, dyrektor Zarządu Transportu Miejskiego w Kielcach. – Powstało nowoczesne Centrum Komunikacyjne mogące obsługiwać przewoźników komunikacji miejskiej, busów, autobusów dalekobieżnych i międzynarodowych – dodała dyrektor ZTM. – W budynku zostały zastosowane nowoczesne rozwiązania techniczne i technologiczne. Sam obiekt nadal jest unikatowy na skalę światową, a jego kształt nawiązujący do kosmicznego spodka – rozpoznawalny przez niemal każdego. Warto podkreślić, że dworzec po przebudowie zachował swój oryginalny i niepowtarzalny charakter. Nadal jest tutaj wyspa, którą okrążają autobusy podjeżdżające na stanowiska odjazdowe – zaznaczyła Barbara Damian.

Pierwsze autobusy wyjechały z kieleckiego dworca 1 września.

Damian Czekaj
na podstawie materiałów
Urzędu Miasta Kielce
i spółki Budimex

Artykuł został opublikowany
w GEODECIE 09/2020

Chmura punktów przedstawiająca gmach dworca i najbliższe otoczenie



Fot. Budimex

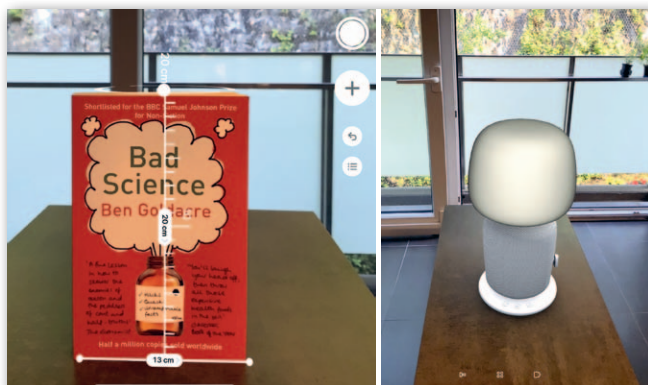
iPad Pro – pierwszy produkt konsumencki z wbudowanym skanerem laserowym

Co potrafi lidar dla mas?

W połowie marca 2020 roku Apple zaprezentował odświeżone wersje swoich topowych tabletów iPad Pro, które wyróżnia wbudowany skaner laserowy. Ma on szansę zrewolucjonizować pracę wielu branż i przenieść nas w świat rozszerzonej rzeczywistości.

Sensor lidar wbudowany w iPada Pro 2020 (wersje 11- i 12,9-calowe) pozwala na skanowanie 3D obiektów znajdujących się w zasięgu do 5 metrów od tabletu. Pomiar odległości działa na zasadzie pomiaru czasu wędrówki światła lasera wysłanego z urządzenia i odbitego od obiektu (technologia ToF – Time-of-Flight).

Skaner z powodzeniem pracuje zarówno wewnątrz



Przykład wykorzystania skanera w aplikacjach Miarka oraz IKEA Place

pomieszczeń, jak i na zewnątrz. Sensor został zintegrowany z zaawansowaną kamerą cyfrową iPada (bazującą na obiektywach szerokokątnym i ultraszerokokątnym), odbiornikiem GNSS oraz jednostką inercyjną (IMU), czyli czujnikiem wyznaczania położenia urządzenia w przestrzeni 3D. Dane ze wszystkich tych źródeł są przetwarzane przez system operacyjny iPadOS, co pozwala precyzyjnie zmierzyć otoczenie na podstawie tzw. mapy głębi. By uzyskać bardziej szczegółowe odwzorowanie świata realnego, pomiar odległości łączony jest z chmurami punktów generowanymi na podstawie dopasowania zdjęć wykonywanych przez kamerę iPada.

Wzrost wydajności pracy iPada Pro 2020 zapewni nowy układ A12Z Bionic o 64-bitowej architekturze zawierający 8-rdzeniowy procesor. W połączeniu z algorytmami uczenia maszynowego (ML) pozwala to na sprawne przetwarzanie chmury

Aplikacja beta Capture firmy Abound Labs z możliwością eksportu tekstu



Integracja chmur punktów z lotniczego skanowania laserowego oraz chmury wyeksportowanej z aplikacji beta Capture z tabletu iPad Pro (zobacz także: youtu.be/dpl44Pv0Xdw)

punktów ze skanowania oraz zdjęć o pokryciu stereoskopowym, a także na efektywne wykorzystanie funkcji rzeczywistości rozszerzonej przy baterii wystarczającej nawet na 10 godzin pracy.

• Nie tylko dla zabawy

Skaner iPada można przetestować chociażby dzięki nowej wersji aplikacji Miarka (Measure), która ułatwia i uwiarygodnia automatyczny pomiar obiektów. Praktyczny użytek z sensora robi także program IKEA Place, który umożliwia wirtualne dopasowanie mebli do wnętrza. Zalety skanera docenią również inżynierowie, projektanci przemysłowi czy architekci wykorzystujący aplikację Sharp 3D CAD Mo-

deling do modelowania CAD na urządzeniach mobilnych. Lidar wbudowany w iPada znacznie zwiększa bowiem jego możliwości.

Ta technologiczna nowość spowoduje niewątpliwie premiery kolejnych aplikacji tworzonych zarówno przez programistów, jak i naukowców oraz przedstawicieli różnych branż zainteresowanych 3D. Kluczowym narzędziem do ich opracowania jest udostępniona w 2017 r. przez Apple biblioteka ARKit przeznaczona do tworzenia aplikacji z zakresu rzeczywistości rozszerzonej (AR – Augmented Reality). Rozwiązanie bazuje na trzech filarach: rozumieniu otoczenia (sceny), śledzeniu ruchu (tracking

urządzenia oraz osób i rzeczy widocznych w kadrze) oraz renderowaniu obrazu. Wraz z kolejnymi wersjami firma Apple dodawała do tej biblioteki coraz bardziej precyzyjne mechanizmy, takie jak: śledzenie twarzy, wykrywanie złożonych powierzchni czy ukrywanie fragmentów obrazu przez przedmioty znajdujące się bliżej obiektywu.

Zastosowanie sensora lidar umożliwia bardziej precyzyjne odwzorowanie otoczenia 3D i dostarcza użytkownikom bardziej wiarygodnych danych. Programiści tworzący aplikacje AR zyskali bowiem dostęp do modelu mesh, czyli siatki trójkątów opisujących powierzchnie i przedmioty zidentyfikowane przez sensory

iPada. Funkcja ta ułatwia tworzenie gier i aplikacji wyświetlających obiekty w kontekście otoczenia użytkownika (np. gra Pokemon GO lub wspomniana IKEA Place). Dzięki opcji eksportu modeli mesh do różnych popularnych formatów danych (np. OBJ) programiści mają spore pole do popisu. Znamienne jest chociażby testowanie podobnej technologii przez Apple w swoich pojazdach autonomicznych do detekcji obiektów w przestrzeni (np. innych samochodów, rowerzystów i pieszych).

• Lidar w rękach ekspertów

Mając na uwadze potencjał tego skanera w różnych dziedzinach, autorzy artykułu postanowili przeprowadzić



Wyeksportowany z iPada model mesh pomnika oraz zbliżenie na detal (aplikacja beta Capture)





Model 3D mesh z teksturami (z lewej) i wyeksportowana chmura punktów z wartościami RGB (z prawej) przedstawiające rzeźbę w parku

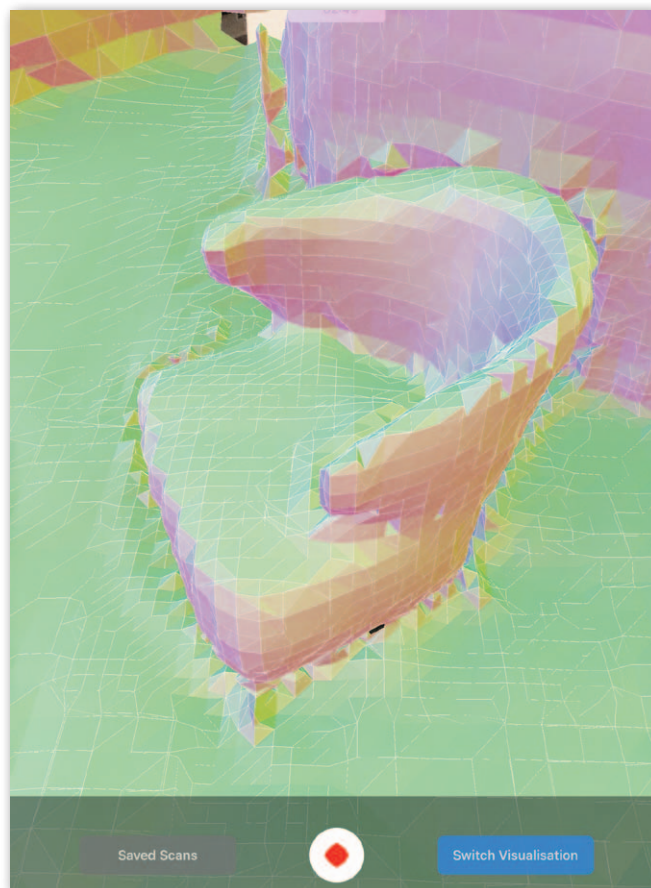
testy, które obejmowały: analizę dokumentacji opracowanej przez Apple, uruchomienie kodu źródłowego aplikacji udostępnionej ze strony deweloperskiej oraz przetestowanie kilku programów ze sklepu AppStore. Warto przy tym podkreślić, że możliwości oprogramowania są na razie dość ograniczone, ponieważ Apple nie zezwala zewnętrznym programistom na bezpośredni dostęp do chmur punktów lidar, np. przez API. Do dyspozycji są jedynie dane przetworzone już na aproksymowaną powierzchnię 3D (siatkę *mesh*).

Nieliczne dostępne aplikacje korzystające z sensora LiDAR iPad bazują na przechwytywaniu obiektów 3D w czasie rzeczywistym za pomocą skanera oraz chmur generowanych z obrazów cyfrowych. I tak np. program LiDAR Scanner 3D (koszt pełnej wersji: 2,99 zł na nie-limitowany czas) umożliwia generowanie modeli 3D i ich eksport do kilku formatów danych (USDZ, OBJ, STL, PLY). W aplikacji Scandy Pro 3D Scanner (koszt pełnej wersji: 27,99 zł/miesiąc lub 229,99 zł/rok) użytkownicy mogą natomiast zapisywać pojedyncze skany i udostępniać je w formatach PLY, STL lub OBJ. Renderowanie obiektów odbywa się w urządzeniu, nie trze-

ba ich zatem rejestrować ani przechowywać w chmurze obliczeniowej.

Modele generowane przez oba rozwiązania nie zawierają jednak tekstur, dlatego warto zwrócić uwagę na program Capture firmy Abound Labs. Nie tylko zapisuje on kolorowe tekstury, ale także po-

zwala na eksport danych do skompresowanego formatu chmury punktów (LAZ) oraz zapis współrzędnych obiektu. Na razie aplikacja dostępna jest w wersji beta, która wciąż przechodzi testy. Wymaga ona jednak ciągłego dostępu do internetu (np. przez sieć komórkową lub wi-fi),



Skan krzesła w aplikacji LiDAR Scanner 3D

a generowane przez nią modele są umieszczane w chmurze z możliwością eksportu na własne urządzenie.

Wspomniane aplikacje bardzo intensywnie wykorzystują możliwości obliczeniowe iPada, przez co w praktyce bateria urządzenia wystarcza tylko na około 3 godzin skanowania. Ponadto procesor tabletu działający z pełną wydajnością niekiedy się przegrzewa, więc w zależności od szczegółowości i złożoności odwzorowywanego obiektu zasięg pomiaru może być dość ograniczony.

Wspomniane powyżej programy oferują zbliżoną dokładność pomiaru, ponieważ bazują na tym samym mechanizmie generowania modelu *mesh* opracowanym przez Apple. Mają także podobne ograniczenia w stabilnym wykrywaniu drobnych elementów. Wygenerowane przez nie modele – jak wskazują pierwsze przeprowadzone testy – charakteryzują się błędem pomiarowym około 3-5% w stosunku do danych referencyjnych (pomiar taśmą mierniczą). Jest to wynik zachęcający do prowadzenia kolejnych badań w kierunku poprawy tego wskaźnika. Dla części użytkowników nawet taka dokładność będzie jednak wystarczająca, szczególnie gdy liczy się wysoka efektywność działania, w tym szybkość i cena usługi.

iPad Pro 2020 jest pierwszym konsumenckim urządzeniem z wbudowanym skanerem laserowym, zatem można liczyć, że w przyszłości – wraz z popularizacją tej technologii – poprawią się także parametry samego pomiaru. Nie zdziwmy się zatem, jeśli za kilka lat każdy (a na pewno każdy geodeta) będzie nosił lidar w kieszeni.

mgr inż. arch. kraj.
Karolina Zięba-Kulawik,
dr hab. inż. Piotr Wężyk, prof. UR
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Tomasz Kulawik

Artykuł został opublikowany
w GEODECIE 08/2020



Trójwymiarowa digitalizacja XVII-wiecznej kaplicy rodziny Boimów we Lwowie

Model gęsty od rzeźb i sztukaterii

Późnorennesansowa kaplica Boimów to jeden z najbardziej rozpoznawalnych zabytków Lwowa. Inwentaryzację tego obiektu na zlecenie Narodowego Instytutu Polskiego Dziedzictwa Kulturowego za Granicą „Polonika” wykonała firma 3Deling.



Fragment dokumentacji rysunkowej wnętrza kaplicy na podkładzie z ortofotoplanu

Kaplicę wzniesiono w latach 1609-1611 na terenie cmentarza obok Katedry Łacińskiej; została konsekrowana w 1615 r. Początkowo służyła za mauzoleum rodziny Boimów. W XVIII wieku cmentarz obok katedry zlikwidowano, a sama kaplica po wygaśnięciu rodu przeszła w ręce kapituły katedralnej. W protokole wizytacji z 1817 r. odnotowano, że po usunięciu ciała z krypty przechowywano w niej wino, a sam obiekt służył okazjonalnie jako kaplica przedpogrzebowa kanoników i wikariuszy katedry. W XIX wieku do obiektu od strony południowej dobudowano kamienicę.

W 1932 r. kaplicę rodziny Boimów uznano za zabytek. W latach 1945-1967 obiekt był zamknięty i pełnił funkcję magazynu. Później stał się pierwszym oddziałem Lwowskiej Narodowej Galerii Obrazów, przemianowanej w 2013 r. na Lwowską Narodową Galerię Sztuki im. Borysa Woźnickiego. Mimo renowacji w pierwszej połowie XIX wieku, kiedy to powstały rysunki inwentaryzacyjne, oraz prac konserwatorskich przeprowadzonych w latach 1925-1927 stan obiektu pozostawia wiele do życzenia.

Dlatego planując przyszłe prace remontowo-konserwatorskie, Instytut „Polonika” wraz z partnerami z Ukrainy potrzebował trójwymiarowej inwentaryzacji obiektu i przedprojektowej dokumentacji rysunkowej, modeli 3D oraz zdjęć metrycznych elewacji kaplicy. Zaangażował do ich wykonania naszą firmę 3Deling działającą na rynku geodezyjnym od ponad dziesięciu lat. Specjalizujemy się w pomiarach z wykorzystaniem technologii naziemnego skaningu laserowego oraz fotogrametrii i realizujemy zlecenia na całym świecie. Główna siedziba firmy mieści się w Krakowie, ale posiadamy również biura w Londynie, w Stavanger w Norwegii oraz właśnie we Lwowie.



Skanowanie laserowe wnętrza kaplicy

• Skany i zdjęcia

Nasz zespół pomiarowy składający się z dwóch osób w październiku 2019 roku w ciągu trzech dni wykonał skanowanie laserowe 3D, geodezyjny pomiar punktów kontrolnych oraz dużą liczbę zdjęć. Inwentaryzacją objęty został cały obiekt – zarówno wnętrza (w tym podziemna krypta), jak i elewacje zewnętrzne oraz dach (kopuła). Skanem laserowym Z+F Imager 5010 pozyskaliśmy około 40 skanów. We wnętrzu kaplicy wykonaliśmy pomiar na 10 stanowiskach, w tym

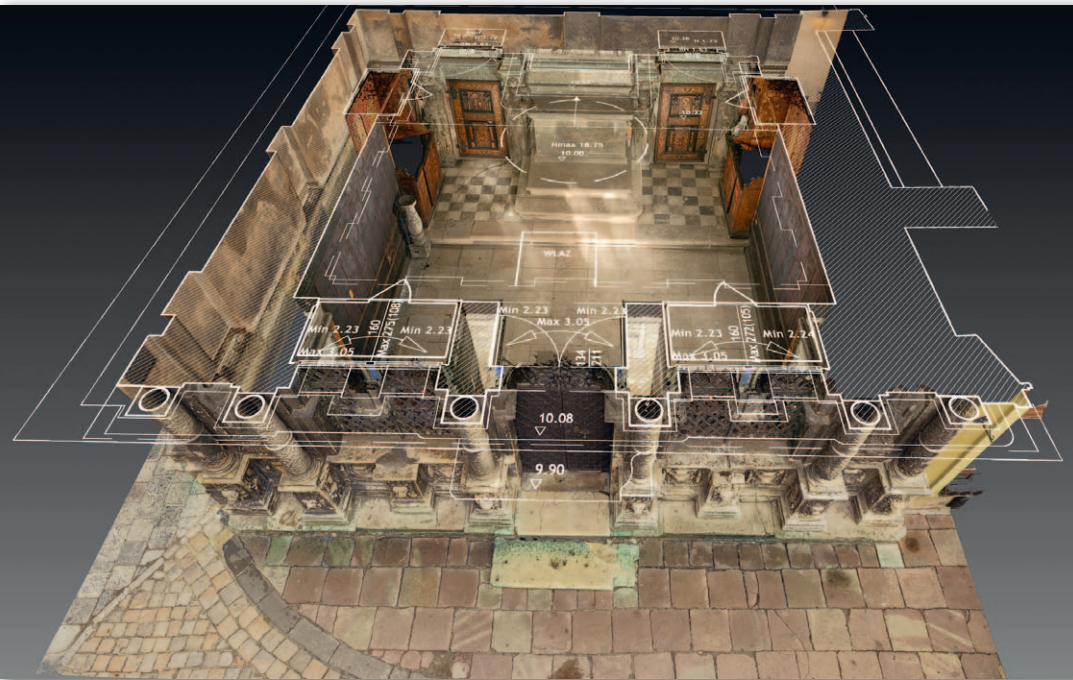
na 3 usytuowanych na wysokim rusztowaniu. Pozostałe skany pozyskaliśmy poza kaplicą – większość w przyległych budynkach, gdyż inwestorowi zależało na informacji o grubości ścian. Cały obiekt pokryliśmy też zdjęciami z aparatu Canon EOS 5DS R. Łącznie wykonaliśmy około 2,5 tys. fotografii. Do pozyskania zdjęć figury Chrystusa Frasobliwego wieńczącej szczyt kopuły wykorzystaliśmy dodatkowo drona.

15 punktów kontrolnych – 10 tarczek skanerych i 5 tachimetrycznych

– pomierzyliśmy tachimetrem Leica TCRP 1200 plus w dwóch położeniach lunety. Po wyrównaniu w programie Geonet otrzymaliśmy współrzędne z błędem średnim około 1,5 mm. Pomiar zrealizowaliśmy w lokalnym układzie współrzędnych.

• Mała kaplica, niemało wyzwań

Podczas pomiarów sporym wyzwaniem okazało się uchwycenie wszystkich detali bogato zdobionej kopuły. Stało się to możliwe dopiero po zbu-



Rzut kaplicy nałożony na model 3D

dowaniu we wnętrzu kaplicy wspomnianego już rusztowania. W pracy nie pomagała też słoneczna pogoda, utrudniając pozyskanie jednorodnie naświetlonych zdjęć. Dlatego fotografie we wnętrzu kaplicy wykonywaliśmy przy sztucznym oświetleniu.

Kolejny problem to dostęp do krypty. Wejście znajdujące się w sąsiednim budynku (dobudowanym w późniejszym okresie) okazało się zamknięte, klucz do drzwi natomiast zaginął. Za zgodą Generalnego Konserwatora Zabytków Lwowa z pomocą ślusarza udało nam się jednak dostać do środka. Same pomiary w kryptach również były dość uciążliwe – ze względów bezpieczeństwa byliśmy zmuszeni pracować w maskach ochronnych. Pomieszczenie przez długi czas nie było otwierane i na ścianach widoczna była pleśń. Maski miały chronić przed kontaktem z nieznaną, a więc niewykłuczone, że szkodliwą mikroflorą w powietrzu.

• Bogata dokumentacja

Po zakończeniu pomiarów nasi geodeci wrócili do Krakowa z gigabajtami danych, które musieliśmy odpowiednio przygotować do dalszych

prac biurowych. Skany zostały połączone (w programie Cyclone z wykorzystaniem tarcz skanujących oraz algorytmu chmura-w-chmurę) i przekonwertowane do wymaganych formatów. Połączona chmura liczyła blisko 2 miliardy punktów i w wersji nieskompresowanej ważyła 80 GB. Na jej podstawie w programie MicroStation V8i przygotowaliśmy rysunki 2D, w tym rzuty kaplicy i krypty oraz przekroje charakterystyczne.

Dla wszystkich skanów przygotowaliśmy również panoramiczne widoki – tzw. TruView w naturalnych kolorach umożliwiające pomiar odległości i odczytywanie współrzędnych bezpośrednio w przeglądarkach internetowych.

Do stworzenia modelu siatkowego z teksturą (3D mesh) całej kaplicy oraz metrycznych ortofotoplanów elewacji i ścian wewnętrznych wykorzystaliśmy z kolei zdjęcia. Rozmiar terenowy piksele na ortofotoplanach wynosi równo 1 mm. Model 3D powstał w programie ContextCapture. Ortofotoplany stanowiły ponadto bazę do wykonania pełnej dokumentacji rysunkowej kaplicy w aplikacji MicroStation V8i. Zarówno wnętrze,

jak i elewacje zewnętrzne są bogato zdobione, dlatego rysowanie szczegółów i detali rzeźbiarskich było bardzo wymagające i czasochłonne. Efekt (w tym ponad 3-minutową animację) możecie Państwo ocenić sami, odwiedzając

Trójwymiarowy model kaplicy Boimów wygenerowany ze zdjęć



jąc naszą stronę internetową: www.3deling.pl/projekty/trojwymiarowa-digitalizacja-kaplicy-boimow/. Całość prac kameralnych zajęła nam 75 dni.

• Pomiar dla ochrony

Przygotowana przez nas dokumentacja stała się podstawą inwentaryzacji konserwatorskiej, która pozwoli określić obecny stan obiektu i precyzyjnie zaplanować przyszłe prace restauracyjne. Mamy również nadzieję, że animacja prezentująca kaplicę przyczyni się do większego zainteresowania tym pięknym obiektem i zachęci do wizyty we Lwowie.

Digitalizacja obiektów zabytkowych jest tylko jednym z obszarów naszej działalności, przynosi nam jednak

szczególną satysfakcję. Wartością dodaną jest tu poczucie, że uczestniczymy w utrwalaniu, a nawet ratowaniu śladów historii.

Paweł Dudek
3Deling

Artykuł został opublikowany w GEODECIE 11/2020

Przegląd publikacji porównujących chmury punktów ze skanowania laserowego i dopasowania zdjęć

Skaner vs kamera

Jeszcze do niedawna pozyskiwanie chmury punktów zarezerwowane było dla nielicznej elity, którą stać na skaner laserowy. Teraz wystarczy kupić drona i cyfrową kamerę. Tylko czy dane dostarczane przez te dwie technologie w ogóle można ze sobą porównywać?

Jerzy Królikowski

Patrząc na popularność chmury punktów w geodezji i kartografii, można by zapomnieć, że to przecież stosunkowo nowy typ danych przestrzennych. Jej pozyskiwanie umożliwiło zbudowanie w latach 60. XX wieku skanera laserowego. Początkowo znajdował on zastosowanie w meteorologii, natomiast w pomiarach geodezyjnych zaczął być szerzej wykorzystywany pod koniec wieku. Dopiero jednak od początku obecnego stulecia możemy mówić o boomie na skanowanie. Do popularyzacji tej technologii przyczyniło się wiele czynników – od coraz lepszych parametrów pomiarowych, przez malejące ceny produktów, po rozwój systemów lotniczych i mobilnych.

Gdy już wydawało się, że LiDAR ma w geodezji świetlaną przyszłość, w 2008 r. pojawił się wynalazek algorytmu SGM (*semi global matching*), który pozwala przetwarzać zdjęcia lotnicze w gęstą chmurę punktów 3D. Choć znacznie zmniejszyło to koszt tych danych, wciąż był on wysoki, bo ich pozyskanie wymagało poderwania w powietrze samolotu wyposażonego w drogą kamerę fotogrametryczną. I wtedy z pomocą nadleciały drony, które nieodwracalnie

zmieniły reguły gry. Nagle okazało się, że do wygenerowania dokładnej chmury punktów wystarczy zestaw dostępny w cenie dobrego tachimetru oraz banalnie proste w obsłudze oprogramowanie... A przynajmniej taki obraz rysują niektórzy producenci i dystrybutorzy sprzętu.

Czy faktycznie dane 3D z dopasowania zdjęć są porównywalne z tym, co potrafi wygenerować LiDAR? A może są nawet lepsze? W ostatnich latach napisano na ten temat sporo artykułów, postanowiliśmy więc wybrane przestudiować. Skupiliśmy się na analizach

danych z dronów, bo to dziś szczególnie popularny temat. Pod lupę wzięliśmy też kilka starszych publikacji, które porównują dane z systemów załogowych, bo i z nich płyną ciekawe wnioski.

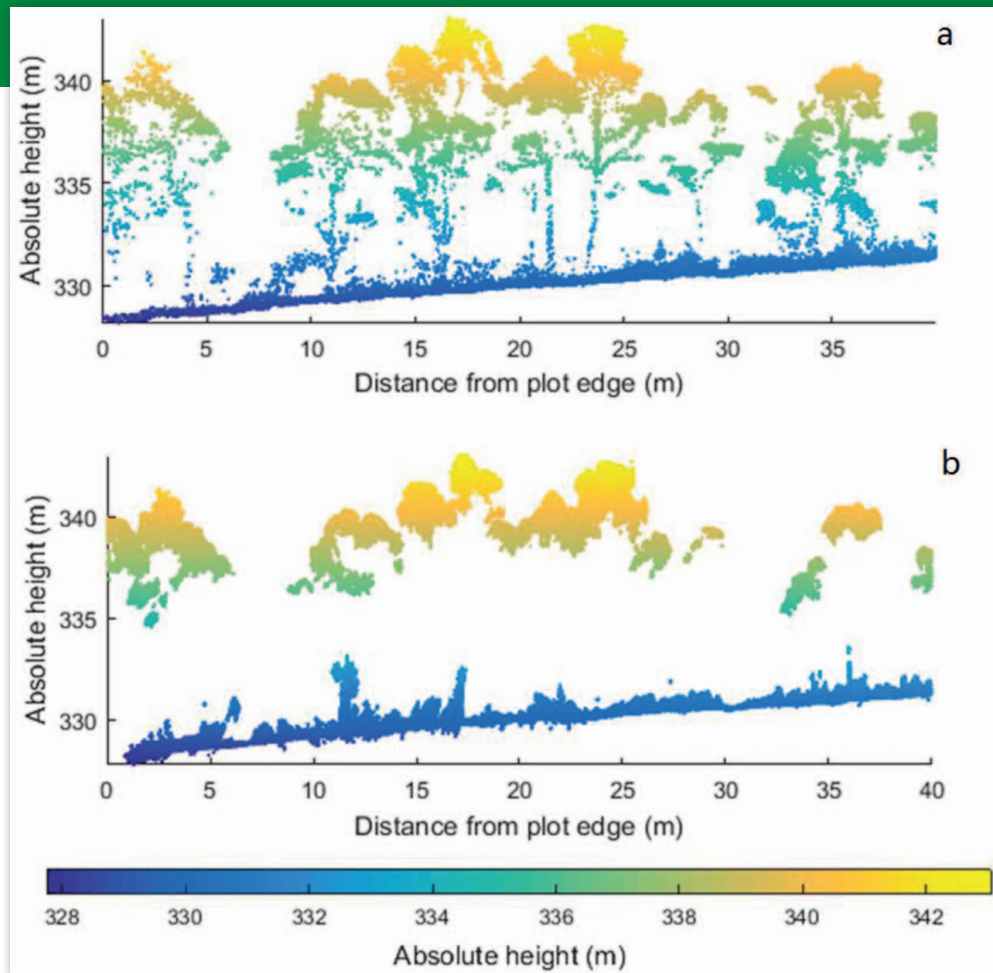
• Kryterium ceny

W niemal wszystkich artykułach zwracano uwagę, że kluczową zaletą technologii dopasowania zdjęć jest niższy koszt. Za skaner laserowy dla UAV, jednostkę IMU oraz odbiornik GNSS zapłacimy od 50 tys. do 300 tys. dolarów. Do tego trzeba jeszcze doliczyć 25-50 tys. dola-

rów za bezzałogowca, który uniesie to bogactwo. Jeśli natomiast dron ma służyć tylko do wykonywania zdjęć, za prostą platformę z sensorem załogowych, bo i z nich płyną ciekawe wnioski. W niemal wszystkich artykułach zwracano uwagę, że kluczową zaletą technologii dopasowania zdjęć jest niższy koszt. Za skaner laserowy dla UAV, jednostkę IMU oraz odbiornik GNSS zapłacimy od 50 tys. do 300 tys. dolarów. Do tego trzeba jeszcze doliczyć 25-50 tys. dola-



Pierwsze krajowe forum LiDAR POLSCAN 2019 w Sękocinie Starym. Choć drony wyposażone w skaner budzą duże zainteresowanie, wciąż pozostają rozwiązaniem niszowym



Przy mało zwartych lasach dane IPC (dolny przekrój) służą do stworzenia NMT. Górny przekrój: chmura ALS [5]

tu (1 tys. zł), szkolenia UAVO VLOS (1,5 tys. zł), ubezpieczenia OC (0,5 tys. zł za rok), oprogramowania (12-20 tys. zł) oraz stacji roboczej (od 8 tys. zł).

Choć od momentu napisania tego artykułu ceny systemów skaningowych zdążyły już spaść, trzeba sobie zadać pytanie, czy warto sięgać do niższych półek. Owszem, na rynku jest coraz więcej tanich skanerów (już nawet po kilka tysięcy dolarów), ale ich dokładność często okazuje się odpowiednia do ceny. Poza tym system skanujący to nie tylko LiDAR – jego ważną częścią jest jednostka inercyjna, która też swoje kosztuje. Artykuł szwedzkich naukowców [2] udowadnia zaś, że wybór słabszej IMU bardzo wyraźnie rzutuje na dokładność wynikowej chmury punktów.

W biznesplanie trzeba także uwzględnić zakup oprogramowania do przetwarzania danych – zwraca uwagę Aleksander Buczkowski. W przypadku dopasowania zdjęć wybór jest imponujący, a ceny – relatywnie niskie (zob. niezbędnik

„Drony dla geodety 2019” dostępny na Geoforum.pl). Kupując skaner laserowy, oprogramowanie do podstawowej obróbki chmury z reguły otrzymuje się już w pakiecie. Jeśli jednak chcemy wykonywać bardziej zaawansowane analizy, konieczna może okazać się kosztowna inwestycja w niszową aplikację (nawet 20-30 tys. dol.) – przestrzega przedstawiciel PwC.

Żeby bardziej skomplikować rachunek zysków i strat, znaczny, że pozyskanie chmury ze zdjęć (*image-derived point cloud* – IPC) jest bardziej pracochłonne. Po pierwsze, niezbędne jest pomierzenie w terenie fotopunktów. Po drugie, musimy zapewnić wyższe pokrycie poprzeczne i podłużne (nawet 70-90% względem około 20% w przypadku ALS), co mocno komplikuje kartowanie obiektów podłużnych, np. linii energetycznych. Spór pozostaje natomiast co do tego, czy wydłużyć to czas misji. Tak twierdzi Aleksander Buczkowski, choć grupa austriackich naukow-

ców utrzymuje – szczegółowo analizując specyfikację sensorów dostępnych w 2010 roku (a wiele się od tego czasu zmieniło) – że przy pozyskiwaniu chmury zdecydowanie bardziej wydajne są zdjęcia lotnicze. W ich ocenie ta różnica jest nawet 13-krotna [3]. Po trzecie, nawet jeśli zaakceptujemy te wyniki, największa różnica w pracochłonności i tak wychodzi podczas postprocessingu danych. Czas nalotu liczony jest bowiem w kwadransach, podczas gdy generowanie IPC – w godzinach, a czasem nawet w dniach. W zależności od projektu obróbka danych ze zdjęć trwa od dwóch [4] do nawet dziesięciu razy [1, 5] dłużej niż w przypadku danych z lotniczego skanowania laserowego (ALS).

• Szanuj zieleń

Drugą oczywistością, na jaką zwraca uwagę większość publikacji, jest radzenie sobie obu technologii z penetracją roślinności. Skanery laserowe mają tu niekwestionowa-

ną przewagę. Rejestrując kilka odbić wiązki lasera, mierzą nie tylko koronę drzew, ale także poszczególne piętra roślinne oraz – co szczególnie ważne w zastosowaniach geodezyjnych – grunt. Chmura punktów ze skanera pozwala więc uzyskać nie tylko numeryczny model pokrycia terenu, ale także numeryczny model terenu, a ponadto wykonywać różnorodne analizy przestrzenne, np. dotyczące biomasy.

W przypadku dopasowania zdjęć możemy być pewni tylko otrzymania NMPT, choć i z tym bywa problem – wiele zależy od typu roślinności oraz pory roku. Badania wykonane przez Wojciecha Dominika [6] wykazały, że IPC wyraźnie ustępuje chmurze punktów ALS nawet pod względem odwzorowania kształtu koron drzew. Żadna z analizowanych przez niego chmur ze zdjęć wykonanych poza okresem wegetacji nie przedstawiała choćby przybliżonego kształtu koron drzew. Stwierdził też przypadki, gdy chmura ze zdjęć w miejscu drzewa prezentowała jedynie grunt. Dodajmy, że w badaniu tym wykorzystano zobrazowania z platformy załogowej, wyposażonej w profesjonalny sprzęt fotogrametryczny.

Absolutnie nie jest jednak tak, że nad lasami drony stają się bezużyteczne – podkreślają autorzy dwóch artykułów opublikowanych w czasopiśmie „Forest”. Czwórka naukowców z Australii i Czech udowodniła, że dron z kamerą całkiem dobrze radzi sobie z pomiarem mniej zwartych lasów (tutaj eukaliptusowych), w tym gruntu, na którym rosną [5]. Przy większej zawartości koron zaczyna się jednak problemy, bo gęstość IPC dla gruntu spada do raptem 0,6 pkt/m kw, a jej dokładność drastycznie maleje. Na 132 drzewa rosnące na poligonie badawczym chmura ALS pozwoliła zidentyfikować 122, a z dopasowania zdjęć – 112. Obu technologiom gorzej poszło z identyfikacją pni – 52 dla ALS i 24 dla zdjęć. Jeśli chodzi o błąd RMS wy-

znaczenia wysokości drzew, dla ALS wyniósł 0,92 m, a dla zdjęć – 1,30 m.

Zespół naukowców z Chin porównał z kolei przydatność obu typów chmur do wyliczania różnych wskaźników w lasach gospodarczych strefy subtropikalnej [7]. W ich ocenie wprowadzić dane ze zdjęć okazują się mniej dokładne, ale zapewniają jakość, która do pewnych celów jest wystarczająca. Chińczycy wskazują nawet, że z punktu widzenia gospodarowania lasem korzystnym rozwiązaniem wydaje się połączenie NMT z ALS z systematycznie pozyskiwaną chmurą ze zdjęć.

Sporo ciekawych wniosków płynie z artykułu naukowców z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie i Uniwersytetu w Kolumbii Brytyjskiej [8]. Zestawili oni rezultaty 9 badań, w których porównano przydatność chmury ze zdjęć oraz ALS do szacowania objętości drewna w lasach. Przytoczone publikacje są zgodne – w tym konkretnym zastosowaniu różnice między analizowanymi typami danych są generalnie niewielkie. Autorzy artykułu postanowili jednak sprawdzić to na własną rękę na przykładzie borów sosnowych w Lasach Janowskich. Również te badania potwierdziły podobną przydatność obu chmur, choć udało się wygenerować szacunki na znacznie wyższym poziomie dokładności niż w cytowanych artykułach – to w dużej mierze zasługa specyfiki badanych lasów. Podkreślić jednak należy, że do tego typu modelowania niezbędny jest również NMT – w tym przypadku wykorzystano dane z lotniczego skaningu z projektu ISOK. Jeśli ich nie było, przydatność chmury ALS byłaby więc w tym zastosowaniu większa – zapewnia bowiem i NMT, i NMPT.

Nie wyobrażajmy sobie jednak, że ALS jest niezawodnym sposobem na pomiar terenów porośniętych roślinnością. I ta technologia czasem zawodzi. Pokazują to chociażby badania australijskich naukowców, w których chmury zarówno ze skanera laserowego, jak i z dopasowania zdjęć (obie pozyskane z niskiego pułapu) nie były w stanie spenetrować gęstych krzewów rosnących na skraju plaży [9].

Na ciekawy aspekt zwracają uwagę naukowcy z AGH [10], podkreślając, że na jakość chmur punktów wpływa nie tylko technologia jej pozyskania, ale także... orientacja sensora. Dla trawiastego stoku porównali oni dokładność danych z naziemnego skanera oraz ze zdjęć z drona. Okazało się, że znacznie lepiej poradziło sobie to drugie rozwiązanie, szczególnie po zastosowaniu algorytmów filtracji (pozwołyły one zredukować błąd o 25-40%). Dla wysokiej trawy naziemny skaning nie dał wiarygodnych wyników, a dla niższej – błąd RMS okazał się dwukrotnie większy niż w przypadku IPC.

Do wielu interesujących wniosków prowadzi już samo wizualne porównanie obu typów chmur. Większość przeanalizowanych przez nas artykułów jest zgodna: przy zbliżonych parametrach nalo-

tu zdjęcia zapewniają zdecydowanie gęstszą chmurę – czasem różnice wynoszą kilkadziesiąt procent [11], ale częściej są kilku- lub nawet kilkudziesięciokrotne [4, 5, 6]. W oczywisty sposób sprawia to, że IPC pozwala uchwycić więcej szczegółów. Co ważne, na aspekt ten zwraca uwagę już jeden z pierwszych artykułów na ten temat, napisany zresztą przez twórcę algorytmu SGM [12].

Nie zawsze jednak wszystkie badania prowadzą do tych samych wniosków. Na przykład w swojej analizie Wojciech Dominik stwierdził zarówno obiekty widoczne tylko na chmurze punktów LiDAR, jak i rozpoznawalne tylko na danych ze zdjęć [6].

W większości artykułów zwraca się także uwagę, że modele bazujące na zdjęciach cechuje większa ilość szumu oraz odstających pikiet [6, 9, 11]. Autorzy podkreślają, że algorytmy SGM kiepsko radzą sobie nie tylko z roślinnością (szczególnie, gdy liśćmi porusza wiatr [7]), ale także z cieniami czy wodą [6, 9].

Analiza przeprowadzona przez holenderską firmę Skeye wykazała jednak, że z szumami może być też odwrotnie [4]. Z wykonanych przez nią pomiarów pewnego betonowego falochronu jasno wynika, że to model ze zdjęć zdecydowanie wierniej i ładniej odwzorował

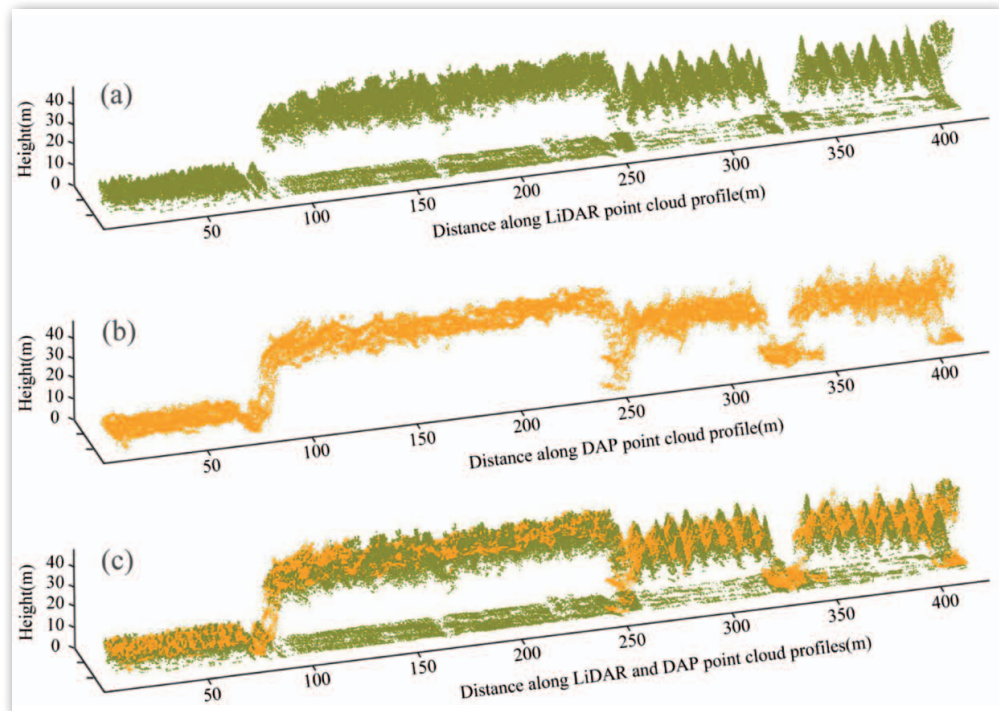
ten obiekt. Skąd te odmienne wnioski? Może zawinił kiepskiej jakości skaner, a może ten stosunkowo nowy artykuł (z początku 2019 r.) pokazuje postęp, jaki niewątpliwie dokonał się w algorytmach dopasowania zdjęć?

Ważnym zastosowaniem chmur punktów jest modelowanie zabudowy. Twórca algorytmu SGM twierdzi, że jeśli chodzi o odwzorowanie szczegółów, nieporównanie lepiej wypadają dane ze zdjęć [12]. Zwraca także uwagę, że chmura ta zapewnia zdecydowanie więcej pikiet dla fasad (co potwierdzają też badania Wojciecha Dominika [6]), natomiast na NMPT z ALS pionowe ściany są często nachylone. Z drugiej strony obaj naukowcy stwierdzają, że chmura ALS lepiej radzi sobie w wąskich ulicach. Dane te dokładniej odwzorują także dachy zacienione lub przesłonięte przez drzewa.

Wizualne różnice między dwoma typami chmur trafnie ujmują Wojciech Dominik. Jakość danych ze zdjęć jest po prostu trudno przewidywalna. „Są bardziej podatne na szereg czynników trudnych do kontrolowania (jakość zdjęć) i niejednorodnych na obszarze opracowania (geometria wcięcia, cienie). Skanowanie laserowe jest bardziej niezawodne, mniej zależ-

• Czego oczy nie widzą

Do wielu interesujących wniosków prowadzi już samo wizualne porównanie obu typów chmur. Większość przeanalizowanych przez nas artykułów jest zgodna: przy zbliżonych parametrach nalo-



Porównanie chmury z dopasowania zdjęć (kolor pomarańczowy) oraz z ALS (zielony) [7]

ne od czynników zewnętrznych. Planując nalot LiDAR przy zadanych parametrach, możemy się spodziewać, jaki produkt otrzymamy. Jakość jest w przybliżeniu jednolita na całym obszarze opracowania. Z góry wiadomo, w jakich miejscach jakość chmur punktów LiDAR może być słabsza – np. brak odbić od wody czy niektórych typów pokrycia dachowego – pisze [6]. W obronę chmurę ze zdjęć bierze Gabriel Torres z firmy MicaSense [13]. Jak wyjaśnia, duża redundancja danych sprawia, że jeśli w wynikowej chmurze zauważymy poważny błąd, z reguły możemy go poprawić, nie ruszając się z biura, poprzez wyeliminowanie wadliwych fotografii i powtórne uruchomienie algorytmu. W przypadku chmury z ALS jedynym wyjściem często okazuje się tylko powtórzenie nalotu.

Trzeba też wspomnieć, że chmura punktów ze zdjęć jest już od razu pokolorowana, co w przypadku ALS wymaga dołączenia kamery i większych nakładów pracy. Krótko mówiąc, ten pierwszy typ danych jest zdecydowanie łatwiejszy w wizualnej interpretacji. Są one zatem bardziej przydatne w różnego rodzaju inwentaryzacjach, inspekcjach czy w zarządzaniu majątkiem [1]. Mogą być także źródłem informacji spektralnych do analiz przestrzennych, np. w ochronie przyrody

czy rolnictwie [5], zapewniają także dane do teksturowania modeli 3D zabudowy [3].

• Z miarką w rękę

Może i gęsta chmura ze zdjęć ładniej wygląda, ale czy zapewnia dokładne dane? Autorzy większości artykułów zgodnie twierdzą, że pod tym względem oba typy danych są porównywalne. W szczegółach oczywiście znacznie się różnią – zależnie od przyjętej metodyki, użytych sensorów, mierzonego obiektu czy nawet pory roku.

Badania Michaela Schwinda objęły jedną z holenderskich zapór wodnych. Wykazały one rozbieżność wysokościową obu typów danych w przedziale do 0,8 m dla 95% punktów. Co jednak istotne, dla samej konstrukcji różnice nie przekroczyły 15 cm [11].

Warto tutaj także przytoczyć wyniki, jakie uzyskała geodeci Warszawskiego Przedsiębiorstwa Geodezyjnego podczas eksperymentu na 500-metrowym odcinku wiaduktu na Południowej Obwodnicy Warszawy (badania niepublikowane). Jego betonowa powierzchnia została pomierzona dwiema metodami: naziemnym skanerem laserowym (pomiar referencyjny) oraz poprzez nalot fotogrametryczny, którego celem było pozyskanie jak najdokładniejszej chmury punktów (pozyskano zdjęcia z pikse-

lem <1 cm, zastosowano pokrycie podłużne/poprzeczne 80/80%, wykorzystano 10 fotopunktów). Uzyskana ze zdjęć chmura została porównana z tą ze skaningu laserowego. Na powierzchniach odkrytych wartość błędu średniego obliczonego z różnic wysokości wyniosła $\pm 1,5$ cm (do obliczenia błędu wykorzystano ponad 12 mln pkt).

Intrygują wyniki uzyskane w eksperymencie holenderskiej firmy Skeye, który przeprowadzono na terenie falochronu. Błąd RMS względem niwelacji precyzyjnej okazał się znacznie większy w przypadku ALS niż zdjęć (20 vs 4 mm) [4]. Skaner wypadł gorzej również w badaniu niemieckich naukowców [2]. W zależności od analizowanego przekroju średni błąd pomiaru ALS wynosił od 0,5 cm do 60,7 cm, podczas gdy dla chmury ze zdjęć było to 8 cm. Autorzy tłumaczą te wyniki dobraniem kiepskiej jakości jednostki IMU.

W przypadku badań Wojciecha Dominika rezultaty nie są już tak jednoznaczne. „Chmury punktów LiDAR są obciążone większym błędem systematycznym niż chmury punktów SGM wygenerowane na podstawie zdjęć z kamer wielkoformatowych. (...) Niemal wszystkie zestawy zdjęć z kamer wielkoformatowych DMC I i DMC II dostarczają chmurę punktów o więk-

szej dokładności (mniejszym błędzie średnim) niż chmury punktów LiDAR. Odchylenie standardowe chmury punktów LiDAR jest mniejsze od niemal wszystkich chmur punktów SGM. Jedynie chmury punktów generowane na podstawie zdjęć o największym stosunku bazowym dorównują pod tym względem chmurom punktów LiDAR” [6].

Z kolei w badaniu studentów AGH porównano NMT z danych ISOK oraz ze zdjęć z drona. Mimo znacznej różnicy pułapu pozyskania danych błędy obu modeli okazały się podobne (RMS 12 cm dla ALS i 16 cm dla IPC), ale tylko wtedy, gdy do analizy wzięto zdjęcia z marca. Podczas sezonu wegetacyjnego błąd modelu z drona sięgnął natomiast aż 51 cm. Gdy jednak ograniczono badanie tylko do terenu odkrytego, oba modele znów miały podobną dokładność [14].

Australijscy naukowcy przebadali natomiast oba typy danych pozyskane z drona na plaży. W tym przypadku znacznie dokładniejsza okazała się chmura ALS – błąd RMS wyniósł 29 mm w porównaniu z 92 mm ze zdjęć. Badacze stwierdzili, że algorytmy SGM generalnie kiepsko radziły sobie z tego typu powierzchnią, generując spory błąd systematyczny oraz pojedyncze błędy rzędu nawet 30 cm. Głównym celem artykułu było jednak zbadanie przydatności obu technologii do obliczania objętości erodowanych i akumulowanych mas piasku. Autorzy stwierdzili, że mimo tej różnicy w dokładności wysokościowej obie chmury pozwoliły wyznaczyć objętości z dokładnością wymaganą dla tych prac [9].

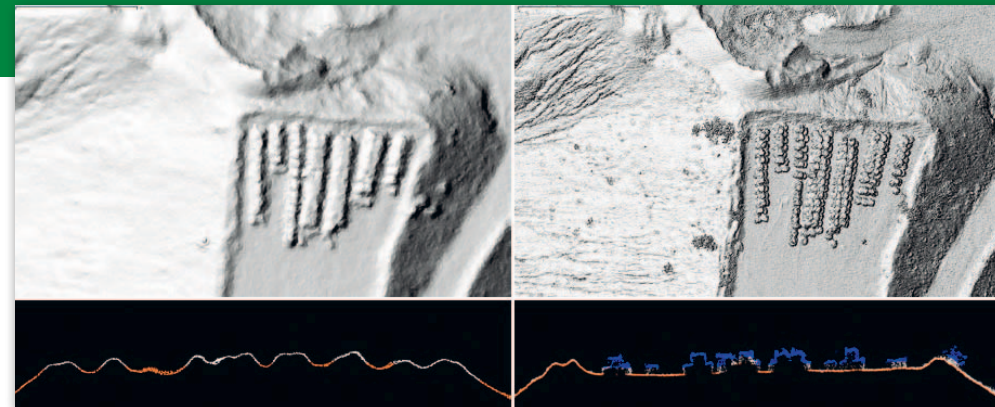
• Co najlepsze pod strzechy?

Przytoczone wyniki badań i eksperymentów pokazują, że dokładność chmury ze zdjęć może być bardzo różna. Jak zwraca uwagę część źródeł, nie mały wpływ na to mają umiejętności i wiedza ope-

ratora. Jeśli chcemy osiągnąć dokładność rzędu 1-3 cm, odpowiednie kwalifikacje są niezbędne już przy planowaniu nalotu – chodzi przede wszystkim o zapewnienie odpowiednio wysokiego wzajemnego pokrycia zdjęć, a tu trzeba uwzględnić chociażby typ kartowanego terenu. Nie mniej istotne jest także przygotowanie odpowiednio gęstej sieci fotopunktów [1, 2, 12].

Sporym wyzwaniem przy generowaniu precyzyjnych danych jest także dobór parametrów przetwarzania zdjęć. Każdy, kto miał kiedyś okazję pracować z aplikacjami bazującymi na algorytmach SGM, doskonale wie, że choć produkty te są proste w obsłudze, osiągnięcie zadowalającego rezultatu wymaga sporego doświadczenia. Do czego może doprowadzić wykorzystanie domyślnych parametrów aplikacji, świetnie pokazuje eksperyment przeprowadzony przez członków koła naukowego „Dahlta” z AGH [15]. Studenci zaprezentowali w nim wyniki modelowania niemieckiej wyrzutni rakiet „Córka Renu”. Jak sami piszą, pierwszy efekt przetwarzania przy użyciu jednego z popularniejszych programów bardziej przypominał smoka wawelskiego niż rakiety i dopiero po zmianie parametrów otrzymali poprawny efekt.

Tymczasem w przypadku ALS dokładność rzędu kilku centymetrów dostajemy niemal na tacy, i to bez dużej liczby punktów kontrolnych. Warunkiem jest jednak posiadanie wysokiej klasy systemu pomiarowego – podkreśla Aleksander Buczkowski [1]. Z tym poglądem polemizuje Gabriel Torres z firmy MicaSense. Uważa on, że osiągnięcie 1 cm dokładności chmury ze zdjęć to nie fizyka kwantowa. Trzeba się trzymać pewnych reguł, które znajdziemy choćby w materiałach dostępnych za darmo w internecie. Niezbędny jest także dobrej jakości sprzęt oraz oprogramowanie – to oczywiście dodatkowy koszt, który i tak jest



Porównanie szczegółowości modelu z dopasowania zdjęć (po lewej) oraz z połączenia chmury IPC i ALS z wykorzystaniem georeferencji wprost (po prawej) [16]

jednak nieporównywalny z precyzyjnym systemem ALS dla dronów. Poza tym proces dopasowania zdjęć jest w jego ocenie „bardziej wybaczący błędy”, a to za sprawą dużej redundancji danych [13].

• Podwójne korzyści

A może zamiast rozstrzygać, która technologia jest najdokładniejsza, lepiej je połączyć? Do takich wniosków prowadzi eksperyment zrealizowany w jednym z francuskich kamieniołomów przez firmę Yellow-Scan [16]. Wykazał on istotne korzyści, jakie płyną z użycia drona wyposażonego zarówno w skaner, jak i cyfrową kamerę. Po pierwsze, możemy zrezygnować z fotopunktów. Po drugie, mimo braku fotopunktów dokładność finalnych danych rośnie. Po trzecie, wynikowa chmura jest znacznie gęstsza, bardziej szczegółowa i penetruje roślinność. Żeby nie było tak różowo, wadą jest blisko dwukrotnie dłuższy czas przetwarzania danych i – o czym nie wspomina autor prezentacji – znacznie wyższy koszt sensorów. Bez wątpienia tego typu połączenie technologii będzie w najbliższych latach zyskiwać na popularności. Na rynku są już bowiem dostępne odpowiednie systemy pomiarowe dla dronów (np. True View firmy GeoCue), a także programy dopasowujące zdjęcia z wykorzystaniem chmury LiDAR (choćby Correlator3D firmy SimActive).

Jerzy Królikowski

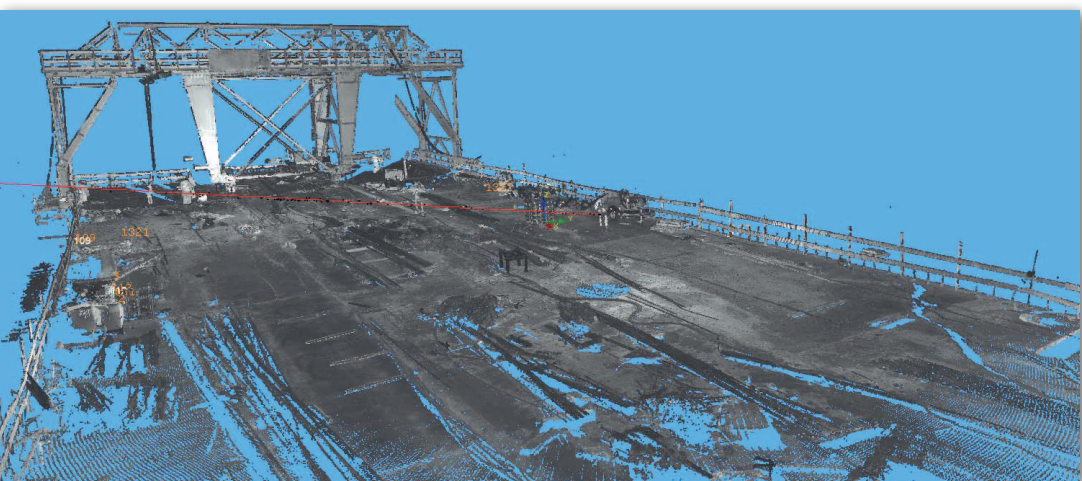
grametryczne drony dokonały rewolucji w geodezji. Gęsta i dokładna chmura punktów wreszcie stała się produktem łatwo dostępnym i tanim, co otworzyło nowe pola jej zastosowań. Choć z przytoczonych artykułów często płyną odmienne wnioski, to wydają się zgodnie potwierdzać, że pewne rzeczy pozostają w geodezji niezmiennie od wieków. Wciąż bowiem niezbędny jest fachowiec, który umiejętnie dobierze narzędzia pomiarowe do potrzeb klienta. Musi przy tym uwzględnić nie tylko wymaganą dokładność, ale i specyfikę projektu, w tym jego harmonogram i budżet. Podsumowując przeanalizowane tu artykuły, można nawet powiedzieć, że potrzeba takich specjalistów jeszcze nigdy nie była tak paląca!

Jerzy Królikowski

Literatura

- [1] A. Buczkowski: Drone LiDAR or Photogrammetry? Everything you need to know, Geoawesomeness, <https://geoawesomeness.com/drone-lidar-or-photogrammetry-everything-you-need-to-know/>;
- [2] G. Conte, P. Rudol, P. Doherty: Evaluation of a Light-weight Lidar and a Photogrammetric System for Unmanned Airborne Mapping Applications, „Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation” 4/2014;
- [3] F. Leberl, A. Irschara, T. Pock, P. Meixner, M. Gruber, S. Scholz, A. Wiechert: Point Clouds: Lidar versus 3D Vision, „Photogrammetric Engineering & Remote Sensing”, October 2010;
- [4] C. Chatzikyriakou: Comparing Drone Lidar And Photogrammetry, <https://terra-drone.eu/en/articles-en/comparing-drone-lidar-and-photogrammetry/>;
- [5] L. Wallace, A. Lucieir, Z. Malenovsky, D. Turner, P. Vopenka: Assessment of Forest Structure Using Two UAV

- Techniques: A Comparison of Airborne Laser Scanning and Structure from Motion (SfM) Point Clouds, „Forests” 7/2016;
- [6] L. Cao, H. Liu, X. Fu, Z. Zhang, X. Shen, H. Ruan: Comparison of UAV LiDAR and Digital Aerial Photogrammetry Point Clouds for Estimating Forest Structural Attributes in Subtropical Planted Forests, „Forests” 10/2019;
- [8] P. Hawryło, P. Tompalski, P. Wężyk: Area-based estimation of growing stock volume in Scots pine stands using ALS and airborne image-based point clouds, „Forestry” 90/2017;
- [9] L. Shaw, P. Helmholtz, D. Belton, N. Addy: Comparison of UAV LiDAR and imagery for beach monitoring, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences”, Volume XLII-2/W13, 2019;
- [10] W. Gruszczński, W. Matwij, P. Ćwiakła: Comparison of low-altitude UAV photogrammetry with terrestrial laser scanning as data-source methods for terrain covered in low vegetation, „ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing” 126 (2017);
- [11] M. Schwind: Comparing Lidar and Photogrammetric Point Clouds, „GiM International” 1-2/2018;
- [12] H. Hirschmüller, T. Bucher: Evaluation of Digital Surface Models by Semi-Global Matching, materiały konferencyjne DGPF Tagungsband 2010;
- [13] G. Torres: Drone photogrammetry vs. LIDAR: what sensor to choose for a given application, <https://wingtra.com/drone-photogrammetry-vs-lidar/>;
- [14] G. Maniak, D. Mielczarek: Oblicza NMT, GEODETA 3/2019;
- [15] W. Dziok: Cyfrowa „Córka Renu”, GEODETA 2/2019;
- [16] LiDAR, Photogrammetry and TLS, a case study in a Quarry, <https://youtu.be/OlpcDBgCKsQ>.



Eksperyment przeprowadzony przez WPG na estakadzie w ciągu południowej obwodnicy Warszawy wykazał, że przy zachowaniu odpowiedniej metodyki pomiaru chmura z dopasowania zdjęć może mieć zblzoną dokładność do naziemnego skanowania (na fot.)

Wykorzystanie danych z instrumentu Topcon GTL-1000 w praktyce

Wiele więcej niż skanowanie

GTL-1000 jest połączeniem nowego skanera 3D oraz doskonale znanego i sprawdzonego zmotoryzowanego tachimetru GT-1000. To unikatowe i bezkompromisowe rozwiązanie sprawdzi się zarówno przy prostszych, codziennych pracach, jak i bardziej skomplikowanych.

W życiu codziennym szukamy urządzeń umożliwiających realizację kilku różnicowanych zadań. Dobrym przykładem są telefony komórkowe, które służą dziś nie tylko do dzwonienia, a niektóre modele pozwalają nawet na skanowanie 3D otoczenia. Skanowanie laserowe staje się więc coraz bardziej powszechne i użyteczne. Stąd też w ofercie firmy Topcon, której TPI jest wyłącznym dystrybutorem, znajdziemy wszechstronne urządzenie GTL-1000. W tym artykule pokażemy jego działanie na konkretnych przykładach.

• Kontrola poziomości posadzki parkingu podziemnego

Duże inwestycje budowlane, zwłaszcza umiejscowione w gęstej zabudowie, często posiadają parkingi podziemne. Ich posadzki muszą być idealnie wypoziomowane choćby dlatego, aby w czasie eksploatacji w niektórych miejscach nie gromadziła się woda. Naprawa takiej wady na dalszym etapie budowy generuje opóźnienia oraz duże koszty.

2. Chmura punktów z pojedynczego stanowiska z dwoma punktami nawiązania pokolorowana według intensywności odbicia (oprogramowanie Topcon Magnet Collage)



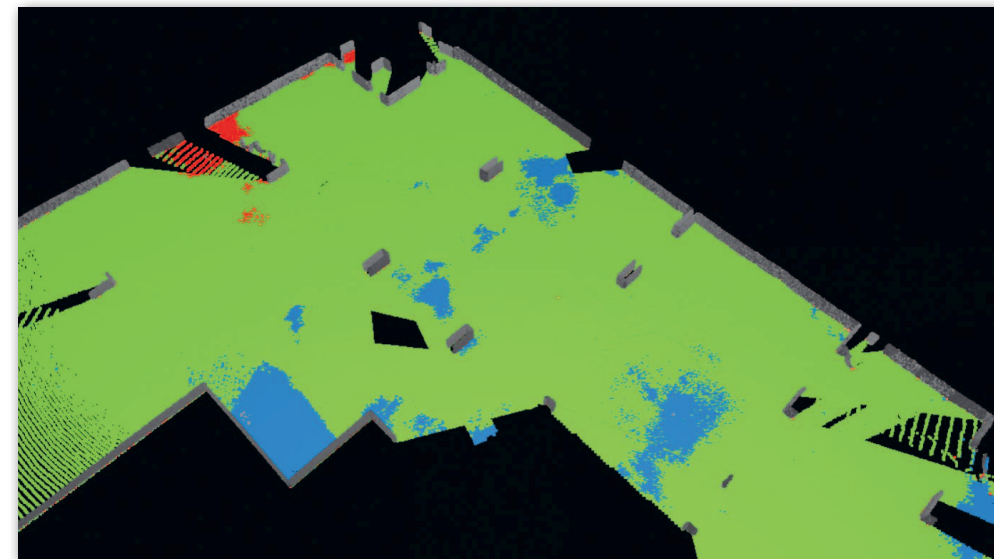
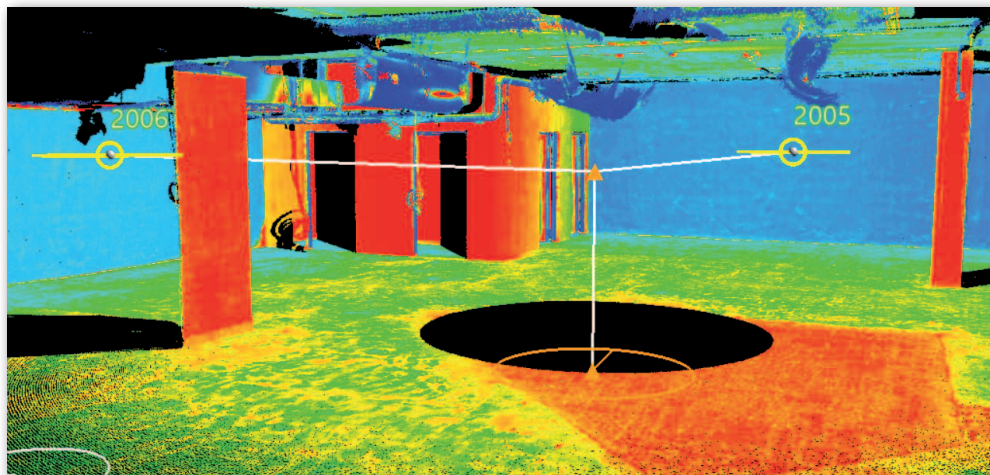
1. Skaner Topcon GTL-1000 podczas pracy

Badanie poziomości często wykonuje się za pomocą tachimetrów lub niwelatorów. Jednak wtedy uzyskujemy wartości odchyłek tylko w konkretnych, pomierzo-

nych punktach. Natomiast skanowanie 3D umożliwia zebranie bardzo dużej ilości gęstych danych pozwalających na wykrycie nawet małych nierówności. Urzą-

dzenie Topcon GTL bazujące na tachimetrze można bardzo dokładnie spoziomować i nawiązać do układu współrzędnych inwestycji. Posłużyć do tego mogą zarówno punkty wcześniej wczytane, jak i wskazane bezpośrednio na modelu CAD lub BIM. Po nawiązaniu instrumentu pozostaje tylko wykonać skan, co zajmuje mniej niż 5 minut nawet w najbardziej szczegółowym trybie pomiaru z pozyskaniem kolorów. Kilka takich stanowisk wystarczy, aby zebrać dane o ukształtowaniu posadzki na dużej powierzchni.

W opisywanym przypadku pierwsze stanowisko zostało nawiązane do 4 punktów osnowy. Kolejne wstępnie dopasowano za pomocą metody Shift. Pliki ze skanowania zaimportowano do Topcon



3. Chmura punktów posadzki pokolorowana według wartości odchyłki od poziomu. Kolor czerwony i niebieski – odchyłki powyżej 1,5 cm. Kolor zielony – odchyłki do 1,5 cm (oprogramowanie Gexcel Reconstructor)



4. Kolorystyczna mapa odchyłek poziomości wraz z siatką punktów z dokładnymi wartościami (oprogramowanie Gexcel Reconstructor)



5. Chmura punktów w układzie współrzędnych modelu BIM (oprogramowanie Autodesk Navisworks)

Magnet Collage, gdzie – dzięki temu, że instrument już podczas pomiaru był wpasowany w układ – wystarczyło dopasować skany między sobą metodą chmura do chmury. Następnie chmury punktów wyeksportowano do oprogramowania Gexcel Reconstructor, w którym przystąpiono do kontroli poziomości. Skan ograniczono do badanego obszaru i utworzono płaszczyzną referencyjną na docelowej wysokości posadzki. Wynik porównania rzeczywistej powierzchni posadzki do idealnie poziomej płaszczyzny pokazano na rys. 3. Możliwe jest też utworzenie siatki punktów np. co 2 m z dokładnymi wartościami odchyłek. Łącząc obie te metody prezentacji wyników badania, otrzymujemy bardzo obrazową informację o poziomości posadzki.

• Kontrola jakości wykonania inwestycji

W Stanach Zjednoczonych oraz w wielu krajach Europy praktycznie wszystkie inwestycje budowlane są już prowadzone z wykorzystaniem metodologii BIM. Również w Polsce zyskuje ona na popularności. Jednym z jej wymogów jest utworzenie, a następnie systematyczne aktualizowanie modelu 3D inwestycji. Błędów na budowie nie sposób uniknąć, ważne jednak, aby w miarę szybko je wykryć i skorygować. Pozwała na to Topcon GTL-1000 wraz z oprogramowaniem Clearedge3D Verity. Poprzez szybkie skanowanie 3D i wpasowanie do układu współrzędnych modelu BIM/CAD jesteśmy w stanie kontrolować obszary inwestycji w sposób systematyczny.

Program Verity porównuje skan 3D rzeczywistego stanu inwestycji z idealnym modelem 3D oraz pokazuje, które elementy zostały błędnie zamontowane (wraz z informacją o wielkości tego błędu). Kolejną ważną funkcją to śledzenie postępu prac. Odbywa się ono poprzez zestawienie elemen-

tów zamontowanych poprawnie lub niepoprawnie oraz elementów niewykrytych.

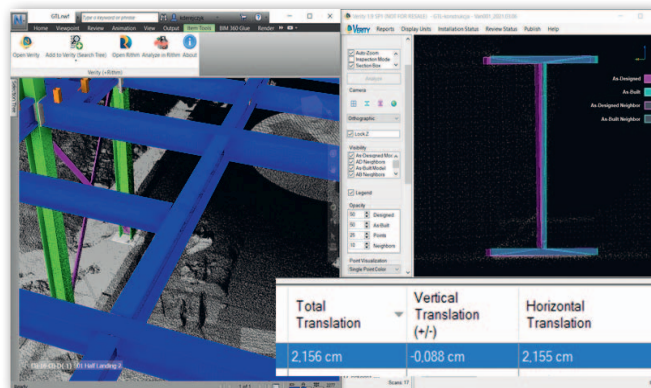
Wszystkie zestawienia oraz raporty generowane są jako interaktywne raporty HTML oraz tabele XLS, co pozwala w prosty sposób udostępniać dalej wszystkie informacje na temat stanu inwestycji budowlanej.

• Wspomaganie prac w geodezji inżynierskiej

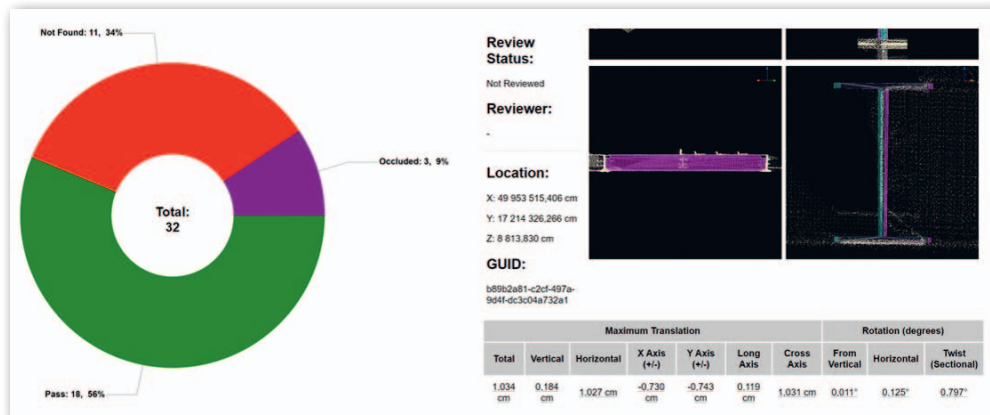
Tachimetry już od wielu lat dostarczają niezbędnych informacji o geometrii mierzonego obiektu. Często okazuje się jednak, że pomiar punktowy jest niewystarczający. Wtedy skanowanie 3D wydaje się doskonałym uzupełnieniem. Jednak w wielu pracach, zwłaszcza w przypadku dużych obiektów, bardzo istotne jest ściśle trzymanie się układu lokalnego lub geodezyjnego. W rezultacie, chcąc wykorzystać

w jednym układzie. Pomiar tachymetryczny zyskuje też kontekst, co minimalizuje pomyłki przy interpretacji wyników.

Dodatkowo posiadanie chmury punktów sprawia, że do pozyskania brakujących danych wystarczy pomierzyć niezbędny punkt na skanie. Dzięki temu unikniemy powrotu w teren. Dane ze skanowania 3D mogą też posłużyć do wzbogacenia wyników



6. Analiza błędów montażu pojedynczej belki (oprogramowanie Clearedge3D Verity)



7. Wygenerowany interaktywny raport podsumowujący analizy (oprogramowanie Clearedge3D Verity)



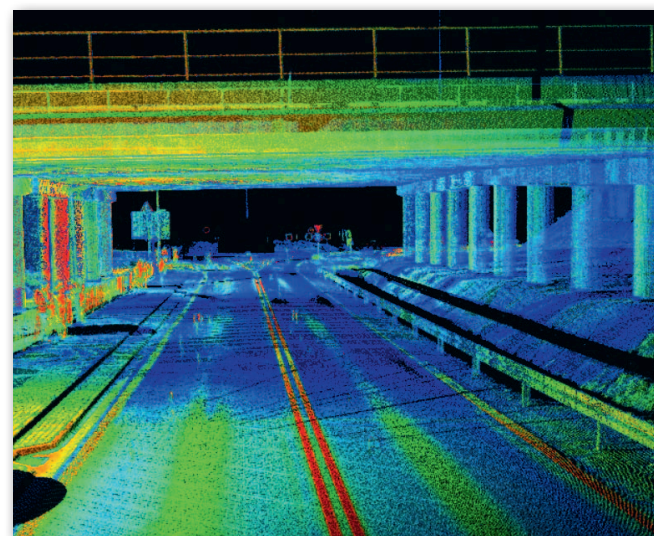
8. Od góry: punkty zmierzone tachymetrycznie, punkty zmierzone tachymetrycznie wraz z chmurą punktów, uzupełnienie danych z pomiaru tachymetrycznego punktami pozyskanymi ze skanu 3D

tać skanowanie 3D, musimy używać dwóch urządzeń – tachimetru i skanera 3D, a następnie chmury punktów wpasować w docelowy układ współrzędnych. Topcon GTL-1000 eliminuje ten problem – klasyczne pomiary tachymetryczne możemy od razu uzupełniać skanowaniem 3D, bo pracujemy tylko

pomiaru oczekiwanych przez zleceniodawcę.

Powyższe przykłady pokazują zaledwie kilka zastosowań GTL-1000. Wkrótce na pewno pojawią się kolejne. Więcej informacji o tej rynkowej nowości można znaleźć na stronie www.gtl.tpi.com.pl.

Karol Derejczyk, Piotr Matyjasek
TPI Sp. z o.o.



9. Skan 3D wiaduktu pozyskany w celu uzupełnienia danych z pomiarów metodami klasycznymi (oprogramowanie Topcon Magnet Collage)

Najważniejsze wiadomości co tydzień w Twojej skrzynce



Zapisz się
na newsletter
Geoforum.pl

geoforum.pl/newsletter

YellowScan Mapper – zintegrowany skaner laserowy dla bezałogowców

Skanowanie z drona

Francuska marka YellowScan od lat integruje i wprowadza na rynek najwyższej jakości rozwiązania lidar przeznaczone dla fotogrametrii niskiego pułapu. Jej przedstawicielem w Polsce jest firma Geoline.

Ultralekkie i łatwe w użyciu systemy do gromadzenia danych są wykorzystywane przez klientów na całym świecie w takich dziedzinach, jak geodezja, leśnictwo, badania środowiskowe, archeologia, inspekcja przemysłowa, inżynieria lądowa czy górnictwo. Ich kluczowym elementem są zawsze odpowiednie sensory. Dlatego YellowScan sięga wyłącznie po urządzenia sprawdzonych producentów (Riegl, Livox, Applanix IMU), dostarczając finalny produkt najwyższej klasy.

• System dla każdego drona

Nowy YellowScan Mapper UAV LiDAR to system do gro-



Kluczowe cechy YellowScan Mapper

- precyzja 2 cm i dokładność 3 cm
- wysoka gęstość pozyskiwanej chmury punktów oraz wysoka dokładność i precyzja
- niewielka waga – 1,5 kg z baterią
- prosta obsługa
- własne zasilanie
- możliwość montażu na dowolnym dronie
- korzystny stosunek ceny do jakości i wydajności

madzenia danych przeznaczony dla bezałogowców i bazujący na wysokowydajnym skanerze laserowym Livox Horizon. Skaner zintegrowany jest ze specjalnie zaprojektowanym dla statków powietrznych sensorem Applanix IMU, który odpowiada za precyzyjne wyznaczenie trajektorii nalogu. Wszystko to przekłada się na wysoką jakość pozyskanych danych.

System ten zamontowany na wielowirnikowcu DJI Matrice 300 pozwala pomierzyć obszar 10 ha w zaledwie 3 minuty (prędkość lotu 10 m/s, wysokość 70 m AGL, 120-metrowe pokrycie). Co ważne, YellowScan Mapper można zintegrować nie tylko z dronami DJI M300 lub M600 (dla których Geoline oferuje specjalne mocowania), ale z każdym bezałogowcem.

YellowScan Mapper mieści się w kompaktowym plecaku



System YellowScan Mapper zintegrowany z wirnikowcem DJI Matrice 300

• Kontrola w trakcie nalogu

Wraz ze sprzętem producent dostarcza również oprogramowanie CloudStation do obróbki pozyskanej chmury punktów. Pozwala ono na wyodrębnianie, przetwarzanie i wyświetlanie danych natychmiast po wykonaniu nalogu. Z kolei generowanie trajektorii i plików LAS odbywa się za pomocą paru kliknięć.

Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest zaprojektowany specjalnie dla geodetów pakiet LiveStation dający operatorowi pełną kontrolę nad nalogiem w czasie rzeczywistym. Dostarcza on wszelkich niezbędnych informacji, umożliwiając płynne pozyskiwanie danych nawet w trudnych warunkach. Pakiet zapewnia



Kompatybilność z pakietem LiveStation umożliwia wizualizację na żywo gromadzonych danych lidar

podgląd pozyskiwanej chmury jeszcze w czasie trwania lotu, pozwala na jej powiększanie, przesuwanie lub ob-

racanie. Po zakończonej misji natychmiast przedstawia podsumowanie. Dzięki temu użytkownik łatwo sprawdzi

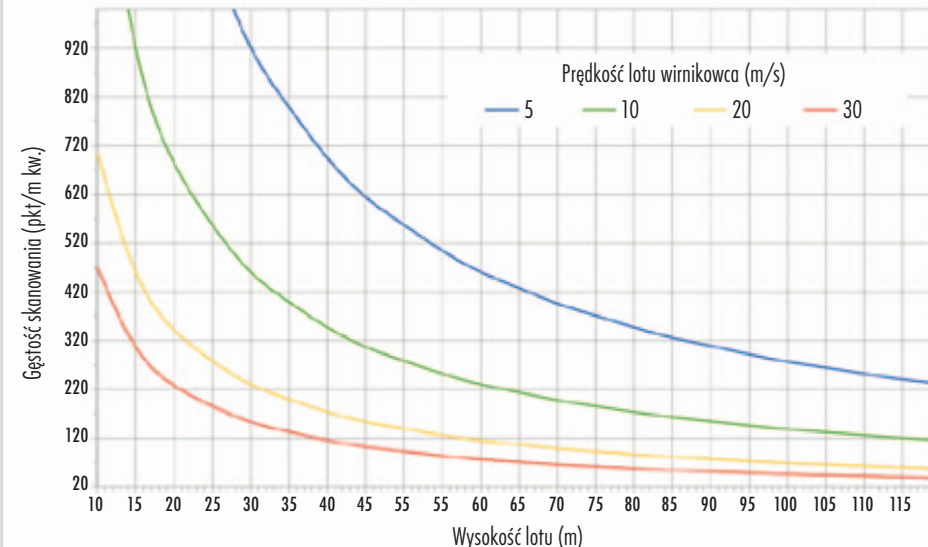
np., czy lidar prawidłowo spenetrował przeszkody, koronę lasu, poszycie, a co za tym idzie – czy możliwe będzie stworzenie wiarygodnego numerycznego modelu terenu.

• Dla wielu branż

Z uwagi na niewielkie gabaryty, możliwość integracji z wirnikowcami różnych marek oraz wysokie parametry dokładnościowe YellowScan Mapper UAV LiDAR otwiera nowe perspektywy dla wielu branż inżynierskich. Zachęcamy do kontaktu i zapisania się na dni testowe. Więcej szczegółów na stronie polskiego przedstawiciela YellowScan: <https://geoline.pl>.

Adam Domagała
Geoline

Gęstość skanowania systemem YellowScan Mapper w zależności od prędkości i wysokości lotu



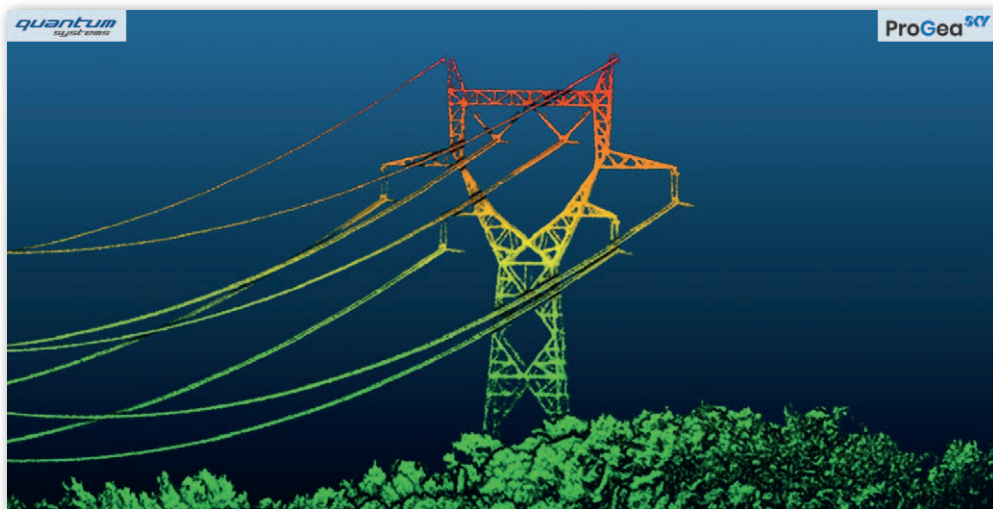
Kompaktowe systemy ULS rewolucjonizują rynek pomiarów

Laserem z drona

Kilka lat temu dynamiczny rozwój systemów/platform bezzałogowych statków powietrznych (SBSP) odmienił rynek opracowań bazujących na klasycznej fotogrametrii lotniczej. Teraz nową rewolucję przynosi technologia bezzałogowego skanowania laserowego (ULS).

W fotogrametrii nisko-pułapowej bardzo kosztowną pracę wykwalifikowanych operatorów stacji fotogrametrycznych zastąpiono automatycznymi metodami dopasowania zdjęć lotniczych w celu generowania chmur punktów 3D (IPC, *image point cloud*). Dodatkowo rozwiązania pomiarowe bazujące na nawigacji GNSS pozwalają na ograniczenie liczby sygnalizowanych fotopunktów (GCP), co przyspiesza wykonywanie opracowań i obniża ich koszty. Wykorzystanie rozwiązań GNSS-RTK czy PPK (*post-processing kinematic*) pozwala dziś na osiąganie kilkucentymetrowej dokładności orientacji bezwzględnej (EO) stereomodeli zdjęć SBSP, a tym samym generowanie precyzyjnych chmur punktów 3D z automatycznego przetwarzania tysięcy par zdjęć.

O ile jednak w przypadku budynków czy dróg wykazujących pewną planarność nie ma większych problemów z generowaniem chmur IPC, to na obszarach z roślinnością czy infrastrukturą energetyczną często dochodzi do błędów dopasowania zdjęć i w efekcie powstania lub generowania błędnych modeli 3D. Brak możliwości sklasyfikowania gruntu sprawia, że nawet fotogrametria niskiego



1. Wizualizacja chmury punktów ULS fragmentu linii energetycznych (pozyskanej przy użyciu Qube 240)

pułapu wsparta wysokorozdzielczymi kamerami RGB (np. 42 Mpx) nie jest w stanie zapewnić odpowiednich danych – np. w celu wygenerowania numerycznego modelu terenu (NMT) w monitorowa-

niu wałów przeciwpowodziowych porośniętych gęstą roślinnością.

Ograniczenia te nie dotyczą jednak sensora lidar. Za technologia bezzałogowego skanowania laserowego, okreś-

laną mianem ULS (*Unmanned Laser Scanning*), stoi rozwój i miniaturyzacja urządzeń skanujących (np. skaner LI-VOX AVIA), rozwój systemów GNSS oraz IMU, nowe jednostki nawigacji bezwładnościowej (INS), a także rozwiązania SBSP (np. VTOL).

• ULS – jak to działa?

Nadawanie tzw. bezpośredniej georeferencji (DG, *Direct Georeferencing*) pozyskiwanym chmurom punktów lidar czy też określanie parametrów orientacji zewnętrznej (EO) kamery cyfrowej może być już realizowane bez stosowania GCP. Oczywiście w celu kontroli albo do procesu kalibracji kamery wykonawcy sygnalizują GCP w terenie, jednak

liczba tych punktów jest niewielka. Systemy nadawania bezpośredniej georeferencji, jak np. POS AV (Applanix), umożliwiają efektywne pozyskiwanie geodanych. W przypadku jednostki IMU, jedyną czynnością z zakresu inicjalizacji jest wykonanie przed samą misją ULS przelotu po osi ósemki, podczas którego jednostka się kalibruje. Ponadto trzeba pamiętać, że w czasie misji ULS oraz przed i po zakończeniu akwizycji chmur punktów stacja bazowa GNSS musi jakiś czas zbierać obserwacje.

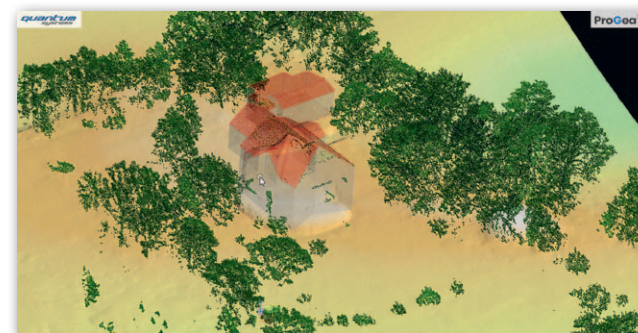
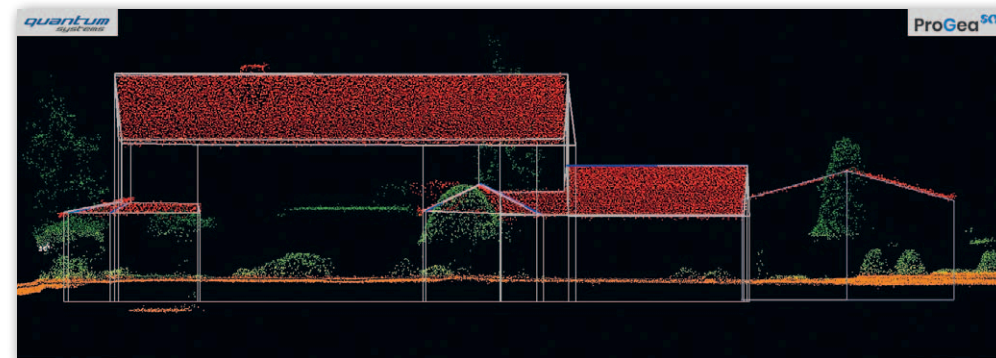
Pozyskanie chmur punktów ULS realizowane jest podczas nalołu w szeregach (czasem krzyżowych) z pułapu 60-120 m AGL. Wyrównanie szeregów i nadanie georeferencji chmurom punktów realizowane jest w specjalistycznym oprogramowaniu z wykorzystaniem wskazań jednostki IMU, obserwacji GNSS (po post-processingu) oraz płaszczyzn dachów (np. TerraMatch UAV; Terrasolid).

Chmury punktów ULS charakteryzują się dokładnością 2-3 cm (Z) oraz gęstością 80-300 pkt/m kw. (w zależności od pokrycia szeregów i wysokości lotu AGL) i mogą być wykorzystane do generowania precyzyjnych modeli wysokościowych (NMT, NMPT czy zNMPT). Technologia ULS umożliwia tworzenie modeli terenów pokrytych wysoką roślinnością dzięki penetracji warstwy koron drzew i krzewów przez wiązkę lasera. Pozwala też na detekcję i wektoryzację linii energetycznych, generowanie modeli 3D budynków, obliczanie objętości mas ziemnych w procesie planowania i monitorowania inwestycji realizowanych coraz częściej w technologii BIM (*building information modeling*).

Wdrożenie systemów ULS przynosi takie korzyści, jak:

• Zastosowania ULS

ULS sprawdzi się m.in. w monitoringu infrastruktury energetycznej. Wektoryza-



3. Powyżej: modele 3D budynków, po lewej: sklasyfikowana chmura punktów ULS Qube 240 (Terrasolid; TerraScan)

wały o rozpoczęciu dystrybucji systemów ULS z półki „economy” przeznaczonych dla firm geodezyjnych czy instytutów badawczych i uczelni. Obecnie ProGea Sky oferuje rozwiązania firm Quantum Systems i Yellowscan (skaner Qube 240) oraz innowacyjne systemy ULS firmy Geosun.

• Wysoka wydajność i precyzja Qube 240

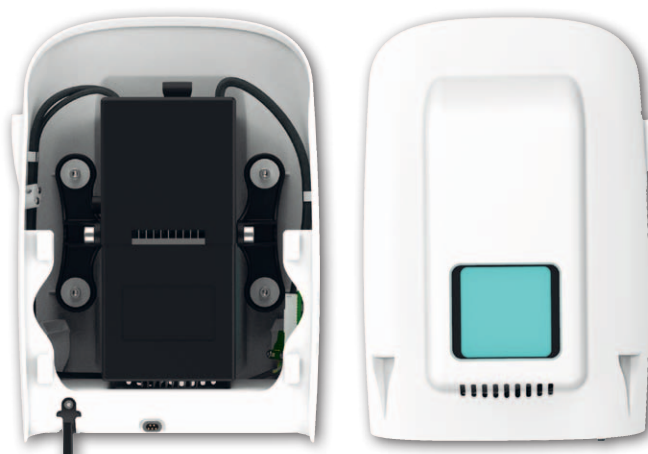
Skaner Qube 240 (rys. 2) to ultralekki i kompaktowy system ULS, będący wynikiem integracji:

- skanera laserowego nowej generacji LIVOX AVIA (720 tys. pkt/s przy 3 rejestrowanych odbiciach; dwa typy śladu wiązki),

- precyzyjnego systemu pozycjonowania POS służącego do

duża oszczędność czasu pozyskania danych 3D, uniezależnienie się od warunków oświetleniowych (w projektach, w których wykonanie zdjęć RGB nie jest wymagane), brak konieczności sygnalizowania GCP (wykorzystanie DG) oraz automatyzacja procesów klasyfikacyjnych chmur punktów 3D i generowania modeli wysokościowych (NMT lub NMPT).

Grupa kapitałowa ProGea 4D i ProGea Sky Sp. z o.o. – tworzące od wielu lat rynek usług lidar – zdecyd-



2. System ULS Qube 240 dla VTOL Trinity F90+



4. Rodzina produktów ULS firmy Geosun Navigation

bezpośredniego nadawania georeferencji (DG) pozyskiwanym chmurom punktów 3D; jest to połączenie satelitarnej pozycji (GNSS) i bezwładnościowej nawigacji (APX-15 UAV, Applanix) rejestrującej kąty skręcenia platformy oraz wartości przyspieszenia i kierunek przemieszczania się platformy.

Jednostka Qube 240 powstała w wyniku współpracy firm Quantum Systems oraz YellowScan. Zamontowana w przedziale fotogrametrycznym VTOL Trinity F90+ jest w stanie w ciągu 60-minutowego lotu na 1 baterii pozyskać chmurę o gęstości 80- 100 pkt/m² dla około 100 ha. Pierwsze demonstracje systemu Qube 240 potwierdziły osiąganie dokładności na poziomie 2-3 cm (rzędna Z).

Oprogramowanie Applanix POSPac™ UAV umożliwia precyzyjny postprocessing danych POS. Dokładności wyrównania i nadawania georeferencji chmurom punktów można jeszcze podnieść, stosując np. oprogramowanie TerraMatch UAV (Terrasolid). Więcej szczegółów dotyczących systemu i przykładów zastosowania można znaleźć na stronie www.progeasky.pl.

• Nisza dla kompaktowych systemów ULS

Firma Geosun, bazując na innowacyjnych technologiach producentów technologii laserowych (np. LIVOX, Velodyne czy HESAI), projektuje ultrakompaktowe systemy ULS z własnymi systema-



5. System skanowania laserowego ULS GS-260P (Geosun)



6. System ULS GS-260P (Geosun) z kamerą Sony RX1RII zamontowany na wirnikowcu DJI M600Pro

mi INS i oprogramowaniem do nadawania bezpośredniej georeferencji chmurom punktów. Rozwiązania ULS Geosun można zintegrować m.in. z platformami DJI M300 oraz DJI M600. Nadają się one też do konstruowania własnych systemów mobilnego skanowania laserowego (MLS, *Mobile Laser Scanning*). Systemy ULS Geosun pozwalają na osiągnięcie dokładności na poziomie na-

wet 2-3cm. Elementy składowe przykładowego systemu GS-260P to:

- skaner laserowy nowej generacji (LIVOX AVIA),
- precyzyjny system pozycjonowania – odbiornik satelitarne (GNSS) oraz jednostka IMU AGS 303 (STIM300),
- kamera cyfrowa RGB (opcjonalnie).

Skaner laserowy LIVOX AVIA pozwala na pozyskanie do 720 tys. pkt/s przy rejestracji 3 odbić (ech sygnału). Wykorzystanie autorskiego rozwiązania POS

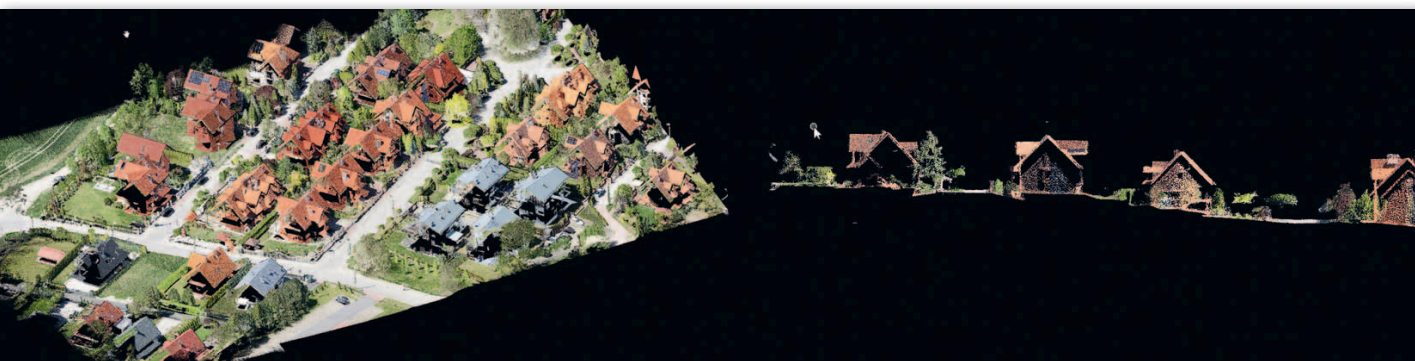
• Proces opracowania i przetwarzania chmur

Przetwarzanie chmur punktów ULS jest relatywnie szybkie i częściowo zautomatyzowane dzięki takim programom, jak: POSPac™ UAV (Applanix) oraz Cloud Station (Yellow Scan) w przypadku systemu Qube 240, a także POS – Geosun Shuttle oraz Geosun gAir-Hawk (Geosun Navigation). Klasyfikację chmury punktów ULS, jej wektoryzację (np. budynki 3D – rys. 3, linie energetyczne – rys. 7) oraz analizy przestrzenne można wykonywać m.in. w oprogramowaniu TerraScan UAV, TerraModeler UAV czy TerraPhoto UAV (Terrasolid).

• ULS trafia pod strzechy

Wszystko wskazuje na to, że kompaktowe skanery laserowe, takie jak LIVOX AVIA, przyczynią się do szybkiej popularyzacji systemów ULS w wybranych pracach geodezyjnych, tj. tam, gdzie akceptowalne są dokładności rzędu kilku cm, liczy się krótki czas realizacji prac czy panują niekorzystne warunki oświetleniowe. Niewątpliwie pozyskiwanie chmur punktów w obszarach zalesionych czy zadrzewionych przyniesie wiele korzyści związanych z precyzyjnymi modelami terenu czy modelami pokrycia terenu. Jedynie kwestią czasu pozostaje dodatkowe wykorzystanie systemów ULS do realizacji autonomicznych misji SBSP.

Piotr Wężyk,
Ewelina Lara-Lobenstein
ProGea Sky sp. z o.o.



Rys. 7. Chmura punktów ULS lidar pozyskana systemem GS-260P i pokolorowana przy użyciu zdjęć z kamery Sony RX1RII (42 Mpx)



System LiDAR ULS Qube 240



do 720tys. pkt/sek.
przy 3 odbiciach wiązki laserowej

+ wymienne kamery:



systemy ULS



RAINPOO
kamery do zdjęć ukośnych



oprogramowanie



ProGea sky

Przegląd trendów technologicznych na rynku lidarów

Poczwórny renesans

Jeszcze niedawno wydawało się, że skanowanie laserowe popadło w marazm. Ale dziś można wymienić przynajmniej cztery przesłanki, które świadczą o tym, że technologia ta ma najlepsze lata dopiero przed sobą.



Wirnikowiec DJI Matrice 300 z podwieszonym skanerem Zenmuse L1

Drugim zaskoczeniem jest cena. U krajowych dystrybutorów L1 można nabyć już za niecałe 50 tys. zł, a więc w cenie porównywalnej ze zmotoryzowanym tachimetrem. A podobnych skanerów pojawia się na rynku coraz więcej. Tylko czy jest tu jakiś haczyk? Ależ oczywiście! Dystrybutorzy tego typu lidarów po cichu przyznają, że jakość dostarczanej przez nie chmury punktów jest wyraźnie gorsza od sprzętu renomowanych marek, dostępnego w 2-3-krotnie wyższych cenach. Ale mimo to znajdują one użytkowników, dla których taka jakość danych jest wystarczająca. Niewątpliwie producenci skanerów dążą jednak do tego, by z biegiem czasu różnice w cenie i dokładności skanerów ULS z górnej i dolnej półki były coraz mniejsze.

• Po drugie, jabłuszko

Niewykluczone, że „game changerem” dla rynku skanerów naziemnych mogą stać się nowe tablety i smartfony Apple’a, które od ubiegłego roku wyposażone są w lidar. Oczywiście sensor ten umieszczono tam nie po to, by wykonywać precyzyjne pomiary, ale raczej w celach rozrywkowych – by np. kręcić filmiki na TikToka

Jerzy Królikowski

Przygotowując poprzednie edycje niezbędnika SKANOWANIE LASEROWE, odczuwaliśmy swego rodzaju dysonans. Z jednej strony publikowaliśmy opisy niezwykle ciekawych projektów, które rodzime firmy realizowały z wykorzystaniem lidarów. Ale z drugiej strony w tabelach ze specyfikacją sprzętu nowości można było zliczyć na palcach jednej ręki i tylko nieliczne wydawały się w jakiś sposób innowacyjne. Czy oznacza to, że dotarliśmy już do granic rozwoju technologicznego tego sprzętu? W żadnym razie! Po prostu rynek nie potrzebował

dalszego śrubowania parametrów pomiarowych. Analizując jednak tegoroczne tabele, widzimy, że coś wreszcie w nich drgnęło.

• Po pierwsze, drony

Nie sposób przeoczyć tego, że zdecydowanie najwięcej nowości (23) uzbierało się w zestawieniu skanerów lotniczych, a przede wszystkim w instrumentach dla bezzałogowych statków powietrznych. Wydaje się to paradoksem, bo jeszcze kilka lat temu, gdy drony przebojem wchodziły na światowe rynki, nie brakowało ekspertów, którzy wieszczili, że zmarginalizują one znaczenie skanerów laserowych w geodezji. Szybko jednak okazało się, że chmu-

ra generowana ze zdjęć lotniczych ma istotne wady, jak choćby brak penetrowania roślinności. Na rynku zaczęły się zatem pojawiać pierwsze skanery dla dronów. Początkowo były piekielnie drogie i niepraktycznie ciężkie, ale z biegiem lat wady te stawały się coraz mniej dokuczliwe.

Za przełom w rozwoju bezzałogowego skaningu (określanego skrótem ULS) należy uznać zeszłoroczną premierę skanera Zenmuse L1. W urzędzeniu tym zaskakuje przede wszystkim to, że wypuścił je światowy potentat w dziedzinie dronów, czyli chińska firma DJI. Skoro zdecydowano się na taką premierę, świadczy to dobitnie o ogromnym potencjale rynku ULS.



System viDoc RTK pozwala wykorzystać iPhone’a lub iPada do generowania modeli 3D o centymetrowej dokładności

z atrakcyjnymi efektami wizualnymi. Ale nie brak prób wykorzystania tego skanera do tworzenia metrycznych modeli 3D, o czym szerzej można przeczytać na stronie 20. Jednym z najbardziej obiecujących rozwiązań jest viDoc RTK – moduł, który umożliwia wykorzystanie urządzeń mobilnych

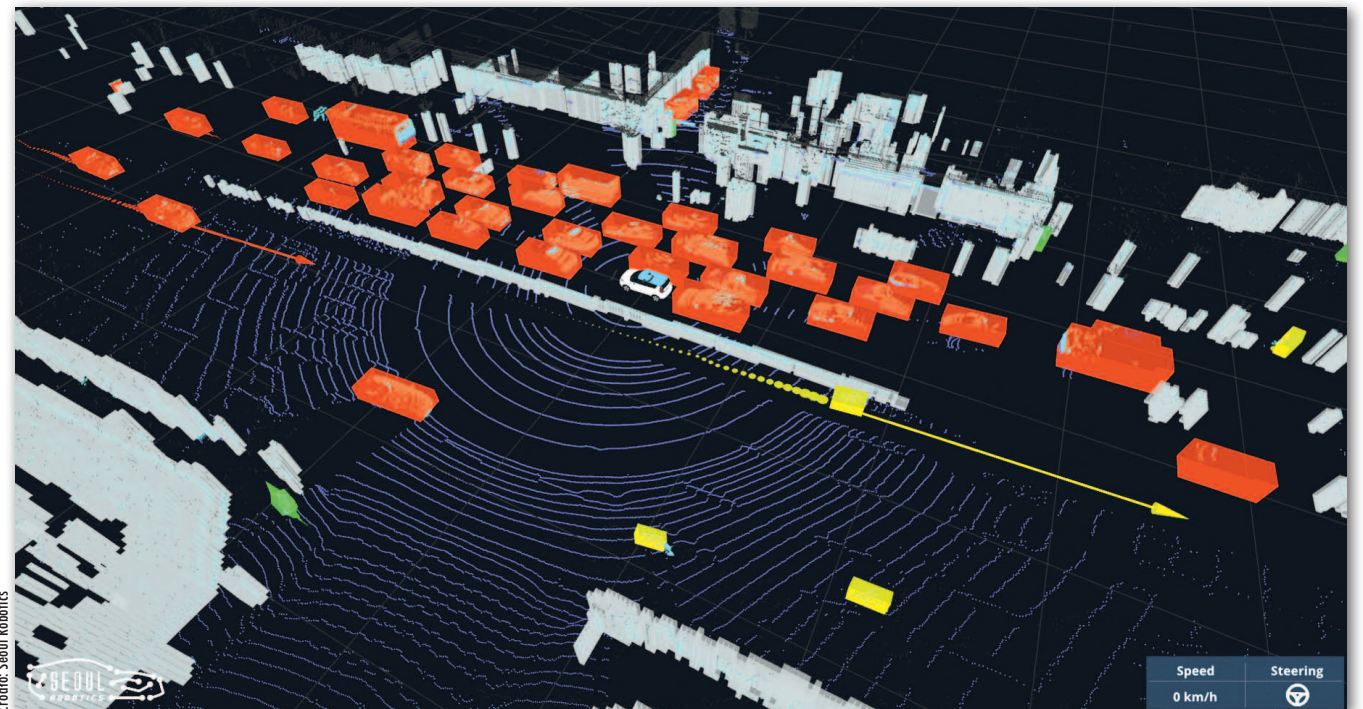
Apple do pomiarów RTK, a w połączeniu z aplikacją Pix4Dcatch pozwala na generowanie modelu *mesh* o dokładności nawet 5 cm. W ocenie firmy Pix4D taki zestaw może stanowić tanie, dokładne i jednocześnie wydajne rozwiązanie do pozyskiwania tzw. cyfrowych bliźniaków infrastruktury.

– Cieszymy się, że algorytmy Pix4D poszerzają technologię konsumencką o możliwość osiągania profesjonalnych rezultatów. Podobnie było w przypadku dronów kilka lat temu, a teraz przyszła kolej na urządzenia mobilne, które pozwalają profesjonalistom digitalizować świat i przekształcać go w do-

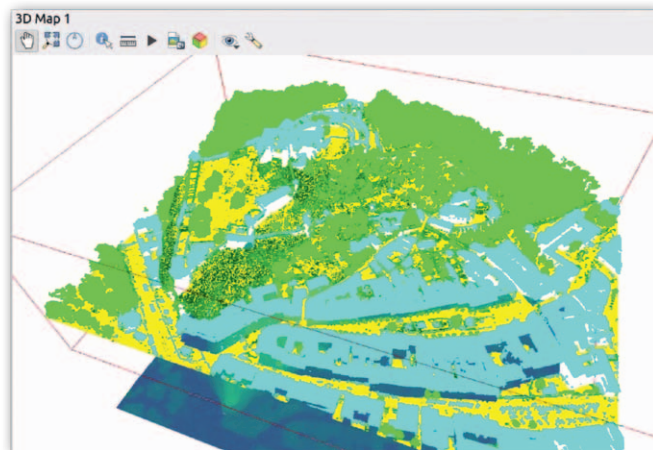
kładne modele 3D za ułamek ceny. Nowe rozwiązanie łączy dokładne geotagowanie obrazów przy użyciu pomiarów RTK z fotogrametrią i skanowaniem laserowym – komentuje Christoph Strecha, założyciel i dyrektor generalny Pix4D. Czy jego prognozy są przesadzone? Niekoniecznie, jeśli weźmiemy pod uwagę, że do montowania skanerów w smartfonach szykują się kolejni producenci, np. Samsung.

• Po trzecie, open data

Już od kilku lat powtarzamy: żeby korzystać z zalet skanowania laserowego, wcale nie trzeba posiadać skanera. Wystarczy dostęp do chmury punktów. A od zeszłorocznej nowelizacji Prawa geodezyjnego i kartograficznego ten dostęp jest zdecydowanie łatwiejszy! Dane z lotniczego skanowania laserowego możemy bowiem pobierać z Geoportalu za darmo dla całego kraju. I to zarówno chmurę punktów, jak i produkty pochodne, czyli numeryczne modele terenu i pokrycia terenu. Grzech z tego bogactwa nie korzystać! Tym bardziej, że w planach GUGiK na najbliższe lata jest systematycz-



System Discovery firmy Seoul Robotics automatycznie rozpoznaje w chmurze punktów samochody, pieszych czy rowerzystów



Wizualizacja chmury punktów w otwartym oprogramowaniu QGIS 3.18

ne aktualizowanie tej bazy w cyklu 8-letnim. Przykładowo w tym roku lotniczy skaning ma objąć całe województwo lubuskie, w przyszłym – pomorskie i zachodniopomorskie, a w 2023 r. – małopolskie i podkarpackie.

• Po czwarte, software

I tak przechodzimy do kolejnego punktu na liście przesłanek świadczących o świetnych perspektywach skanowania laserowego: oprogramowanie. Owszem, w naszym zestawieniu aplikacji do obróbki chmur punktów nowości jest niewiele, ale za to możliwości poszczególnych produktów szybko rosną. Nowe funkcje koncentrują się dziś na jeszcze szybszej i bardziej automatycznej wektoryzacji chmury punktów. Twórcy aplikacji coraz częściej powtarzają ponadto hasło sztucznej inteligencji. Jeszcze do niedawna w szeroko rozumianej geodezji algorytmy te były wykorzystywane głównie do analizowania zobrażeń lotniczych i satelitarnych, teraz jednak znajdują zastosowanie również w klasyfikowaniu chmury punktów.

Ciekawym przykładem jest zaprezentowany niedawno przez koreańską firmę Seoul Robotics produkt Discovery. To połączenie hardware'u i software'u, które w sposób całkowicie automatyczny rozpoznaje w chmurze punktów np. osoby, samochody czy rowerzystów, a także może te obiekty śledzić. Wynala-

zek zaprojektowano głównie z myślą o pojazdach autonomicznych, ale z pewnością znajdzie on liczne zastosowania również w geodezji czy GIS.

Bodaj najważniejszą lida-rową nowością software'ową ostatnich miesięcy jest jednak... otwarta aplikacja QGIS. Po wielu latach oczekiwań wersja 3.18 wreszcie obsługuje chmury punktów! Na razie program oferuje jedynie podstawowe funkcje pracy na tego typu danych, związane głównie z wizualizacją. Dynamiczny rozwój tego projektu wskazuje jednak, że możliwości obróbki chmury punktów w QGIS będą się szybko rozwijać.

• Laser dla każdego!








Niewątpliwie postęp technologiczny z ostatnich lat sprawił, że skanowanie laserowe nie jest już technologią zarezerwowaną jedynie dla najbogatszych i najbardziej zaawansowanych technologicznie firm. Chmura punktów jest coraz chętniej wykorzystywana nie tylko do skomplikowanych projektów, ale także do modernizacji EGİB czy opracowania mapy do celów projektowych. Śmiało można zatem powiedzieć, że technologia ta prędzej czy później trafi pod geodezyjne strzechy. Już teraz warto więc sobie zadać pytanie, czy jesteśmy gotowi na ten renesans skanerów, czy będziemy go tylko obserwować z ostatniego rzędu.

Jerzy Królikowski








SKANERY NAZIEMNE

MARKA	Basis Software		Basis Software	Basis Software	Basis Software	Basis Software
MODEL	Surphaser Model 10		Surphaser Model 75 (USR)	Surphaser Model IR_100 HQ	Surphaser Model IR_100 HS	Surphaser Model IR_400 HP
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2016		2018	2015	2015	2017
PRZEZNACZENIE	inżynieria odwrotna, kontrola jakości, architektura, kryminalistyka		inżynieria odwrotna, kontrola jakości, architektura, kryminalistyka	inżynieria odwrotna, kontrola jakości, architektura, kryminalistyka	inżynieria odwrotna, kontrola jakości, architektura, kryminalistyka	inżynieria odwrotna, kontrola jakości, architektura, kryminalistyka
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	fazowy		fazowy	fazowy	fazowy	fazowy
LASER						
średnica plamki [mm/m]	brak danych		0,8/0,5; 1,2/2	brak danych	brak danych	brak danych
długość fali [nm]	1550		685	685	685	1550
klasa bezpieczeństwa	1		3R	3R	3R	1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA						
odległości [mm/m]	<0,7/15		<0,15/1,5	<0,35/5	<0,7/15	<0,9/15
kąta [°]	25		25	25	25	25
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	208 000		brak danych	1 200 000	1 200 000	832 000
ZASIĘG SKANOWANIA						
minimalny [m]	1,0		0,25	1,0	1,0	1,0
maksymalny [m]	50 lub 110		2,5	35	50	110
POLE WIDZENIA						
w pionie [°]	270		270	270	270	270
w poziomie [°]	360		360	360	360	360
OPROGRAMOWANIE						
do pomiarów	Surphaser		Surphaser	Surphaser	Surphaser	Surphaser
do postprocessingu	Geomagic, Polyworks		Geomagic, Polyworks	Geomagic, Polyworks	Geomagic, Polyworks	Geomagic, Polyworks
OBSŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS						
wewnętrzny dysk twardy [GB]	brak		brak	zapis na kartę pamięci	zapis na kartę pamięci	brak
ekran	brak		brak	brak	brak	brak
liczba klawiszy	2		2	4	4	2
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
OBSŁUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	laptop		laptop	laptop	laptop	laptop
REJESTRACJA DANYCH						
format zapisu obserwacji	C3D		C3D	C3D	C3D	C3D
format importu/eksportu	siatki trójkątów: DXF, MSH, STL; chmury punktów: MNS, PTS, PTB, XYZ, XYZT, XYA, DXF, PTX, BTX, PLD, PTC, TZS, SPT, GPD		siatki trójkątów: DXF, MSH, STL; chmury punktów: MNS, PTS, PTB, XYZ, XYZT, XYA, DXF, PTX, BTX, PLD, PTC, TZS, SPT, GPD	siatki trójkątów: DXF, MSH, STL; chmury punktów: MNS, PTS, PTB, XYZ, XYZT, XYA, DXF, PTX, BTX, PLD, PTC, TZS, SPT, GPD	siatki trójkątów: DXF, MSH, STL; chmury punktów: MNS, PTS, PTB, XYZ, XYZT, XYA, DXF, PTX, BTX, PLD, PTC, TZS, SPT, GPD	siatki trójkątów: DXF, MSH, STL; chmury punktów: MNS, PTS, PTB, XYZ, XYZT, XYA, DXF, PTX, BTX, PLD, PTC, TZS, SPT, GPD
KOMPENSATOR	brak		brak	brak	brak	brak
APARAT CYFROWY						
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	wbudowane		wbudowane	opcja	opcja	2 wbudowane
matryca [Mpx]	2 x 5		2 x 5	60	60	2 x 5
format zapisu zdjęć	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
SENSORY ZEWNĘTRZNE	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	czujnik przechyłu
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi		lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi	lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi	lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi	lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi
ZASILANIE						
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-Ion 14 V, 49 Wh/1,5-2 (2 bat.)		Li-Ion 14 V, 49 Wh/1,5-2 (2 bat.)	Li-Ion 14 V, 49 Wh/1,5-2 (2 bat.)	Li-Ion 14 V, 49 Wh/1,5-2 (2 bat.)	Li-Ion 14 V, 49 Wh/1,5-2 (2 bat.)
zasilanie zewnętrzne	tak		tak	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	automatyczne kolorowanie chmury		automatyczne kolorowanie chmury	automatyczne kolorowanie chmury	automatyczne kolorowanie chmury	automatyczne kolorowanie chmury
OGÓLNE						
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	278 x 200 x 118		278 x 200 x 118	381 x 219 x 120	381 x 219 x 120	278 x 200 x 118
waga z baterią [kg]	5		4,9	11	11	5,8
norma pyło- i wodoszczelności	IP54		IP54	IP54	IP54	IP54
temperatura pracy [°C]	5 do 40		5 do 40	5 do 40	5 do 40	5 do 40
wyposażenie podstawowe	zasilacz, 2 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, adapter do statywu, kontener transportowy		zasilacz, 2 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, adapter do statywu, kontener transportowy	zasilacz, 2 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, adapter do statywu, kontener transportowy	zasilacz, 2 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, adapter do statywu, kontener transportowy	zasilacz, 2 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, adapter do statywu, kontener transportowy
gwarancja [miesiące]	12		12	12	12	12
dystybutor	ECTS		ECTS	EC TEST Systems	EC TEST Systems	EC TEST Systems

SKANERY NAZIEMNE

								
MARKA	Basis Software	Basis Software	Carlson Software		Carlson Software	Carlson Software	Faro	Faro
MODEL	Surphaser Model IR_400 HQ	Surphaser Model SR_100	FiX1		Scan750	Scan2K	Focus M70	Focus S70
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2017	2015	2020		2020	2020	2016	2017
PRZEZNACZENIE	inżynieria odwrotna, kontrola jakości, architektura, kryminalistyka	inżynieria odwrotna, kontrola jakości, architektura, kryminalistyka	skan. złóż/hald wewnątrz pomieszczeń i na zewnątrz z automat. wyliczeniem objętości i masy, monitoring		skanowanie na zewnątrz i wewnątrz, inżynieria, przemysł, architektura, archeologia, geologia, monitoring	skanowanie na zewnątrz i wewnątrz, inżynieria, przemysł, architektura, archeologia, geologia, monitoring	architektura, pomiary inżynierskie, ochrona zabytków, inwentaryzacje, inspekcje, BIM	architektura, pomiary inżynierskie, ochrona zabytków, inwentaryzacje, inspekcje, BIM
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	fazowy	fazowy	InGaAs Laser Diode		impulsowy	impulsowy	fazowy	fazowy
LASER								
średnica plamki [mm/m]	brak danych	brak danych	2,25 x 1,5 mrad		brak danych	brak danych	2,12 na wyjściu	2,12 na wyjściu
długość fali [nm]	1550	685	905		1550	1550	1550	1550
klasa bezpieczeństwa	1	3R	1		1	1	1	1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA								
odległości [mm/m]	<0,7/15	<0,3/3	10/50		4/100	4/100	3,0	1,0
kąta [°]	25	25	19,8		brak danych	brak danych	brak danych	19
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	brak danych	brak danych	19,8		2/100	2/100	1,5/10	1,5/10
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	832 000	1 200 000	15 000		500 000	500 000	500 000	1 000 000
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	1,0	1,0	0,5		1,5	1,5	0,6	0,6
maksymalny [m]	140	7	250		750	2000	70	70
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	270	270	200		120 (od -45 do +70)	120 (od -45 do +70)	300	300
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	360	360
OPROGRAMOWANIE								
do pomiarów	Surphaser	Surphaser	interfejs web		wewnętrzne	wewnętrzne	Faro Scene	Faro Scene
do postprocessingu	Geomagic, Polyworks	Geomagic, Polyworks	interfejs web		ATLAScan Software	ATLAScan Software	Gexcel Reconstructor, EdgeWise, Faro AsBuilt, Autodesk ReCap i inne	
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS								
wewnętrzny dysk twardy [GB]	brak	zapis na kartę pamięci	brak		250	250	brak	brak
ekran	brak	brak	brak		640 x 480 px	640 x 480 px	dotykowy	dotykowy
liczba klawiszy	2	4	1		1	1	1 + klawiatura wirtualna	1 + klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		pełna obsługa skanera	pełna obsługa skanera	panel serwisowy, administracyjny, obsługa skanowania, podgląd skanów	
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	laptop	laptop	interfejs web dla smartfonów, tabletów, laptopów		interfejs web dla smartfonów, tabletów, laptopów	interfejs web dla smartfonów, tabletów, laptopów	laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon
REJESTRACJA DANYCH								
format zapisu obserwacji	C3D	C3D	BIN		Teledyne Optech	Teledyne Optech	FLS	FLS
format importu/eksportu	siatki trójkątów: DXF, MSH, STL; chmury punktów: MNS, PTS, PTB, XYZ, XYZT, XYA, DXF, PTX, BTX, PLD, PTC, TZS, SPT, GPD	siatki trójkątów: DXF, MSH, STL; chmury punktów: MNS, PTS, PTB, XYZ, XYZT, XYA, DXF, PTX, BTX, PLD, PTC, TZS, SPT, GPD	BIN, LAS, GRID		CSV, ASC, E57, BIN, TXT, SCAN, SURVEY.XML, PTC, LAS, LAZ, PLY, PTS, 3DS, DXF, DAE, IFC, STL, WRL, VRML, OBJ przez ATLAScan	CSV, ASC, E57, BIN, TXT, SCAN, SURVEY.XML, PTC, LAS, LAZ, PLY, PTS, 3DS, DXF, DAE, IFC, STL, WRL, VRML, OBJ przez ATLAScan	FLS, E57, PTZ, PTX, XYZ, DXF, IGS, PTS, POD, STL, OBJ, PLY poprzez Faro Scene	FLS, E57, PTZ, PTX, XYZ, DXF, IGS, PTS, POD, STL, OBJ, PLY poprzez Faro Scene
KOMPENSATOR	brak	brak	brak		dwuosiowy	dwuosiowy	tak	tak
APARAT CYFROWY								
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	2 wbudowane	opcja	brak		2 wbudowane (opcja: Nikon D5600)	2 wbudowane (opcja: Nikon D5600)	wbudowany	wbudowany
matryca [Mpx]	2 x 5	60	nie dotyczy		2 x 5	2 x 5	165	165
format zapisu zdjęć	brak danych	brak danych	nie dotyczy		JPEG/jak w aparacie zewnętrznym	JPEG/jak w aparacie zewnętrznym	JPG, PNG	JPG, PNG
SENSORY ZEWNĘTRZNE	czujnik przechyty	brak danych	brak		zewnętrzny aparat cyfrowy	zewnętrzny aparat cyfrowy	GPS, inklinometr, barometr, kompas, wysokościomierz	GPS, inklinometr, barometr, kompas, wysokościomierz
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi	lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi	USB A, port seryjny 9-pin typ D, Ethernet RJ45, port antenowy SMA, port zasilania 4-pin, SIM		USB, Ethernet, AUX, zewnętrzny aparat, zasilanie	USB, Ethernet, AUX, zewnętrzny aparat, zasilanie	czytnik kart SD, SDHC i SDXC, wi-fi	czytnik kart SD, SDHC i SDXC, wi-fi
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-Ion 14 V, 49 Wh/1,5-2 (2 bat.)	Li-Ion 14 V, 49 Wh/1,5-2 (2 bat.)	brak danych		wewnętrzna + 2 wymienne/2,5	wewnętrzna + 2 wymienne/2,5	Li-Ion/4,5	Li-Ion/4,5
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	automatyczne kolorowanie chmury	automatyczne kolorowanie chmury	automat. wyliczanie objętości przez porównanie skanu do powierzchni referencyjnej, automat. skanowanie zgodnie z harmonogramem i wysyłanie raportów		zdalne sterowanie przez wi-fi, możliwość rozbudowy o moduł skanowania mobilnego, możliwość montażu zewnętrznego odbiornika GNSS RTK, zapis do 4 odbić z pojedynczego sygnału, skaner galwanometryczny		HDR 2x, 3x i 5x oraz Night Mode (do pomiarów w ciemnym środowisku)	HDR 2x, 3x i 5x oraz Night Mode (do pomiarów w ciemnym środowisku), możliwość łączenia skanów podczas skanowania
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	278 x 200 x 118	381 x 219 x 120	314 (śr.) x 495		217 (śr.) x 323	217 (śr.) x 323	230 x 103 x 183	230 x 103 x 183
waga z baterią [kg]	5,8	11	12,5		11,2	11,2	4,2	4,2
norma pyło- i wodoszczelności	IP54	IP54	IP67		IP64	IP64	IP54	IP54
temperatura pracy [°C]	5 do 40	5 do 40	-40 do 50		-20 do 50	-20 do 50	-20 do 55	-20 do 55
wyposażenie podstawowe	zasilacz, 2 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, adapter do statywu, kontener transportowy	zasilacz, 2 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, adapter do statywu, kontener transportowy	walizka transportowa, kabel Ethernet, antena GSM/wi-fi, kabel zasilający, zestaw do montażu skanera		inklinometr, L1 GNSS, kompas, baterie, kable, ładowarka, walizka transportowa	inklinometr, L1 GNSS, kompas, baterie, kable, ładowarka, walizka transportowa	bateria, ładowarka, karta pamięci 32 GB, czytnik kart, waliza	bateria, ładowarka, karta pamięci 32 GB, czytnik kart, waliza
gwarancja [miesiące]	12	12	12		12	12	12 z możliwością wydłużenia	12 z możliwością wydłużenia
dystybutor	EC TEST Systems	EC TEST Systems	NaviGate		NaviGate	NaviGate	TPI	TPI








SKANERY NAZIEMNE

								
MARKA	Faro	Faro	GeoMax		Leica	Leica	Leica	Leica
MODEL	Focus S150+	Focus S350+	SPS Zoom 300		BLK360	RTC360	RTC360 LT	ScanStation P30
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2020	2020	2014		2017	2018	2019	2015
PRZEZNACZENIE	architektura, pomiary inżynierskie, ochrona zabytków, inwentaryzacje, inspekcje, BIM	architektura, pomiary inżynierskie, ochrona zabytków, inwentaryzacje, inspekcje, BIM	pomiary topograficzne i inżynieryjne, architektura, pomiary tuneli, pomiary w kopalniach odkrywkowych		geodezja, architektura i zabytki, archeologia, kryminalistyka	pomiary inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki, kryminalistyka	pomiary inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki, kryminalistyka	pomiary inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki, kryminalistyka, topografia
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	fazowy	fazowy	impulsowy		impulsowy z WFD	impulsowy z WFD	impulsowy z WFD	impulsowy z WFD
LASER								
średnica plamki [mm/m]	2,12 na wyjściu	2,12 na wyjściu	brak danych		<3,5 na wyjściu	<3,5 na wyjściu	<3,5 na wyjściu	<3,5 na wyjściu
długość fali [nm]	1550	1550	brak danych		830	1550	1550	1550
klasa bezpieczeństwa	1	1	1		1	1	1	1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA								
odległości [mm/m]	1,0	1,0	6/50		<4/10	1 + 10 ppm (szum: 0,5/10)	1 + 10 ppm (szum: 0,5/10)	1,2 + 10 ppm (szum: 0,5/50)
kąta [°]	19	19	36		40	18	18	8
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	1,5/10	1,5/10	brak danych		5, 10 lub 20/10	3, 6 lub 12/10	3, 6 lub 12/10	0,8-50/10
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	2 000 000	2 000 000	40 000		360 000	2 000 000	1 000 000	1 000 000
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	0,6	0,6	2,5		0,4	0,5	0,5	0,4
maksymalny [m]	150	350	300		60	130	130	120
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	300	300	90 (od -25 do +65)		300	300	300	290
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	360	360
OPROGRAMOWANIE								
do pomiarów	Faro Scene	Faro Scene	interfejs WWW		wewnętrzne, Cyclone Field360	wewnętrzne, Cyclone Field360	wewnętrzne, Cyclone Field360	wewnętrzne, Cyclone Field360, Fieldworx
do postprocessingu	Gexcel Reconstructor, EdgeWise, Faro AsBuilt, Autodesk ReCap i inne	Gexcel Reconstructor, EdgeWise, Faro AsBuilt, Autodesk ReCap i inne	Geomax X-PAD MPS Office		Leica Cyclone, Register360, Cyclone 3DR, Cyclone Field/QuickPlan	Leica Cyclone, Leica Cyclone Register 360, Cyclone 3DR, Leica IMS 360, Leica CloudWorx dla: AutoCAD, Microstation, REVIT, Navisworks, AVEVA PDMS, Intergraph SmartPlant 3D, NavisWorks, Cyclone Field/QuickPlan		
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS								
wewnętrzny dysk twardy [GB]	brak	brak	32		32	256 przez USB	256 przez USB	256 przez USB
ekran	dotykowy	dotykowy	brak		brak	kolorowy, dotykowy, QVGA 480 x 800 px	kolorowy, dotykowy, QVGA 480 x 800 px	kolorowy, dotykowy, QVGA 640 x 480 px
liczba klawiszy	1 + klawiatura wirtualna	1 + klawiatura wirtualna	brak		1	1	1	klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	panel serwisowy, administracyjny, obsługa skanowania, podgląd skanów	panel serwisowy, administracyjny, obsługa skanowania, podgląd skanów	włączanie, wyłączenie, informacja o statusie skanera		nie dotyczy	zarządzanie projektami, skanowanie, podgląd	zarządzanie projektami, skanowanie, podgląd	zarządzanie projektami, skanowanie, pomiar tarcz, nawigazania, wcięcie wstecz, podgląd
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon	smartfon, tablet, PC		iPad, iPhone, tablet, smartfon	iPad, iPhone, tablet, smartfon	iPad, iPhone, tablet, smartfon	laptop, iPad, iPhone, tablet, smartfon
REJESTRACJA DANYCH								
format zapisu obserwacji	FLS	FLS	X3A		BIN	BIN	BIN	BIN
format importu/eksportu	FLS, E57, PTZ, PTX, DXF, IGS, PTS, POD, STL, OBJ, PLY poprzez Faro Scene	FLS, E57, PTZ, PTX, XYZ, DXF, IGS, PTS, POD, STL, OBJ, PLY poprzez Faro Scene	ASCII, PTS, PTX, E57, DXF, DWG, LandXML, SHP, KML		RCP, ASCII (TXT, PTS, PTX), COE, E57	ASCII (TXT, PTS, PTX), COE, 3DD, RSP, ZFS, TIFF, JPEG, PNG, LandXML, SIMA, IXF, FLS, FWS, LAS, E57, Leica MS50	ASCII (TXT, PTS, PTX), COE, 3DD, RSP, ZFS, TIFF, JPEG, PNG, LandXML, SIMA, IXF, FLS, FWS, LAS, E57, Leica MS50	ASCII (TXT, PTS, PTX), COE, 3DD, RSP, ZFS, TIFF, JPEG, PNG, LandXML, SIMA, IXF, FLS, FWS, LAS, E57, Leica MS50
KOMPENSATOR	tak	tak	tak		IMU	IMU	IMU	tak
APARAT CYFROWY								
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	wbudowany	wbudowany	2 wbudowane		wbudowany HDR i sensor termalny	wbudowany HDR	wbudowany HDR	wbud. HDR (opcja: Canon EOS 60D - 90D)/iSTAR
matryca [Mpx]	165	165	5		150 dla panoramy	432 dla panoramy	432 dla panoramy	700 dla panoramy
format zapisu zdjęć	JPG, PNG	JPG, PNG	PNG		JPG	JPG	JPG	JPG, JXR
SENSORY ZEWNĘTRZNE	GPS, inklinometr, barometr, kompas, wysokościomierz	GPS, inklinometr, barometr, kompas, wysokościomierz	GPS		brak	brak	brak	GPS RTK
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	czytnik kart SD, SDHC i SDXC, wi-fi	czytnik kart SD, SDHC i SDXC, wi-fi	Ethernet, USB		wi-fi	zasilanie, USB, wi-fi	zasilanie, USB, wi-fi	zasilanie, Ethernet, USB, wi-fi, Bluetooth
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-Ion/4,5	Li-Ion/4,5	Li-Poly/3		Li-Ion/2,5	Li-Ion/>2,5	Li-Ion/>2,5	Li-Ion/>2,5
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak		nie	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	HDR 2x, 3x i 5x oraz Night Mode (do pomiarów w ciemnym środowisku), możliwość łączenia skanów podczas skanowania	HDR 2x, 3x i 5x oraz Night Mode (do pomiarów w ciemnym środowisku), możliwość łączenia skanów podczas skanowania	możliwość skanowania z wykorzystaniem dedykowanych akcesoriów zwiększających pole widzenia, skanowanie metodą Scan & Go		aktualizacja oprogramowania wewnętrznego przez rok i szkolenie w cenie	system VIS do automat. łączenia skanów metodą chmura do chmury bezpośrednio w terenie, aktualizacja oprogram. wewn. przez rok i szkolenie w cenie	łączenie skanów metodą chmura do chmury bezpośrednio w terenie, aktualizacja oprogramowania wewnętrznego przez rok i szkolenie w cenie	aktualizacja oprogramowania wewnętrznego przez rok i szkolenie w cenie
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	230 x 103 x 183	230 x 103 x 183	215 x 170 x 430		165 x 100 (śr.)	120 x 240 x 230	120 x 240 x 230	238 x 358 x 395
waga z baterią [kg]	4,2	4,2	7		1,0	5,98	5,88	12,65
norma pyło- i wodoszczelności	IP54	IP54	IP65		IP54	IP54	IP54	IP54
temperatura pracy [°C]	-20 do 55	-20 do 55	-10 do 50		5 do 40	-10 do 40	-10 do 40	-20 do 50
wyposażenie podstawowe	bateria, ładowarka, karta pamięci 32 GB, czytnik kart, waliza	bateria, ładowarka, karta pamięci 32 GB, czytnik kart, waliza	2 baterie, ładowarka z kablem zasilającym, twarda walizka na skaner i akcesoria, spodarka		akumulator, ładowarka, pojemnik na skaner, roczna subskrybcja na ReCap360 Pro Mobile	4 akumulatory, 4-mejscowa ładowarka, pojemnik terenowy, 2 x 256 GB USB	4 akumulatory, 4-mejscowa ładowarka, pojemnik terenowy, 2 x 256 GB USB	pionownik laserowy, statyw, 4 akumulatory, ładowarka z kablem do zapalniczki samochodowej, kabel, adapter, miarka, pojemnik terenowy
gwarancja [miesiące]	12 z możliwością wydłużenia	12 z możliwością wydłużenia	12		12-36	12-36	12-36	12-36
dystrybutor	TPI	TPI	Geoline		Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems








SKANERY NAZIEMNE

SKANERY NAZIEMNE								
MARKA	Leica	Leica	Riegl Laser Measurement Systems		Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems
MODEL	ScanStation P40	ScanStation P50	VZ-200		VZ-400i	VZ-2000i	VZ-4000	VZ-6000
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2015	2017	2018		2015	2017	2011	2014
PRZEZNACZENIE	pomiary inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki, kryminalistyka, topografia	pomiary inżynierskie, geodezja, instalacje, architektura i zabytki, kryminalistyka, topografia	ILS (Industrial Laser Scanning), automatyzacja procesów w układarkach i zwałowarkach, pomiary hałd i materiałów sypkich, topografia i górnictwo		inwentaryzacja budynków, archeologia, modelowanie miast, pomiary tuneli, inżynieria lądowa, leśnictwo, topografia	pomiary topograficzne i górnicze, monitoring, inżynieria lądowa, archeologia, pomiar materiałów sypkich	pomiary topograficzne i górnicze, monitoring, inżynieria lądowa, archeologia	pomiary topograficzne i górnicze, monitoring, inżynieria lądowa, archeologia, pomiar materiałów sypkich, terenów zaśmieczonych, lodowców
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	impulsowy z WFD	impulsowy z WFD	impulsowy		impulsowy	impulsowy	impulsowy	impulsowy
LASER								
średnica plamki [mm/m]	<3,5 na wyjściu	<3,5 na wyjściu	35/100		35/100	27/100	15/100	12/100
długość fali [nm]	1550	1550	bliska podczerwień		bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień
klasa bezpieczeństwa	1	1	1		1	1	1	3B
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA								
odległości [mm/m]	1,2 + 10 ppm (szum: 0,5/50)	1,2 + 10 ppm (szum: 0,5/50)	5/100		5/100	5/100	15/150	15/150
kąta [°]	8	8	0,007° w pionie; 0,005° w poziomie		0,007° w pionie; 0,005° w poziomie	0,007° w pionie; 0,005° w poziomie	0,005°	0,005°
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	0,8-50/10	0,8-50/10	1,22/100 w pionie; 0,87/100 w poziomie		1,22/100 w pionie; 0,87/100 w poziomie	2,61/100	0,87/100	0,87/100
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	1 000 000	1 000 000	550 000		500 000	500 000	222 000	222 000
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	0,4	0,4	1,5		0,5	1,0	5	5
maksymalny [m]	270	1000	800		800	2500	4000	6000
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	290	290	110		100	100	60	60
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	360	360
OPROGRAMOWANIE								
do pomiarów	wewnętrzne, Cyclone Field360, Fieldworx	wewnętrzne, Cyclone Field360, Fieldworx	dedykowany firmware producenta, RiSCAN PRO		dedykowany firmware producenta, RiSCAN PRO	dedykowany firmware producenta, RiSCAN PRO	dedykowany firmware producenta, RiSCAN PRO	dedykowany firmware producenta, RiSCAN PRO
do postprocessingu	Leica Cyclone, Leica Cyclone Register 360, Cyclone 3DR, Leica IMS 360, Leica CloudWorx dla: AutoCAD, Microstation, REVIT, Navisworks, AVEVA PDMS, Intergraph SmartPlant 3D, NavisWorks, Cyclone Field/QuickPlan		RiSCAN PRO, RiMINING, RiDB, RiMTA TLS, RiVLiB, RiWavelib, RiPROFILE, RiSCANLIB-3D, RiALITY		RiSCAN PRO, RiMINING, RiSOLVE, RiDB, RiMTA TLS, RiVLiB, RiWavelib, RiPROFILE, RiSCANLIB-3D, RiALITY	RiSCAN PRO, RiMINING, RiSOLVE, RiDB, RiMTA TLS, RiVLiB, RiWavelib, RiPROFILE, RiSCANLIB-3D, RiALITY	RiSCAN PRO, RiMINING, RiSOLVE, RiDB, RiMTA TLS, RiVLiB, RiWavelib, RiPROFILE, RiSCANLIB-3D, RiALITY	RiSCAN PRO, RiMINING, RiSOLVE, RiDB, RiMTA TLS, RiVLiB, RiWavelib, RiPROFILE, RiSCANLIB-3D, RiALITY
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS								
wewnętrzny dysk twardy [GB]	256 przez USB	256 przez USB	minimum 240 SSD		1 TB SSD, zewn. pamięć SDXC do 512 GB lub dyski flash USB 3.0		1 TB SSD, zewn. pamięć lub dyski flash USB 2.0	1 TB SSD, zewn. pamięć lub dyski flash USB 2.0
ekran	kolorowy, dotykowy, QVGA 640 x 480 px	kolorowy, dotykowy, QVGA 640 x 480 px	brak		kolorowy, dotykowy, 5 cali, 800 x 480 px	kolorowy, dotykowy, 5 cali, 800 x 480 px	kolorowy, dotykowy, 7 cali WVGA, 800 x 480 px	kolorowy, dotykowy, 7 cali WVGA, 800 x 480 px
liczba klawiszy	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna	brak		klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	zarządzanie projektami, skanowanie, pomiar tarcz, nawigazania, wcięcie wstecz, podgląd		nie dotyczy		wszystkie	wszystkie	wszystkie	wszystkie
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	laptop, iPad, iPhone, tablet, smartfon	laptop, iPad, iPhone, tablet, smartfon	laptop		laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon
REJESTRACJA DANYCH								
format zapisu obserwacji	BIN	BIN	RSP, 3DD, 4DD		RSP, 3DD, 4DD	RSP, 3DD, 4DD	RSP, 3DD, 4DD	RSP, 3DD, 4DD
format importu/eksportu	ASCII (TXT, PTS, PTX), COE, 3DD, RSP, ZFS, TIFF, JPEG, PNG, LandXML, SIMA, IXF, FLS, FWS, LAS, E57, Leica MS50	ASCII (TXT, PTS, PTX), COE, 3DD, RSP, ZFS, TIFF, JPEG, PNG, LandXML, SIMA, IXF, FLS, FWS, LAS, E57, Leica MS50	RXP, RDB, SDW, 3DD, CSV, LAS (1.1-1.3), DXF, VTP, OBJ, STL, TIF, JPG, E57, POD, DM, PTS, RQX		RXP, RDB, SDW, 3DD, CSV, LAS (1.1-1.3), DXF, VTP, OBJ, STL, TIF, JPG, E57, POD, DM, PTS, RQX	RXP, RDB, SDW, 3DD, CSV, LAS (1.1-1.3), DXF, VTP, OBJ, STL, TIF, JPG, E57, POD, DM, PTS, RQX	RXP, RDB, SDW, 3DD, CSV, LAS (1.1-1.3), DXF, VTP, OBJ, STL, TIF, JPG, E57, POD, DM, PTS, RQX	RXP, RDB, SDW, 3DD, CSV, LAS (1.1-1.3), DXF, VTP, OBJ, STL, TIF, JPG, E57, POD, DM, PTS, RQX
KOMPENSATOR	tak	tak	inklinator		inklinator	inklinator	inklinator	inklinator
APARAT CYFROWY								
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	wbudowany HDR (opcja: Canon EOS 60D - 90D)/ iSTAR	wbudowany HDR (opcja: Canon EOS 60D - 90D)/ iSTAR	brak		zewnętrzny (np.: Nikon D810/Nikon D850)/RIEGL VZ-i-20M Industrial Camera/kamera termalna	zewnętrzny (np. Nikon D810/Nikon D850)/RIEGL VZ-i-20M Industrial Camera/kamera termalna	wbudowany/opcja zamontowania aparatu zewnętrznego np.: Nikon D850	wbudowany/opcja zamontowania aparatu zewnętrznego np. Nikon D850
matryca [Mpx]	700 dla panoramy	700 dla panoramy	nie dotyczy		36/45/20/3,1	36/45/20/3,1	5/45	5/45
format zapisu zdjęć	JPG, JXR	JPG, JXR	nie dotyczy		JPG, TIFF, RAW	JPG, TIFF, RAW	JPG, TIFF, RAW	JPG, TIFF, RAW
SENSORY ZEWNĘTRZNE	GPS RTK	GPS RTK	brak		MEMS IMU, GPS, kompas, 3G-4G LTE	MEMS IMU, GPS, kompas, 3G-4G LTE	GPS, kompas	GPS, kompas
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	zasilanie, Ethernet, USB, wi-fi, Bluetooth	zasilanie, Ethernet, USB, wi-fi, Bluetooth	LAN port 10/100/1000 Mbit/s, 2 x zasilanie zewnętrzne		LAN port 10/100/1000 Mbit/s, wi-fi, antena, 2 x zasilanie zewnętrzne, GNSS, USB 3.0	LAN port 10/100/1000 Mbit/s, wi-fi, antena, 2 x zasilanie zewnętrzne, GNSS, USB	LAN port 10/100/1000 Mbit/s, wi-fi, antena, 2 x zasilanie zewnętrzne, GNSS, USB	LAN port 10/100/1000 Mbit/s, wi-fi, antena, 2 x zasilanie zewnętrzne, GNSS, USB
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-Ion/>2,5	Li-Ion/>2,5	brak danych		Li-Ion/wewn.: 5; zewn.: 3,5	Li-Ion/wewn.: 4,45; zewn.: 3,5	Li-Ion/wewn.: 2,5; zewn.: 3,5	Li-Ion/wewn.: 2,5; zewn.: 3,5
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	aktualizacja oprogramowania wewnętrznego przez rok i szkolenie w cenie	aktualizacja oprogramowania wewnętrznego przez rok i szkolenie w cenie	cyfrowe rozczepianie wiązki lasera, digitalizacja sygnału echa, analiza fali on-line		on-board registration, cyfrowe rozczepianie wiązki lasera, digitalizacja sygnału echa, analiza fali on-line, pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia, opcjonalnie zintegrowany odbiornik GNSS RTK, RIEGL RBLI 2900 - zestaw 3 certyfikowanych baterii do transportu lotniczego		cyfrowe rozczepianie wiązki lasera, full waveform, pion laserowy, możliwość skanowania profilowego	cyfrowe rozczepianie wiązki lasera, full waveform, pion laserowy, możliwość skanowania profilowego
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	238 x 358 x 395	238 x 358 x 395	188 (śr.) x 348 (wys.)		206 (śr.) x 308 (wys.)	206 (śr.) x 308 (wys.)	248 x 226 x 450	248 x 226 x 450
waga z baterią [kg]	12,65	12,65	9,4 bez baterii		9,7	9,8	14,5	14,5
norma pyło- i wodoszczelności	IP54	IP54	IP64		IP64	IP64	IP64	IP64
temperatura pracy [°C]	-20 do 50	-20 do 50	-10 do 45		0 (-20 lub -40 w trybie LTO) do 40	0 (-20 lub -40 w trybie LTO) do 40	0 (-20 w trybie LTO) do 40	0 (-20 w trybie LTO) do 45
wyposażenie podstawowe	pionownik laserowy, statyw, 4 akumulatory, ładowarka z kablem do zapalniczki samochodowej, kabel, adapter, miarka, pojemnik terenowy	pionownik laserowy, statyw, 4 akumulatory, ładowarka z kablem do zapalniczki samochodowej, kabel, adapter, pojemnik	szczegóły na prośbę klienta		MEMS IMU, GPS, kompas; 3G-4G LTE, pion laserowy, antena wi-fi, okablowanie, software RiSCAN Pro	MEMS IMU, GPS, kompas; 3G-4G LTE, pion laserowy, antena wi-fi, okablowanie, software RiSCAN Pro	pion laserowy, GPS, antena wi-fi, okablowanie, RiSCAN Pro	pion laserowy, GPS, antena wi-fi, okablowanie, RiSCAN Pro
gwarancja [miesiące]	12-36	12-36	12		12	12	12	12
dystybutor	Leica Geosystems	Leica Geosystems	Laser-3D.pl		Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl

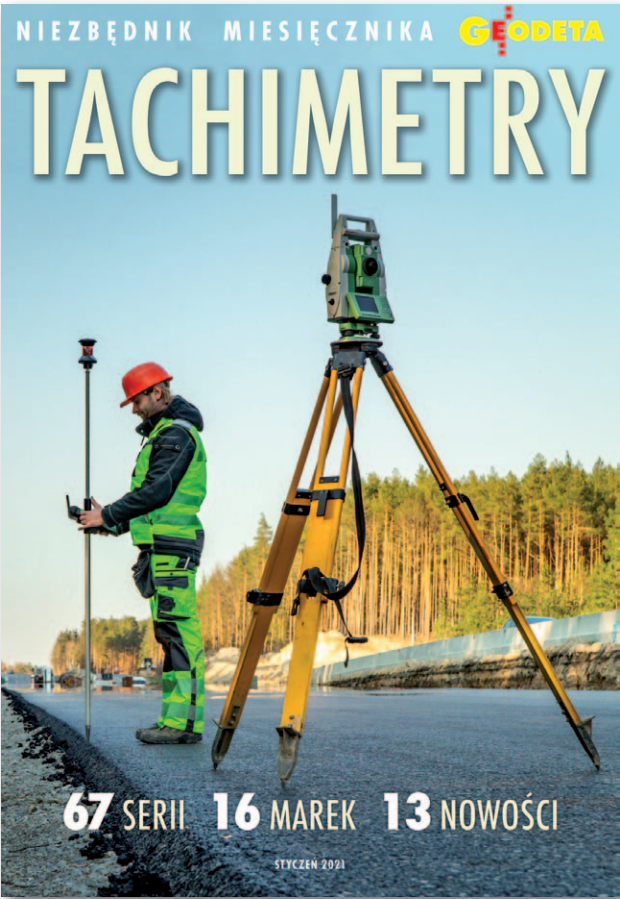
SKANERY NAZIEMNE

								
MARKA	Stonex	Teledyne Optech	Teledyne Optech		Teledyne Optech	Teledyne Optech	Topcon	Topcon
MODEL	X300/X300L	CMS V500	Polaris ER		Polaris HD	Polaris LR	GLS-2200	GTL-1000
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2013/2014	2017	2018		2018	2018	2021	2019
PRZEZNACZENIE	pomiary inżynieryjne i przemysłowe, architektura, archeologia, leśnictwo, monitoring, tunele i kopalnie	skaner do zastosowań kopalnianych	uniwersalny skaner dynamicznego zasięgu, skanowanie wewnątrz i na zewnątrz, inżynieria, przemysł, budownictwo, archeologia, geologia		uniwersalny skaner dynamicznego zasięgu, skanowanie wewnątrz i na zewnątrz, inżynieria, przemysł, budownictwo, archeologia, geologia	uniwersalny skaner dynamicznego zasięgu, skanowanie wewnątrz i na zewnątrz, inżynieria, przemysł, budownictwo, archeologia, geologia	architektura, pomiary inżynierskie, ochrona zabytków, inwentaryzacje, inspekcje, BIM	architektura, pomiary inżynierskie, inwentaryzacje, inspekcje, BIM
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	impulsowy	impulsowy	impulsowy		impulsowy	impulsowy	impulsowy	impulsowy
LASER								
średnica plamki [mm/m]	12 na wyjściu	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	4,1/20	brak danych
długość fali [nm]	905	brak danych	1550		1550	1550	600-1100	870
klasa bezpieczeństwa	1	brak danych	1		1	1	1 lub 3R	1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA								
odległości [mm/m]	6/50	20	3/100		3/100	3/100	3,5/150	4/10
kąta [°]	82	360	2,5		2,5	2,5	6	2 lub 3
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	1	1/10	3/100		3/100	3/100	3,1/10	11/10
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	40 000	57 600	500 000		500 000	500 000	120 000	100 000
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	1,6	0,5	1,5		1,5	1,5	1,0	0,6
maksymalny [m]	300/180	500	750		250	2000	S - 150, M - 300, L - 500	70
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	90	320	120		120	120	270	270
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	360	360
OPROGRAMOWANIE								
do pomiarów	wewnętrzne	Controler	wewnętrzne		wewnętrzne	wewnętrzne	Topcon Magnet Collage	Topcon Magnet Field/Magnet Collage
do postprocessingu	Stonex Reconstructor lub inne	ATLAScan	ATLAScan		ATLAScan	ATLAScan	Topcon Magnet Collage, Gexcel Reconstructor, EdgeWise, Faro Pointsense, Autodesk ReCap i inne	Topcon Magnet Collage, ClearEdge3D Verity, Clearedge3D Edgewise, Clearedge3D Rhitm i inne
OBŚLUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS								
wewnętrzny dysk twardy [GB]	32	tak	64 lub 120		64 lub 120	64 lub 120	brak	brak
ekran	brak	brak	640 x 480 px		640 x 480 px	640 x 480 px	dotykowy	dotykowy
liczba klawiszy	1	1	1		1	1	3 + klawiatura wirtualna	24 + klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	nie dotyczy	nie dotyczy	pełna obsługa skanera		pełna obsługa skanera	pełna obsługa skanera	panel serwisowy, administracyjny, obsługa procesu skanowania, zarządzanie	
OBŚLUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	interfejs WWW dla smartfonów, tabletów, laptopów	tak	interfejs WWW dla smartfonów, tabletów, laptopów		interfejs WWW dla smartfonów, tabletów, laptopów	interfejs WWW dla smartfonów, tabletów, laptopów	tablet lub smartfon z systemem Android	komputer PC, tablet
REJESTRACJA DANYCH								
format zapisu obserwacji	X3A	Teledyne Optech	Teledyne Optech		Teledyne Optech	Teledyne Optech	CL3	CL3
format importu/eksportu	X3S, PTC, LAS, PLY, TXT, PCD, ASC, WRL, DXF	XYZ, PIF, RAW, IXF, PTX, 3DV, BWP, S3D, PTC, BLV, IVA	XYZ, PIF, RAW, IXF, PTX, 3DV, BWP, S3D, PTC, BLV, IVA		XYZ, PIF, RAW, IXF, PTX, 3DV, BWP, S3D, PTC, BLV, IVA	XYZ, PIF, RAW, IXF, PTX, 3DV, BWP, S3D, PTC, BLV, IVA	CL3, CLR, PTS, PTX, E57, FLS, LAS poprzez Topcon Magnet Collage	CL3, CLR, PTS, PTX, E57, FLS, LAS poprzez Topcon Magnet Collage
KOMPENSATOR	dwuosiowy	brak	dwuosiowy		dwuosiowy	dwuosiowy	tak	tak
APARAT CYFROWY								
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	2 wbudowane/opcja	wbudowany	2 wbudowane (opcja: Nikon)		2 wbudowane (opcja: Nikon)	2 wbudowane (opcja: Nikon)	2 wbudowane	wbudowany
matryca [Mpx]	2 x 5	1	2 x 5		2 x 5	2 x 5	5	5
format zapisu zdjęć	JPG	JPG	JPEG/jak w aparacie zewnętrznym		JPEG/jak w aparacie zewnętrznym	JPEG/jak w aparacie zewnętrznym	JPG	JPG
SENSORY ZEWNĘTRZNE	aparat cyfrowy lub kamera spektralna, GPS	brak	zewnętrzny aparat cyfrowy lub kamera spektralna		zewnętrzny aparat cyfrowy lub kamera spektralna	zewnętrzny aparat cyfrowy lub kamera spektralna	brak	tachimetr
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	USB, 7-pin LEMO GPS port, Ethernet i do zasil.	LAN, RS-232	USB, Ethernet, AUX, zewnętrzny aparat, zasilanie		USB, Ethernet, AUX, zewnętrzny aparat, zasilanie	USB, Ethernet, AUX, zewnętrzny aparat, zasilanie	czytnik kart SD i SDHC, wi-fi	czytnik kart SD i SDHC
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	wewnętrzna + zapasowa/>3	brak danych	wewnętrzna + zapasowa/2,5		wewnętrzna + zapasowa/2,5	wewnętrzna + zapasowa/2,5	Li-Ion/3	Li-Ion/2
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	zdalne sterowanie przez wi-fi i WWW, rozbudowa o bazę do obracania skanera (praca w tunelach)	-	zdalne sterowanie przez wi-fi, rozbudowa o moduł do skanowania w ruchu		zdalne sterowanie przez wi-fi, rozbudowa o moduł do skanowania w ruchu	zdalne sterowanie przez wi-fi, rozbudowa o moduł do skanowania w ruchu	skaner w trzech wersjach zasięgu, unifikacja baterii z produktami Topcon	skaner z opcją pomiarów tachimetrycznych, wytyczeń oraz rejestracji punktów
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	170 x 215 x 430	770 x 212 x 145	217 (śr.) x 323		217 (śr.) x 323	217 (śr.) x 323	293 x 152 x 412	212 x 178 x 424
waga z baterią [kg]	7	7	11,2		11,2	11,2	10	7,2
norma pyło- i wodoszczelności	IP65	IP65	IP64		IP64	IP64	IP54	IP54
temperatura pracy [°C]	-10 do 50	-20 do 60	-10 do 50 (opcja: -20 do 50)		-10 do 50 (opcja: -20 do 50)	-10 do 50 (opcja: -20 do 50)	-5 do 45	-10 do 50
wyposażenie podstawowe	brak danych	skaner, zestaw zasilający	sensor wychylenia, L1 GNSS, kompas, baterie, kable, statyw, laptop lub PDA, pamięć zewnętrzna USB		sensor wychylenia, L1 GNSS, kompas, baterie, kable, statyw, laptop lub PDA, pamięć zewnętrzna USB	sensor wychylenia, L1 GNSS, kompas, baterie, kable, statyw, laptop lub PDA, pamięć zewnętrzna USB	baterie, kabel zasilający, ładowarki, karta SD, cele pomiarowe	3 baterie, kabel zasilający, ładowarki, karta SD, cele pomiarowe
gwarancja [miesiące]	12 (opcja: 24)	12	12 (opcja: 24)		12 (opcja: 24)	12 (opcja: 24)	12 z możliwością wydłużenia	12 z możliwością wydłużenia
dystybutor	Czerski Trade Polska, Global GPS Solutions	Czerski Trade Polska	Czerski Trade Polska		Czerski Trade Polska	Czerski Trade Polska	TPI	TPI

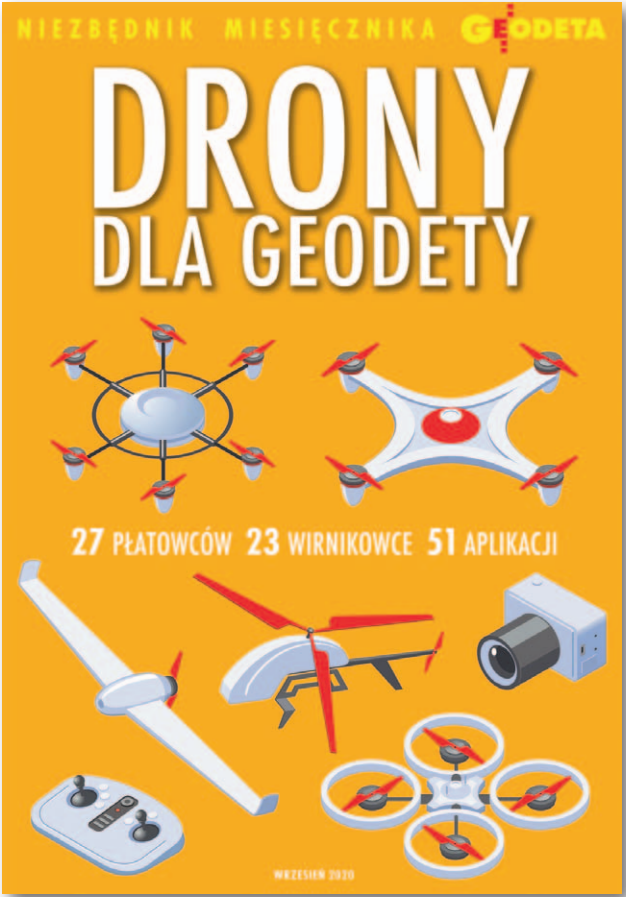
SKANERY NAZIEMNE

								
MARKA	Trimble	Trimble	Trimble		Trimble	Trimble	Zoller+Fröhlich	Zoller+Fröhlich
MODEL	SX10	SX12	TX6		TX8	X7	Z+F Imager 5006EX	Z+F Imager 5010
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2016	2021	2016		2014	2020	2014	2010
PRZEZNACZENIE	pomiary geodezyjne, inspekcje, BIM	pomiary geodezyjne, inspekcje, BIM	pomiary inżynieryjne i przemysłowe o wysokiej precyzji		pomiary inżynieryjne i przemysłowe o wysokiej precyzji	pomiary inżynieryjne, geodezyjne, architektura, archeologia, kryminalistyka, inspekcje, BIM	zakłady przemysłowe, chemiczne, górnictwo, wszystkie obszary z zagrożeniem wybuchu	brak danych
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	impulsowy	impulsowy	impulsowy		impulsowy	impulsowy	fazowy	fazowy
LASER								
średnica plamki [mm/m]	14/100	14/100	17/50		17/50	brak danych	3/1	3,5/0,1
długość fali [nm]	1550	1550	1500		1500	1550	690	1500
klasa bezpieczeństwa	1M	1M	1		1	1	3R	1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA								
odległości [mm/m]	1,5/120	1,5/120	<2/100		<1/80	<3/60	0,4/10	0,3/10
kąta [°]	1 lub 5	1 lub 5	16		16	21	0,007°	0,007°
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	6,25/50	6,25/50	5,7/30		5,7/30	12/35, 18/50	3/100	0,7/100 w pionie, 0,3/100 w poziomie
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	26 600	26 600	500 000		1 000 000	500 000	508 000	1 016 027
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	1,0	1,0	1,0		1,0	0,6	0,4	0,3
maksymalny [m]	600	600	80 (opcja: 120)		120 (opcja: 340)	80	79	187,3
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	300	300	317		317	282	310	320
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	360	360
OPROGRAMOWANIE								
do pomiarów	Trimble Access 2021	Trimble Access 2021	dedykowane oprogramowanie producenta		dedykowane oprogramowanie producenta	Trimble Perspective	dedykowany firmware producenta, Z+F Laser Control, interfejs WWW	
do postprocessingu	Trimble Business Center, Trimble RealWorks	Trimble Business Center, Trimble RealWorks	Trimble RealWorks		Trimble RealWorks	Trimble RealWorks	Z+F Laser Control, LFM	Z+F Laser Control, LFM
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS								
wewnętrzny dysk twardy [GB]	brak (zapis do kontrolera)	brak (zapis do kontrolera)	brak (zapis na pendrive)		brak	brak (zapis na kartę pamięci i w kontrolerze)	60	64 + 2 x 32 GB przez USB
ekran	brak	brak	dotykowy		dotykowy	brak	wbudowany panel sterowania (4 linie)	kolorowy, dotykowy 5,7 cala
liczba klawiszy	1	1	1		1	1	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	nie dotyczy	nie dotyczy	pełna obsługa poprzez ekran dotykowy		pełna obsługa poprzez ekran dotykowy	uruchomienie skanowania z parametrami poprzedniego stanowiska	wszystkie (obsługa skanowania, zarządzanie danymi oraz inne)	wszystkie (obsługa skanowania, podgląd i zarządzanie danymi oraz inne)
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	Trimble T10, TSC7, dowolny tablet z Windows	Trimble T10, TSC7, dowolny tablet z Windows	laptop, tablet		laptop, tablet	Trimble T10, laptop	laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon
REJESTRACJA DANYCH								
format zapisu obserwacji	JOB, JXL	JOB, JXL	RWP, RWI, TZF		RWP, RWI, TZF	TZF, JPEG	ZFS	ZFS
format importu/eksportu	JOB, JXL	JOB, JXL	formaty programu Trimble RealWorks		formaty programu Trimble RealWorks	TDX, TZF, E57, PTX, RCP, LAS, POD	ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, PDF, PTG, E57, IV, VRML, WRL, JPG, PNG, BMP, JPW, GIF, TIFF, L, IDX, DXF, RCS, RCP, LAS, OSF, MPC, XYZ.ASC	
KOMPENSATOR	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
APARAT CYFROWY								
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	3 kamery z obiektywem o różnych ogniskowych + kamera spodarki	3 kamery z obiektywem o różnych ogniskowych + kamera spodarki	wbudowany/zewnętrzny		wbudowany/zewnętrzny	wbudowane 3 kamery	brak	zewnętrzny (M-Cam, Nikon, T-Cam – kamera termalna)
matryca [Mpx]	5	8,1	10/jak w aparacie zewnętrznym		10/jak w aparacie zewnętrznym	3 x 10	nie dotyczy	jak w aparacie zewnętrznym
format zapisu zdjęć	JPG	JPG	wewnętrzny/jak w aparacie zewnętrznym		wewnętrzny/jak w aparacie zewnętrznym	JPEG	nie dotyczy	jak w aparacie zewnętrznym
SENSORY ZEWNĘTRZNE	libela elektroniczna, kompensator	libela elektroniczna, kompensator	libela elektroniczna, kompensator		libela elektroniczna, kompensator	IMU, automatyczna kalibracja, automat. rejestracja	brak	T-Cam – kamera termalna
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	USB, wi-fi, radiomodem	USB, wi-fi, radiomodem	USB, zasilanie		USB, zasilanie	USB, wi-fi	Ethernet, 2 UBS, LEMO 9-pin i LEMO 7-pin, wi-fi, zewnętrzna antena, GPS, odometr	
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-Ion/3	Li-Ion/3	Li-Ion/2		Li-Ion/2	Li-Ion/4 (jak w tachimetrach serii S)	Li-Ion/1	Li-Ion/3
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak		tak	brak danych	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	pełna funkcjonalność tachimetru	pełna funkcjonalność tachimetru	technologia Trimble Lightning		Technologia Trimble Lightning	wyświetl. chmury punktów podczas pomiaru, automat. rejestr. chmur punktów, możl. praca bez kontrolera	możliwość skanowania profilowego i mobilnego, spełnia normę ATEX 94/9/EG klasa I i II	możliwość skanowania profilowego i mobilnego
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	brak danych	brak danych	335 x 386 x 242		335 x 386 x 242	178 x 353 x 170	250 x 395 x 414	170 x 286 x 395
waga z baterią [kg]	8	8	11		11	5,8	30,6	9,8
norma pyło- i wodoszczelności	IP55	IP55	IP54		IP54	IP55	IP53	IP53
temperatura pracy [°C]	-20 do 50	-20 do 50	0 do 40		0 do 40	-20 do 50	-10 do 45	-10 do 45
wyposażenie podstawowe	baterie, zasilacz, statyw, okablowanie, oprogramowanie, walizka	baterie, zasilacz, statyw, okablowanie, oprogramowanie, walizka	baterie, zasilacz, statyw, okablowanie, oprogramowanie, sfery, walizka		baterie, zasilacz, statyw, okablowanie, oprogramowanie, sfery, walizka	baterie, zasilacz, statyw, okablowanie, T10 + oprogramowanie, walizka	statyw, 2 baterie, ładowarka, okablowanie, Z+F Laser Control	2 baterie, ładowarka, okablowanie, statyw, Z+F Laser Control
gwarancja [miesiące]	12	12	12		12	24	12	12
dystybutor	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja		Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl







SKANERY NAZIEMNE			
MARKA	Zoller+Fröhlich	Zoller+Fröhlich	Zoller+Fröhlich
MODEL	Z+F Imager 5010C	Z+F Imager 5010X	Z+F Imager 5016
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2013	2015	2016
PRZEZNACZENIE	pomiary topograficzne i górnicze, inżynieria lądowa, archeologia, leśnictwo, badania kryminalistyczne	brak danych	brak danych
TRYB PRACY skanera [fazowy/impulsowy]	fazowy	fazowy	fazowy
LASER			
średnica plamki [mm/m]	3,5/0,1	3,5/0,1	3,5/1
długość fali [nm]	1500	1500	1500
klasa bezpieczeństwa	1	1	1
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA			
odległości [mm/m]	0,2/10	0,2/10	0,2/10
kąta [°]	0,007°	0,007°	0,004°
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	0,7/100 w pionie, 0,3/100 w poziomie	0,7/100 w pionie, 0,3/100 w poziomie	0,7/100 w pionie, 0,3/100 w poziomie
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	1 016 027	1 016 027	1 097 000
ZASIĘG SKANOWANIA			
minimalny [m]	0,3	0,3	0,3
maksymalny [m]	187,3	187,3	360
POLE WIDZENIA			
w pionie [°]	320	320	320
w poziomie [°]	360	360	360
OPROGRAMOWANIE			
do pomiarów	dedyk. firmware, Z+F Laser Control, interfejs WWW	dedykowany firmware producenta, Z+F Laser Control Scout	
do postprocessingu	Z+F Laser Control, LFM	Z+F Laser Control Scout, Z+F Laser Control, LFM	Z+F Laser Control Scout, Z+F Laser Control, LFM
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ WBUD. INTERFEJS			
wewnętrzny dysk twardy [GB]	64 + 2 x 32 GB przez USB	64 + 2 x 32 GB przez USB	128
ekran	kolorowy, dotykowy 5,7 cala	kolorowy, dotykowy 5,7 cala	kolorowy, dotykowy 5,7 cala
liczba klawiszy	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna	klawiatura wirtualna
funkcje obsługiwane z poziomu panelu	wszystkie (obsługa skanowania, podgląd i zarządzanie danymi oraz inne)		
OBŚŁUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon	laptop, tablet, smartfon
REJESTRACJA DANYCH			
format zapisu obserwacji	ZFS	ZFS	ZFS
format importu/eksportu	ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, PDF, PTG, E57, IV, VRML, WRL, JPG, PNG, BMP, JPW, GIF, TIFF, L, IDX, DXF, RCS, RCP, LAS, OSF, MPC, XYZ,ASC		
KOMPENSATOR	dynamiczny kompensator	dynamiczny kompensator	dynamiczny kompensator
APARAT CYFROWY			
wbudowany/zewnętrzny (nazwa)	wbudowany HDR (pięciostopniowy) lub zewnętrzny (M-Cam, Nikon, T-Cam - kamera termalna)	wbudowany HDR (pięciostopniowy) lub zewnętrzny (M-Cam, Nikon)	wbudowany HDR (pięciostopniowy) lub zewnętrzny (M-Cam, Nikon)
matryca [Mpx]	2 lub jak w aparacie zewnętrznym	2 lub jak w aparacie zewnętrznym	2 lub jak w aparacie zewnętrznym
format zapisu zdjęć	JPG	JPG	JPG
SENSORY ZEWNĘTRZNE	T-Cam - kamera termalna, Z+F SmartLight - ledowa lampka do wykonywania zdjęć w ciemności	T-Cam - kamera termalna, Z+F SmartLight - ledowa lampka do wykonywania zdjęć w ciemności	T-Cam - kamera termalna
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	Ethernet, 2 UBS, LEMO 9-pin i LEMO 7-pin, wi-fi, zewnętrzna antena, GPS, odometr	Ethernet, 2 UBS, LEMO 9-pin i LEMO 7-pin, wi-fi, zewnętrzna antena, GPS, odometr	Ethernet, 2 UBS, LEMO 9-pin i LEMO 7-pin, wi-fi, zewnętrzna antena, GPS, odometr
ZASILANIE			
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-Ion/3	Li-Ion/3	Li-Ion/5 (2 baterie)
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	możliwość skanowania profilowego i mobilnego	skanowanie profilowe i mobilne, wbudowany barometr, kompas, GPS, żyroskop, automatyczne rejestrowanie skanów w trakcie pomiaru	-
OGÓLNE			
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	170 x 286 x 395	170 x 286 x 395	258 x 150 x 328
waga z baterią [kg]	9,8	9,8	7,5
norma pyło- i wodoszczelności	IP53	IP53	IP54
temperatura pracy [°C]	-10 do 45	-10 do 45	-10 do 45
wyposażenie podstawowe	2 baterie, ładowarka, okablowanie, statyw, Z+F Laser Control	2 baterie, ładowarka, okablowanie, statyw, Z+F Laser Control, barometr, kompas, GPS, żyroskop	2 baterie, ładowarka, okablowanie, statyw, Z+F Laser Control, barometr, kompas, GPS, żyroskop
gwarancja [miesiące]	12	12	12
dystybutor	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl



Pobierz na Geoforum.pl niezbędniki dla zawodowców






SKANERY OPTYCZNE						
MARKA	DotProduct		Mantis Vision	Mantis Vision	Stonex	Stonex
MODEL	DPI-8X/DPI-8XSR		F6	F6 short range	F6	F6SR
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2016		2018	2018	2017	2018
PRZEZNACZENIE	pomiary trudno dostępnych miejsc, przemysł, architektura, projektowanie wnętrz, VR, kryminalistyka, archeologia		ręczny skaner mobilny do zastosowań w architekturze, archeologii, inżynierii odwrotnej, kontroli jakości	ręczny skaner mobilny do zastosowań w architekturze, archeologii, inżynierii odwrotnej, kontroli jakości	skaner ręczny na potrzeby architektury, inwentaryzacji zabytków, VR, przemysłu, archeologii	skaner ręczny na potrzeby architektury, sztuki, projektowania, inwentaryzacji zabytków, VR, przemysłu, archeologii
LICZBA KAMER	1		1	1	brak danych	brak danych
matryca [Mpx]	8		1,3	1,3	brak danych	brak danych
DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA						
odległości [mm/m]	nie dotyczy		1/0,5	0,1/0,2	4,5/4,5	0,4/0,25
ROZDZIELCZOŚĆ SKANOWANIA [mm/m]	1,7/1		1/1	0,4/0,25	5/1	5/1
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	nie dotyczy		640 000	640 000	640 000	640 000
ZASIĘG SKANOWANIA						
minimalny [m]	0,6/0,3		0,5	0,25	0,5	brak danych
maksymalny [m]	3,7/2,0		4,5	0,75	4,5	0,5
OPROGRAMOWANIE						
do pomiarów	Phi-3D na tablet: skanowanie, definiowanie układu współrzędnych, wpasowanie skanów w układ zewnętrzny, pomiary liniowe pomiędzy pkt chmury, skanowanie wielu chmur w jednym układzie współrzędnych		Echo	Echo	Echo	Echo
do postprocessingu	Autodesk ReCap, Z+F LaserControl, Leica Cyclone, Trimble RealWorks, PointFuse, Rhino, JRC Gexcel Reconstructor, CloudCompare, WorldViz, inne		Echo, Gexcel Reconstructor	Echo, Gexcel Reconstructor	Echo, Stonex Reconstructor	Echo, Stonex Reconstructor
OBSŁUGA SKANERA PRZEZ ZEWN. URZĄDZENIE	tablet z Androidem (sugerowany NVIDIA Shield K1)		tak, z systemem Windows 7-10	tak, z systemem Windows 7-10	tak	tak
REJESTRACJA DANYCH						
format zapisu obserwacji	DP		MVX	MVX	brak danych	brak danych
format importu/eksportu	PTS, PTX, PLY, PTG		PTS, ASCII, PLY, E57, STL, OBJ, LAS	PTS, ASCII, PLY, E57, STL, OBJ, LAS	PTS, ASCII, PLY, E57, STL	PTS, ASCII, PLY, E57, STL
pojemność pamięci	brak danych		dane zapisywane na urządzeniu zewnętrznym	dane zapisywane na urządzeniu zewnętrznym	brak danych	brak danych
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	microUSB		USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0
ZASILANIE						
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	brak		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
zasilanie zewnętrzne	tak		tak	tak	brak danych	brak danych
INFORMACJE DODATKOWE	skaner obsługiwany jedną ręką, zasilany z tabletu; dodatkowe akcesoria: lampka, przedłużka do montowania skanera na tyczce, zestaw wzorców odległości		możliwość użytkowania na dowolnej liczbie komputerów i tabletów	możliwość użytkowania na dowolnej liczbie komputerów i tabletów	-	-
OGÓLNE						
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	230 x 270 x 80		320 x 120 x 45	320 x 120 x 45	120 x 45 x 320	120 x 45 x 320
waga z baterią [kg]	<1		1	1	1	1
norma pyło- i wodoszczelności	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
temperatura pracy [°C]	15 do 32		0 do 50	0 do 50	-10 do 50	0 do 50
wyposażenie podstawowe	system skanujący, tablet Nvidia Shield K1, walizka transportowa, ładowarka, uchwyt, licencja na oprogramowanie pomiarowe		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
gwarancja [miesiące]	12		12 z możliwością wydłużenia	12 z możliwością wydłużenia	12 (opcja: 24)	12
dystybutor	Geoprzymat		TPI	TPI	Czerski Trade Polska, Global GPS Solutions	Czerski Trade Polska, Global GPS Solutions

							
SKANERY MOBILNE							
MARKA	Basis Software	GeoSLAM		GeoSLAM	GeoSLAM	GeoSLAM	Geosun
MODEL	SurphSLAM 10	Zeb Discovery		Zeb GO	Zeb Horizon	Zeb Revo RT	GS-260P
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2016	2019		2020	2018/2019	2017	2020
TYP SYSTEMU	wózkowy do inwentaryzacji obiektów, przestrzeni, automatycznego łączenia skanów w czasie rzeczywistym	system skanowania mobilnego oparty na plecaku do zastosowań w górnictwie, geodezji, architekturze i leśnictwie		ręczny skaner mobilny do zastosowań w górnictwie, geodezji, architekturze i leśnictwie	ręczny skaner mobilny z opcją pracy w UAV do zastosowań w górnictwie, geodezji, architekturze i leśnictwie	ręczny skaner mobilny do zastosowań w górnictwie, geodezji, architekturze i leśnictwie	skaner dla technologii MLS oraz ULS, dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynierskich i topograficznych
SKANER	Surphaser Model 10	Velodyne Puck		brak danych	Velodyne Puck	brak danych	Livox Avia
liczba skanerów	1	2		1	1	1	1
TRYB PRACY [fazowy/impulsowy]	fazowy	impulsowy		impulsowy	impulsowy	impulsowy	impulsowy
LASER							
długość fali [nm]	1550	903		905	903	905	905
klasa bezpieczeństwa	1	1		1	1	1	1
DOKŁADNOŚĆ WYNIKOWEJ CHMURY [mm]	10	względna 10-30		względna 10-30	względna 10-30	względna 10-30	<50
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	208 000	300 000		43 000	300 000	43 000	720 000
ZASIĘG SKANOWANIA							
minimalny [m]	1	0,5		0,5	0,5	0,5	0,3
maksymalny [m]	130	100		30	100	30	450
POLE WIDZENIA							
w pionie [°]	270	270		270	270	270	4,5
w poziomie [°]	360	360		360	360	360	70
KAMERA		NCTech iStar Pulsar 360		opcja: kamera ZEB-CAM	opcja: kamera ZEB-CAM	opcja: kamera ZEB-CAM	
liczba kamer	2	1		1	1	1	opcja: 1
matryca [Mpx]	2 x 5	60		2	2	2	42
rozmiar panoramy [Mpx]	10	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	nie dotyczy
DODATKOWE SENSORY							
odbiornik GNSS	brak danych	opcja		nie	nie	nie	Geosun (GPS L1/L2, GLONASS L1/L2, BeiDou B1/B2a/B3, Galileo E1/E5b/E5a)
IMU	brak danych	tak		tak	tak	tak	AGS 303 (Aceinna)
algorytmy SLAM	brak danych	tak		tak	tak	tak	nie
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	lemo USB, lemo zasilanie, wi-fi	USB		USB	USB	USB, wi-fi	USB-C, GNSS, zasilanie zewnętrzne, złącze kamery, wejście na kartę microSD (128 GB)
ZASILANIE							
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-Ion, 90 Wh/1,5-2 (4 bat.)	Li-Poly/3		Li-Poly/4	Li-Poly/4	Li-Poly/1,5	zewnętrzna bateria, 4S/6S Li-Ion, zasilanie 12 V
zasilanie zewnętrzne	tak	nie		nie	nie	nie	tak
INFORMACJE DODATKOWE	automatyczne kolorowanie chmury	skanowanie z użyciem uchwytu ręcznego, tyczki, plecaka, platform UAV		-	skanowanie z użyciem uchwytu ręcznego, tyczki, plecaka, platform UAV	możliwość podglądu wyników skanowania	skanowanie z użyciem platform UAV lub poprzez montaż na dachu samochodu, opracowanie danych POS w oprogramowaniu Shuttle, chmury punktów w oprogramowaniu gAirHawk
OGÓLNE							
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	278 x 200 x 118	216 x 108 x 266		287 x 86 x 113	216 x 108 x 266	287 x 86 x 113	124 x 61 x 91
waga z baterią [kg]	5,8	9,25		1	1,3	1	1,5
norma pyło- i wodoszczelności	IP54	IP54		IP64	IP54	IP51	IP67
temperatura pracy [°C]	5 do 40	0 do 40		0 do 50	0 do 40	10 do 30	-20 do 55
wyposażenie podstawowe	zasilacz, 4 baterie z ładowarką 2-pozycyjną, wózek transportowy, kontener transportowy	głowica skanująca, rejestrator, okablowanie, plecak, kamera, stelaż, ładowarka		plecak lub walizka, ładowarka, płytka montażowa	głowica skanująca, rejestrator, okablowanie, plecak, ładowarka	plecak lub walizka, ładowarka, płytka montażowa, uchwyt do smartfona/tabletu	skaner Livox Avia, IMU, antena GNSS i kabel, karta microSD (128 GB), kabel do podłączenia kamery
gwarancja [miesiące]	12	12 z możliwością wydłużenia		12 z możliwością wydłużenia	12 z możliwością wydłużenia	12 z możliwością wydłużenia	12
dystybutor	EC TEST Systems	TPI		TPI	TPI	TPI	ProGea SKY








SKANERY MOBILNE








MARKA	Gexcel	Gexcel	Green Valley International		Leica	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems
MODEL	Heron AC-2/AC-2 Color	Heron LITE/LITE Color	LiBackpack DGC50		BLK2GO	Riegl VMQ-1HA	Riegl VMX-2HA	Riegl VMX-RAIL
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2019	2018	2019		2019	2016	2017	2016
TYP SYSTEMU	plecakowy	ręczny	system skanowania mobilnego oparty na plecaku do zastosowań w górnictwie, geodezji, architekturze i leśnictwie		ręczny skaner mobilny	mobilny system mapowania	mobilny system mapowania	mobilny system kolejowy
SKANER	Velodyne HDL32E	Velodyne Puck Lite	Velodyne VLP-16		Leica	Riegl VUX-1HA	Riegl VUX-1HA	Riegl VUX-1HA
liczba skanerów	1 skaner (32 wiązek)	1 skaner (16 wiązek)	2		1	1	2	3
TRYB PRACY [fazowy/impulsowy]	impulsowy	impulsowy	impulsowy		impulsowy	impulsowy	impulsowy	impulsowy
LASER								
długość fali [nm]	905	903	903		830	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień
klasa bezpieczeństwa	1	1	1		1	1	1	1
DOKŁADNOŚĆ WYNIKOWEJ CHMURY [mm]	50 w czasie rzeczywistym w niedużych pomieszczeniach	50 w czasie rzeczywistym w niedużych pomieszczeniach	<30		względna 6-15 mm	5 na 30 m	5 na 30 m	5 na 30 m
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	700 000	300 000	do 600 000		420 000	1 000 000	2 000 000	3 000 000
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	1	1	brak danych		0,5	1,2	1,2	1,2
maksymalny [m]	100	100	100		25	420	420	420
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	>40	30	180		270	360	360	360
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	360	360
KAMERA	opcja: AC-2 Color	opcja: panoramic Camera	zależne od specyfikacji			opcja: Riegl/Nikon D810/Flir Ladybug5+	opcja: Riegl/Nikon D810/Flir Ladybug5+	opcja: Riegl 5, 9, 12 MPx/Flir Ladybug5+
liczba kamer	1 panoramiczna	1 panoramiczna	1		4	do 4	do 9	6 Riegl/1 sferyczna (Flir Ladybug5+)
matryca [Mpx]	Full HD, 60 fps	Full HD, 60 fps	zależnie od specyfikacji		3 x 4,8, 1 x 12	5, 9 lub 12/36,3/5	5, 9 lub 12/36,3/5	5, 9 lub 12/5
rozmiar panoramy [Mpx]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	20, 36/145,2/30	45, 81, 108/145,2/30	30, 54, 72/30
DODATKOWE SENSORY								
odbiornik GNSS	brak danych	brak danych	tak		GNSS L1	tak	tak	tak
IMU	brak danych	brak danych	tak		tak	tak	tak	tak
algorytmy SLAM	brak danych	brak danych	tak		Leica GrandSLAM	nie	nie	nie
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	USB, Bluetooth, wi-fi	USB, Bluetooth, wi-fi	HDMI, Ethernet oraz USB		wi-fi, USB-C	4 porty wejścia dla dodatkowych komponentów, PPS, 2 x LAN, dodatkowa antena GPS, Interfaces Control Unit (VMQ-CU) DMI, NMEA, RS-232, LAN, 3 x USB, DVI	VMX-MH Measuring Head – wejście DMI, RS-232, AUX, AUX + 12V DC, 7 x USB, HDMI, Display Port, 2 x LAN	brak danych
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	NiMH 12 V, 9 Ah/3 (AC-2 Color: 2)	Li-polimer 12 V, 4,5 Ah/6-8 (Lite Color: 5-7)	Li-Poly/2		Li-Ion/0,8	zasilanie zewnętrzne	zasilanie zewnętrzne	zasilanie zewnętrzne
zasilanie zewnętrzne	opcja	opcja	tak		nie	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	-	-	dwie głowice skanujące, antena GNSS		BLK2GO to przenośny, bezprzewodowy i lekki skaner laserowy zaprojektowany do szybkiego uchwycenia rzeczywistości podczas ruchu	zestaw składa się z: Riegl VMQ-MH (zestaw skanujący), Riegl VMQ-CU (jednostka sterująca), VMQ-DMI (odometr, zapasowe zasilanie, okablowanie)	zestaw składa się z: Riegl VMX-MH (zestaw skanujący), Riegl VMX-CU (jednostka sterująca), VMX-DMI (odometer), VMX-RAIL-MC (okablowanie, zapasowe zasilanie)	zestaw składa się z: VMX-RAIL-MH (zestaw skanujący), VMX-RAIL-RM (zestaw montażowy), VMX-RAIL-CR (serwer kontrolujący), VMX-RAIL-MC (okablowanie)
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	brak danych	brak danych	1085 x 300 x 150		279 x 80 (średnica)	496 x 387 x 507 (bez kamer)	582 x 654 x 613 (bez kamer oraz GNSS)	654 x 1456 x 415 (VMX-RAIL-MH)
waga z baterią [kg]	6,05/6,25	2,5/2,75	9,5		0,775	16	81,3 (bez VMX-MC i kamer)	201 (bez VMX-RAIL-MC)
norma pyło- i wodoszczelności	brak danych	brak danych	brak danych		IP54	IP64	IP64	IP64
temperatura pracy [°C]	-10 do 60	brak danych	0 do 40		5 do 40	-10 do 40	-10 do 40	-10 do 40
wyposażenie podstawowe	kompletny zestaw pomiarowy	kompletny zestaw pomiarowy	skanery, rejestrator, okablowanie, plecak, antena GNSS, stelaż, ładowarka		3 baterie, kabel, obudowa terenowa	brak danych	brak danych	brak danych
gwarancja [miesiące]	12	12	12 z możliwością wydłużenia		12-36	12	12	12
dystrybutor	Czerski Trade Polska	Czerski Trade Polska	TPI		Leica Geosystems	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl

SKANERY MOBILNE








								
MARKA	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems		SATLAB	Teledyne Optech	Trimble	Trimble
MODEL	Riegl VMY-2	Riegl VMZ	Riegl VUX-1HA		SLS-1 second edition 2020	Maverick/Maverick LMS PRO	MX2	MX9
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2021	2014	2017		2020	2018	2015	2018
TYP SYSTEMU	mobilny system mapowania	mobilny system mapowania	mobilny		samochodowy	mobilny (samochód, quad, drezyna, łódź, plecak itd.)	samochodowy	samochodowy
SKANER	Riegl miniVUX-Series	VZ-400i/VZ-2000i	Riegl VUX-1HA		Satlab Lidar	brak danych	SLM-250 klasa 1	Riegl VUX-1HA
liczba skanerów	2	1	1		1	1 (32 wiązki)	1 lub 2	1 lub 2
TRYB PRACY [fazowy/impulsowy]	impulsowy	impulsowy	impulsowy		brak danych	impulsowy	impulsowy	impulsowy
LASER								
długość fali [nm]	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień		1545	brak danych	905	bliska podczerwień
klasa bezpieczeństwa	1	brak danych	1		1	1	1	1
DOKŁADNOŚĆ WYNIKOWEJ CHMURY [mm]	15 na 50 m	5 na 100 m	5 na 30 m		4 na 192 m	brak danych	10 na 50 m	5
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	400 000	500 000	1 000 000		700 000	700 000	72 000	2 000 000
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	3,0 (z możliwością redukcji)	0,5/1,0	1,2		1,5	1	1	1
maksymalny [m]	280	800/2500	420		650	100	>250	420
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	360	100	360		90% pełnej sfery	40	360	zależnie od ustawień skanerów
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	brak danych	brak danych
KAMERA	opcja: Riegl 5, 12 MPx/Nikon D850/Flir Ladybug5+	opcja: np. Nikon D810/Nikon D850/Flir Ladybug5+	brak		panoramiczna Ladybug, zapis 10 fps	Ladybug 5	brak danych	brak danych
liczba kamer	do 4	1	nie dotyczy		1	6 zintegrowanych	6	9
matryca [Mpx]	5 lub 12/45/5	36,3/45/5	nie dotyczy		6 x 5	6 x 5	5	5
rozmiar panoramy [Mpx]	20, 48/180/30	225/30	nie dotyczy		30	30	30	30
DODATKOWE SENSORY								
odbiornik GNSS	tak	tak	tak		Satlab GNSS z OEM617	brak danych	brak danych	brak danych
IMU	tak	tak	tak		KVH 1750	brak danych	brak danych	brak danych
algorytmy SLAM	nie	nie	nie		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	4 porty wejścia dla dodatkowych komponentów, PPS, DMI, 4 x LAN M12, 4 x LAN RJ45, 4 x USB 3.0, display port, WLAN, Bluetooth	LAN port 10/100/1000 Mbit/s, wi-fi, antena, 2 x zasilanie zewnętrzne, GNSS, USB	LAN 10/100/1000 Mbit/s lub USB 2.0, RS-232, TTL		PPS, Ethernet	USB, wi-fi	brak danych	brak danych
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	zasilanie zewnętrzne	akumulator	zasilanie zewnętrzne		nie dotyczy	opcja (4 baterie)	nie dotyczy	nie dotyczy
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	zestaw składa się z: RIEGL VMY-MH (zestaw skanujący), RIEGL VM-U (moduł interfejsu i przechowywania danych), RIEGL VM (moduł zasilania), VM-DMI (odometr), VMY-RM (moduł montażowy systemu)	możliwość skanowania w 3 trybach: 3D radar, 2D line, stop & go	-		-	opcja w LMS Pro: system wyrównania i uwzględniania danych geodezyjnych do poprawienia dokładności opracowania i wyrównania danych metodami ścisłymi	-	-
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	416 x 435 x 437 (bez kamer oraz GNSS)	206 x 206 x 470 (wartości przybliżone)	227 x 180 x 125		304 x 191 x 169	brak danych	170 x 170 x 241	620 x 550 x 620
waga z baterią [kg]	14	26 (wartość przybliżona)	3,5		6,1	8,85	17-25	31-37
norma pyło- i wodoszczelności	IP64	IP64	IP64		IP65	brak danych	IP66	IP64
temperatura pracy [°C]	-10 do 40	-10 do 40	-10 do 40		-20 do 55	zależy od konfiguracji	-10 do 50	0 do 40
wyposażenie podstawowe	brak danych	brak danych	brak danych		mocowanie do relingów dachowych, moduł sterujący, okablowanie, antena GNSS, kamera 360 stopni, kufer transportowy, akcesoria	skaner, kamera panoramiczna, IMU, GNSS, oprogramowanie sterujące, kontener transportowy	brak danych	brak danych
gwarancja [miesiące]	12	12	12		24	brak danych	12	12
dystrybutor	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl		Satlab Polska i oddziały, GPS Global Solutions, Tinservis	Czerski Trade Polska	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja

SKANERY MOBILNE								
MARKA	YellowScan	YellowScan	YellowScan		YellowScan	YellowScan	Zeiss	Zoller+Fröhlich
MODEL	Fly&Drive	Surveyor	Surveyor Ultra		Vx-15	Vx-20	T-SCAN	Z+F Profiler 9012
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2020	2015	2017		2019	2018	2016	2012 (wer. M i A - 2015)
TYP SYSTEMU	brak danych	skaner dla technologii MLS oraz ULS, dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych	skaner dla technologii MLS oraz ULS, dla zastosowań w energetyce, kartowaniu infrastruktury, geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych		skaner dla technologii MLS oraz ULS, dla zastosowań w energetyce, kartowaniu infrastruktury, geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych	skaner dla technologii MLS oraz ULS, dla zastosowań w energetyce, kartowaniu infrastruktury, geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych	ręczny	mobilny
SKANER	Surveyor/Surveyor Ultra	Velodyne VLP-16	Velodyne VLP-32		Riegl miniVUX-1UAV	Riegl miniVUX-1UAV	T-Scan	Z+F Profiler 9012
liczba skanerów	1	1	1		1	1	1	1
TRYB PRACY [fazowy/impulsowy]	impulsowy	impulsowy	impulsowy		impulsowy	impulsowy	fazowy	fazowy
LASER								
długość fali [nm]	905	903	903		905	905	658	1500
klasa bezpieczeństwa	1	1	1		1	1	2M	1
DOKŁADNOŚĆ WYNIKOWEJ CHMURY [mm]	<50	<50	<50		<50	<25	od 60 µm	0,2 na 10 m
MAKS. PRĘDKOŚĆ SKANOWANIA [pkt/s]	300 000/600 000	300 000	600 000		100 000	100 000	210 000	1 016 027
ZASIĘG SKANOWANIA								
minimalny [m]	brak danych	brak danych	brak danych		3	3	1,5	0,3
maksymalny [m]	200	100	200		250	250	7,5	119
POLE WIDZENIA								
w pionie [°]	30	30	30		brak danych	brak danych	brak danych	360
w poziomie [°]	360	360	360		360	360	brak danych	nie dotyczy
KAMERA	opcja	opcja: Sony 6000	opcja: Sony 6000		opcja: Sony 6000	opcja: Sony 6000	brak	Z+F Map Cam S/Z+F MapCam C/inne
liczba kamer	brak danych	1	1		1	1	nie dotyczy	5/2/zależy od modelu
matryca [Mpx]	brak danych	24,3	24,3		24,3	24,3	nie dotyczy	5,04/5,04/zależy od modelu
rozmiar panoramy [Mpx]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	nie dotyczy	25/10/zależy od modelu
DODATKOWE SENSORY								
odbiornik GNSS	tak	tak	tak		brak danych	brak danych	brak danych	tak
IMU	Applanix APX-1	tak	tak		brak danych	brak danych	brak danych	tak
algorytmy SLAM	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	nie
STANDARDOWE PORTY WEJŚCIA/WYJŚCIA	USB, GNSS, zasilanie	2 x USB, GNSS, zasilanie zewnętrzne, camera connector, radio modem connector	2 x USB, GNSS, zasilanie zewnętrzne, camera connector, radio modem connector		2 x USB, GNSS, zasilanie zewnętrzne, camera connector, radio modem connector	2 x USB, GNSS, zasilanie zewnętrzne, camera connector, radio modem connector	brak danych	Ethernet, 2 USB
ZASILANIE								
rodzaj baterii/czas pracy na 1 bat. [h]	Li-ion/1,5	Li-ion/1,5	Li-ion/1,2		Li-ion/1,5	Lithium-ion/1,5	nie dotyczy	zasilanie zewnętrzne
zasilanie zewnętrzne	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
INFORMACJE DODATKOWE	Fly&Drive: lidar można zastosować dla UAV	rozwiązanie GNSS-Inertial: Applanix APX-15 UAV (GNSS/INS), skanowanie z użyciem platform UAV lub poprzez montaż na dachu samochodu przy użyciu systemu YellowScan Fly&Drive	rozwiązanie GNSS-Inertial: Applanix APX-15 UAV (GNSS/INS), skanowanie z użyciem platform UAV lub poprzez montaż na dachu samochodu przy użyciu systemu YellowScan Fly&Drive		rozwiązanie GNSS-Inertial: Applanix APX-15 UAV (GNSS/INS)	rozwiązanie GNSS-Inertial: Applanix APX-20 UAV (GNSS/INS)	-	możliwość instalacji kilku skanerów oraz integrowania innych sensorów w jeden system pomiarowy
OGÓLNE								
wymiary (dł. x szer. x wys.) [mm]	350 x 570 x 480	180 x 105 x 140	180 x 105 x 140		350 x 110 x 170	430 x 110 x 170	brak danych	320 x 260 x 340
waga z baterią [kg]	5,6	1,6	1,7		2,6	3,1	brak danych	13,5
norma pyło- i wodoszczelności	brak danych	brak danych	brak danych		IP64	IP64	IP54	IP54
temperatura pracy [°C]	brak danych	-20 do 50	-10 do 40		-20 do 40	-20 do 40	brak danych	10 do 45
wyposażenie podstawowe	lidar, obudowa, baterie, antena GNSS	skaner Velodyne VLP-16, 2 baterie, ładowarka, antena GNSS i kabel, 2 czynniki USB, instrukcja obsługi	skaner Velodyne VLP-32, 2 baterie, ładowarka, antena GNSS i kabel, 2 czynniki USB, instrukcja obsługi		skaner Riegl miniVUX-1UAV, 2 baterie, ładowarka, antena GNSS i kabel, 2 czynniki USB, instrukcja obsługi	skaner Riegl miniVUX-1UAV, 2 baterie, ładowarka, antena GNSS i kabel, 2 czynniki USB, instrukcja obsługi	-	brak danych
gwarancja [miesiące]	12	12	12		12	12	12	12
dystybutor	Geoline	Geoline	Geoline		Geoline	Geoline	EC TEST Systems	Laser-3D.pl







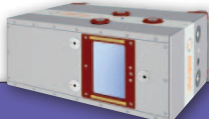
SKANERY LOTNICZE							
MARKA	DJI	Geosun	Geosun	Geosun	Geosun	Geosun	Geosun
MODEL	Zenmuse L1	GS-100C	GS-100M	GS-100V	GS-130H	GS-260F	GS-260P
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2021	2020	2020	2020	2020	2020	2020
PRZEZNACZENIE	dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych	górnictwo, kartowanie obiektów liniowych, leśnictwo, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych	górnictwo, kartowanie obiektów liniowych, leśnictwo, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych	archeologia, badania środowiska	archeologia, badania środowiska	archeologia, badania środowiska, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych	górnictwo, kartowanie obiektów liniowych, leśnictwo, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych
TYP PLATFORMY	bezzałogowe	wielowirnikowce (DJI M210, DJI M300, DJI M600 Pro itp.)	wielowirnikowce (DJI M210, DJI M300, DJI M600 Pro itp.)	wielowirnikowce (DJI M600 Pro, Geosun L200)	wielowirnikowce (DJI M300, M600Pro)	wielowirnikowce (DJI M300, M600 Pro)	wielowirnikowce (DJI M210, DJI M300, DJI M600 Pro itp.) i platformy
LASER							
długość fali [nm]	905	905	905	905	905	905	905
częstotliwość [kHz]	240	720	720	320	480	720	720
prędkość pomiaru [pkt/s]	240 000	720 000	720 000	320 000	480 000	720 000	720 000
pole widzenia [stopnie]	70	70	70,4	360	81,7 x 25,1	360	70
wzór skanowania	non-repetitive and repetitive	liniowy	liniowy	liniowy	kołowy	liniowy	liniowy
maksymalny zasięg lasera [m]	450	450	450	100	260	200	450
dokładność pomiaru wysokości [cm]	5	2	2	3	2	2	2
digitalizacja pełnego kształtu fali	brak danych	nie	nie	nie	nie	nie	nie
maks. liczba rejestrowanych odbić	3	3	3	2	2	2	3
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	100 dla 100 m (prędkość 13 m/s)	170 dla 100 m	170 dla 100 m	40 dla 70 m	114 dla 100 m	72 dla 100 m	170 dla 100 m
OGÓLNE							
waga [kg]	0,93	1,1	0,7	1,3	1,5	1,2	1,0
informacje dodatkowe	rejestracja do 3 odbić, pobór energii 30 W, warunki otoczenia -20 do 50°C, wymiary 15 x 11 x 17 cm,	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 55°C, opcje podłączenia kamery: Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 301 (Aceinna), skaner laserowy: Livox Avia	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 55°C, opcje podłączenia kamery: Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 301 (Aceinna), skaner laserowy: Livox Avia	pobór energii 15 W, warunki otoczenia -20 do 55°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 301 (Aceinna), skaner laserowy: Velodyne VLP 16	pobór energii 15 W, warunki otoczenia -40 do 85°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 302 (Aceinna), skaner laserowy: Livox Horizon	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 60°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 303 (Aceinna); skaner laserowy: HESAI Pandar 40b	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 55°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 303 (Aceinna), skaner laserowy: Livox Avia
dystybutor	NaviGate, TPI	ProGea SKY	ProGea SKY	ProGea SKY	ProGea SKY	ProGea SKY	ProGea SKY

SKANERY LOTNICZE							
MARKA	Geosun	Geosun	Geosun	Geosun	GreenValley International	GreenValley International	GreenValley International
MODEL	GS-260S	GS-260X	GS-300T	GS-MID40	LIAIR S50N	LIAIR S220N	LIAIR S250 v3
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2020	2021	2020	2020	2021	2021	2020
PRZEZNACZENIE	archeologia, badania środowiska, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych	archeologia, badania środowiska, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych	archeologia, badania środowiska, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych	archeologia, badania środowiska	pomiary topograficzne, geodezyjne, architektura, inspekcje	pomiary topograficzne, geodezyjne, architektura, inspekcje	pomiary topograficzne, geodezyjne, architektura, inspekcje
TYP PLATFORMY	wielowirnikowce (DJI M300, M600 Pro)	wielowirnikowce (DJI M300, M600 Pro)	platformy VTOL	wielowirnikowce (DJI M210, DJI M600 Pro)	bezzałogowe	bezzałogowe	bezzałogowe
LASER							
długość fali [nm]	905	905	905	905	905	905	1550
częstotliwość [kHz]	720	1280	500	200	300	700	300
prędkość pomiaru [pkt/s]	720 000	1 280 000	500 000	200 000	300 000	700 000	300 000
pole widzenia [stopnie]	360	360	14,5 x 16,2	38,4	360	360	360
wzór skanowania	liniowy	liniowy	liniowy	kołowy	liniowy	liniowy	liniowy
maksymalny zasięg lasera [m]	230	130	500	260	100	200	250
dokładność pomiaru wysokości [cm]	2	2	2	< 2	3	2	1,5
digitalizacja pełnego kształtu fali	nie	nie	nie	nie	brak danych	brak danych	brak danych
maks. liczba rejestrowanych odbić	2	2	2	2	2	2	5
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	36 dla 100 m	64 dla 100 m	700 dla 100 m	120 dla 100 m	250 dla 80 m przy 8 m/s	600 dla 80 m przy 10 m/s	250 dla 80 m przy 5 m/s
OGÓLNE							
waga [kg]	2,2	1,3	2,2	1,2	1,5	1,7	3
informacje dodatkowe	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 65°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 303 (Aceinna), skaner laserowy: HESAI Pandar 20b	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 65°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 303 (Aceinna); skaner laserowy: HESAI Pandar XT	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 55°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 303 (Aceinna); skaner laserowy: Livox Tele-15	pobór energii 20 W, warunki otoczenia -20 do 55°C, opcje podłączenia kamery: Sony RX1RII, Sony a6000, rozwiązanie GNSS-Inertial AGS 301 (Aceinna), skaner laserowy: Livox MID 40	kompatybilność z wieloma platformami UAV (w tym DJI Matrice 300 RTK)	duża częstotliwość skanowania, kompatybilność z wieloma platformami UAV (w tym DJI Matrice 300 RTK)	wysoka dokładność, duży zasięg, kompatybilność z wieloma platformami UAV
dystybutor	ProGea SKY	ProGea SKY	ProGea SKY	ProGea SKY	TPI	TPI	TPI


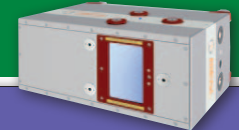

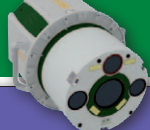
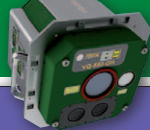


SKANERY LOTNICZE

							
MARKA	GreenValley International	Leica Geosystems	Leica Geosystems	Quantum-Systems GmbH	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems
MODEL	LIAIR V70	CityMapper-2	TerrainMapper	Qube240	RIEGL BDF-1	RIEGL miniVUX-1DL	RIEGL miniVUX-1UAV
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2020	2019	brak danych	2021	2016	2017	2016
PRZEZNACZENIE	pomiary topograficzne, geodezyjne, architektura, inspekcje	skanowanie miast	projekty wielkoobszarowe, inwentaryzacja linii energetycznych	górnictwo, kartowanie obiektów liniowych, leśnictwo, inżynieria lądowa, inspekcja linii energetycznych	pomiary batymetryczne rzek, potoków górskich, kanałów oraz zbiorników wodnych	inwentaryzacja rurociągów, linii energetycznych, kontrola autostrad i torów kolejowych	pom. topogr., rolnictwo, leśnictwo, monitor. lodowców oraz pokrywy śnieżnej, wykonywanie dokumentacji archeolog. i dziedzictwa kultur., monitor. osuwisk
TYP PLATFORMY	bezzałogowe	załogowe	załogowe	płatowiec typu VTOL Trinity F90+ (Quantum-Systems)	bezzałogowe	bezzałogowe	bezzałogowe
LASER							
długość fali [nm]	905	1064	1064	905	532 (zielony)	bliska podczerwień	bliska podczerwień
częstotliwość [kHz]	6240	2000	2000	720	4	100	100
prędkość pomiaru [pkt/s]	480 000	brak danych	brak danych	720 000	4000	100 000	100 000
pole widzenia [stopnie]	70,4	20-40	20-40	70	nie dotyczy	46	360
wzór skanowania	liniowy powtarzalny, płaskowy niepowtarzalny	brak danych	brak danych	liniowy	profilowy	kołowy	liniowy
maksymalny zasięg lasera [m]	320	5500	5500	450	50	260	330
dokładność pomiaru wysokości [cm]	3	<5	<5	2	2	1	1
digitalizacja pełnego kształtu fali	brak danych	tak	tak	nie	nie	tak	tak
maks. liczba rejestrowanych odbić	3	brak danych	brak danych	3	brak danych	5	5
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	300 dla 80 m przy 10 m/s	brak danych	brak danych	100 dla 100 m	brak danych	52-316 dla 80 m (prędkość 18 m/s)	40 dla 100 m (prędkość 4 m/s)
OGÓLNE							
waga [kg]	1,3	62	37-41	1,0	5,3	2,4	1,55
informacje dodatkowe	kompaktowy rozmiar, kompatybilność z dronami DJI M200 i DJI Matrice 300 RTK, mała waga, duża wydajność	pomiar do 300 linii na sekundę, rejestracja do 15 odbić, w systemie z kamerami RGB, NIR oraz 4 ukośnymi	-	pobór energii 15 W, warunki otoczenia -20 do 40°C, rozwiązanie GNSS-Inertial APX-15 UAV (Applanix), skaner laserowy: Livox Avia	penetracja wody do 1,5 jednostki Secchiego, możliwość integracji z maksymalnie 2 kamerami zewnętrznymi, opcja montażu floating support (wyposażenie do lądowania na wodzie), aby poprawnie ustalić pułap lotu należy uwzględnić maksymalnq głębokość dna mierzonego obiektu (zbiornik/ciek)	wytrzymała aluminiowa obudowa gotowa do montażu na wszystkich rodzajach systemów UAS/UAV/RPAS, łatwa integracja dodatkowych sensorów, mechaniczny i elektryczny interfejs do montażu IMU, możliwość prostego i szybkiego montażu skanera na wszelkiego rodzaju platformach BSP np.: DJI Matrice 300 lub 600.	
dystybutor	TPI	Leica Geosystems	Leica Geosystems	ProGea SKY	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl



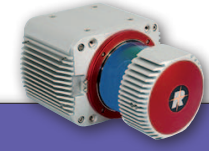
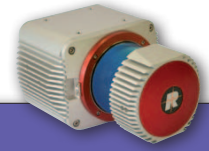

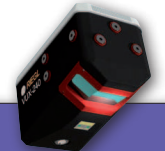

SKANERY LOTNICZE

							
MARKA	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems
MODEL	RIEGL miniVUX-2UAV	RIEGL miniVUX-3UAV	VP-1 z VUX-LR/VUX-120/VUX-240	VPX z VUX-120/VUX-240	RIEGL VQ-480 II	RIEGL VQ-580 II	Riegl VQ-780 II
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2019	2020	2015	2020	2018	2018	2019
PRZEZNACZENIE	pomiary topograficzne, rolnictwo, leśnictwo, monitorowanie lodowców oraz pokrywy śnieżnej, wykonywanie dokumentacji archeologicznej i dziedzictwa kulturowego, monit. osuwisk	pomiary topograficzne, rolnictwo, leśnictwo, monitorowanie lodowców oraz pokrywy śnieżnej, wykonywanie dokumentacji archeologicznej i dziedzictwa kulturowego, monit. osuwisk	rolnictwo precyzyjne, archeologia i dziedzictwo kulturowe, tworzenie map terenu, badanie środowisk miejskich, mapowanie: linie energetyczne, tory kolejowe i rurociągi, badanie wypadków, zarządz. kryzysowe	rolnictwo precyzyjne, archeologia i dziedzictwo kulturowe, tworzenie map terenu, badanie środowisk miejskich, mapowanie: linie energetyczne, tory kolejowe i rurociągi, badanie wypadków, zarządz. kryzysowe	kontrola linii energetycznych, torów kolejowych i rurociągów, modelowanie miast, rolnictwo i leśnictwo	mapowanie lodowców i pokrywy śnieżnej, monitoring obszarów zalewowych i bagiennych, kontrola linii energetycznych, torów kolejowych i rurociągów, modelowanie miast, rolnictwo i leśnictwo	pomiary topograficzne z wysokiego pułapu, mapowanie środowisk miejskich obszarów rolnych oraz leśnych, monitorowanie lodowców oraz pokrywy śnieżnej, pomiar brzegów rzek oraz zbiorników wodnych
TYP PLATFORMY	bezzałogowe	bezzałogowe	załogowe lub bezzałogowe	załogowe lub bezzałogowe	załogowe lub bezzałogowe	załogowe lub bezzałogowe	załogowe
LASER							
długość fali [nm]	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień
częstotliwość [kHz]	200	300	820 lub 1800	1800/1800	2000	2000	2000
prędkość pomiaru [pkt/s]	200 000	200 000	750 000/1 500 000/1 500 000	1 500 000/1 500 000	1 250 000	1 250 000	1 330 000
pole widzenia [stopnie]	360	360	330/100/75	100/75	75	75	60
wzór skanowania	liniowy	liniowy	liniowy	liniowy	liniowy	liniowy	liniowy
maksymalny zasięg lasera [m]	330	330	1350/1430/1900	1430/1900	2500	2850	6800
dokładność pomiaru wysokości [cm]	1	1	1/1/1,5	1/1,5	2	2	2
digitalizacja pełnego kształtu fali	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
maks. liczba rejestrowanych odbić	5	5	15	15	15	15	15
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	80 dla 100 m (prędkość 4 m/s)	135 dla 90 m (prędkość 4 m/s)	131 dla 100 m (10 m/s), 270 dla 150 m (15,5 m/s), 120 dla 240 m (31 m/s)	270 dla 150 m (15,5 m/s), 120 dla 240 m (31 m/s)	124 dla 210 m (prędkość 31 m/s)	66 dla 400 m (prędkość 31 m/s)	9,82 dla 1520 m (prędkość 78 m/s)
OGÓLNE							
waga [kg]	1,55	1,55	do 20	do 20	10,6	9,9	20
informacje dodatkowe	wytrzymała aluminiowa obudowa do montażu na wszystkich rodzajach systemów UAV, łatwa integracja dod. sensorów, mechaniczny i elektr. interfejs do montażu IMU, prosty montaż na różnych BSP np.: DJI Matrice 300 lub 600	wytrzymała aluminiowa obudowa do montażu na wszystkich rodzajach systemów UAV, łatwa integracja dod. sensorów, mechaniczny i elektr. interfejs do montażu IMU, prosty montaż na różnych BSP np.: DJI Matrice 300 lub 600	system dla śmigłowców załogowych wyposażony w skaner VUX-1LR, VUX-120 lub VUX-240, 3 kamery oraz IMU/GNSS, posiada uchwyt mocujący umożliwiający szybki montaż i demontaż	system dla śmigłowców załog. wyposażony w VUX-120 lub VUX-240, 3 kamery i IMU/GNSS, posiada uchwyt mocujący umożliwiający szybki montaż i demontaż, ustawienie kamer (przód/nadir/tył) pozwala na uzyskanie dokładnych danych	kompaktowa i lekka konstrukcja do integracji ze stabilizowanymi UAV, integracja maks. 5 kamer, wbud. system IMU/GNSS, wyjmowana karta pamięci i zintegrowany dysk SSD, opcja integracji z kołnierzem stabilizującym (np. GSM-4000)	kompaktowa i lekka konstrukcja kompatybilna ze stabilizowanymi platformami (żyrokoptery, małe samoloty załog.), karta pamięci i zintegrowany dysk SSD, wbudowany system IMU, opcja integracji z łożem stabilizującym (np. GSM-4000)	bezproblemowa integracja i kompatybilność z innymi systemami i pakietami oprogramowania Riegl ALS, równoległe linie skanowania i równomierny rozkład punktów, wbudowany system IMU/GNSS
dystybutor	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl

SKANERY LOTNICZE

							
MARKA	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems		Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems
MODEL	Riegl VQ-780 II-S	Riegl VQ-780i	Riegl VQ-840-G		Riegl VQ-880-G II	Riegl VQ-880-GH	Riegl VQ-1560 II-S
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2021	2017	2019		2018	2017	2019
PRZEZNACZENIE	pomiary topograficzne z wysokiego pułapu, mapowanie środowisk miejskich, obszarów rolnych oraz leśnych, monitorowanie lodowców oraz pokrywy śnieżnej, pomiar brzegów rzek oraz zbiorników wodnych	pomiary topograficzne z wysokiego pułapu, mapowanie środowisk miejskich, obszarów rolnych oraz leśnych, monitorowanie lodowców oraz pokrywy śnieżnej, pomiar brzegów rzek oraz zbiorników wodnych	pomiary topograficzno-batymetryczne rzek, potoków, kanałów oraz zbiorników, mapowanie linii brzegowych, pomiary dla budownictwa hydrotechnicznego		pomiary batymetryczne jezior i linii brzegowych, monitoring zagrożeń powodziowych, mapowanie siedlisk, archeologia podwodna, inżynieria wodna	pomiary batymetryczne jezior i linii brzegowych, monitoring zagrożeń powodziowych, mapowanie siedlisk, archeologia podwodna, inżynieria wodna	pomiary topograficzne z wysokiego pułapu, mapowanie obszarów miejskich, lodowców i pokrywy śnieżnej, kontrola linii energetycznych, torów kolejowych i rurociągów, pomiary linii brzegowej, rolnictwo i leśnictwo
TYP PLATFORMY	załogowe	załogowe	załogowe lub bezzałogowe		załogowe	załogowe	załogowe
LASER							
długość fali [nm]	bliska podczerwień	bliska podczerwień	532 (zielony)		bliska podczerwień/zielony (532)	bliska podczerwień/zielony (532)	bliska podczerwień
częstotliwość [kHz]	2000	1000	200		900/700	900/700	4000
prędkość pomiaru [pkt/s]	1 330 000	666 000	200 000		279 000/700 000	279 000/700 000	2 660 000
pole widzenia [stopnie]	60	60	40		40	40	58
wzór skanowania	liniowy	liniowy	eliptyczny i liniowy		kołowy i liniowy	kołowy i liniowy	równoległe linie w zakresie jednego kanału, krzyżowe linie obu wiązek
maksymalny zasięg lasera [m]	6800	6800	250		2800	2800	6800
dokładność pomiaru wysokości [cm]	2	2	2		2,5	2,5	2
digitalizacja pełnego kształtu fali	tak	tak	tak		tak	tak	tak
maks. liczba rejestrowanych odbić	14	15	15		brak danych	brak danych	14
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	8 dla 1680 m (prędkość 87 m/s)	3 dla 2070 m (prędkość 87 m/s)	92 dla 75 m (prędkość 10 m/s)		brak danych	brak danych	20 dla 1220 m (prędkość 98 m/s)
OGÓLNE							
waga [kg]	20	20	12		65	65	55
informacje dodatkowe	bezproblemowa integracja i kompatybilność z innymi systemami i pakietami oprogramowania Riegl ALS, równoległe linie skanowania i równomierny rozkład punktów, wbudowany system IMU/GNSS	bezproblemowa integracja i kompatybilność z innymi systemami i pakietami oprogramowania Riegl ALS, równoległe linie skanowania i równomierny rozkład punktów	penetracja wody do 2,5 jednostki Secchięgo, łatwy do zamontowania na UAV, śmigłowcach, żyrokojptcrch i malych samolotach, możliwa integracja dodatkowej kamery, opcja integracji z lożem stabilizującym, aby poprawnie ustalić pułap lotu należy uwzględnić maksymalną głębokość dna mierzonego obiektu		penetracja do 2,5 jednostki Secchięgo, wytrzymała i wodoszczelna obudowa, 2 kanały lidar (zielony i podczerwony) pozwalające na pomiar zanurzonych obiektów, możliwość integracji z 2 kamerami, wbudowany IMU/GNSS, prosty montaż, aby poprawnie ustalić pułap lotu należy uwzględnić maks. głębokość dna	penetracja do 1,5 jednostki Secchięgo, 2 kanały (zielony i podczerwony) pozwalające na pomiar obiektów pod powierzchnią wody, wbudowany system IMU/GNSS, możliwość integracji z 2 kamerami, gotowy do montażu na śmigłowcu, aby poprawnie ustalić pułap lotu należy uwzględnić maks. głębokość dna	odporny na zakłócenia pochodzenia atmosferycznego (tzw. szumy atmosferyczne), możliwość integracji z dwoma kamerami, wbudowany system IMU/GNSS, oferuje dwa kanały lidar, opcja integracji z lożem stabilizującym (np. GSM-4000)
dystybutor	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl		Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl

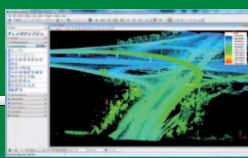
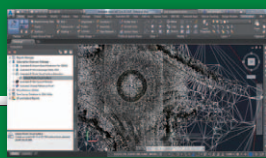
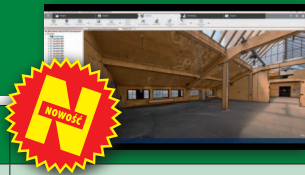
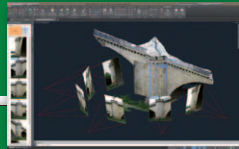
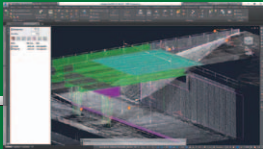
SKANERY LOTNICZE

							
MARKA	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	SATLAB
MODEL	Riegl VQ-1560i	Riegl VQ-1560i-DW	RIEGL VUX-1LR	RIEGL VUX-1UAV	RIEGL VUX-120	RIEGL VUX-240	SUL1
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2016	2017	2015	2014	2020	2019	2019
PRZEZNACZENIE	mapowanie obszarów miejskich, lodowców i pokrywy śnieżnej, modelowanie miast, rolnictwo, leśnictwo, pomiary linii brzegowej jezior i rzek, kontrola linii energetycznych, torów kolejowych i rurociągów	prace badawcze, rolnictwo, leśnictwo, monitoring pokrywy roślinnej (m.in. NDVI), mapowanie lodowców i pokrywy śnieżnej, kontrola linii energetycznych, torów kolejowych i rurociągów, pomiary linii brzegowej	pomiary topograf., górnictwo odkrywkowe, rolnictwo, leśnictwo, dokument. z zakresu archeologii i dziedzictwa kulturowego, kontrola linii elektroenerget., torów kolejowych i rurociągów, monitor. obszaru budowy, badanie środowiska miejskiego, mapowanie miast	pomiary topograf., górnictwo odkrywkowe, rolnictwo, leśnictwo, dokument. z zakresu archeologii i dziedzictwa kulturowego, kontrola linii elektroenerget., torów kolejowych i rurociągów, monitor. obszaru budowy, badanie środowiska miejskiego, mapowanie miast	pomiary topograficzne, górnictwo odkrywkowe, rolnictwo, leśnictwo, dokumentacja z zakresu archeologii i dziedzictwa kulturowego, kontrola linii elektroenergetycznych, torów kolejowych i rurociągów, monitorowanie obszaru budowy	pomiary topograficzne, górnictwo odkrywkowe, rolnictwo, leśnictwo, dokumentacja z zakresu archeologii i dziedzictwa kulturowego, kontrola linii elektroenergetycznych, torów kolejowych i rurociągów, monitorowanie obszaru budowy	pomiary fotogrametryczne dronami
TYP PLATFORMY	załogowe	załogowe	załogowe lub bezzałogowe	załogowe lub bezzałogowe	załogowe lub bezzałogowe	załogowe lub bezzałogowe	bezzałogowe
LASER							
długość fali [nm]	bliska podczerwień	bliska podczerwień i zielony (532)	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień	bliska podczerwień	905
częstotliwość [kHz]	2000	2 x 1000	820	550	1800	1800	brak danych
prędkość pomiaru [pkt/s]	1 330 000	1 330 000	750 000	500 000	1 500 000	1 500 000	brak danych
pole widzenia [stopnie]	58	58	330	330	100	75	30
wzór skanowania	równoległe linie w zakresie jednego kanału, krzyżowe linie obu wiązek		liniowy	liniowy	3 linie: do przodu, w dół, do tyłu	liniowy	kołowy
maksymalny zasięg lasera [m]	6800	5600	1350	920	1430	1900	100
dokładność pomiaru wysokości [cm]	2	2	1	0,5	1	1,5	3
digitalizacja pełnego kształtu fali	tak	tak	tak	tak	tak	tak	brak danych
maks. liczba rejestrowanych odbić	brak danych	brak danych	15	brak danych	15	15	brak danych
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	7 dla 2070 m (prędkość 87 m/s)	brak danych	131 dla 100 m (prędkość 10 m/s)	88 dla 100 m (prędkość 10 m/s)	270 dla 150 m (prędkość 15,5 m/s)	120 dla 240 m (prędkość 31 m/s)	brak danych
OGÓLNE							
waga [kg]	55	60	3,5	3,5	2	4,1	3
informacje dodatkowe	odporny na zakłócenia pochodzenia atmosferycznego (tzw. szumy atmosferyczne), wyposażony w dwa kanały lidar, możliwość integracji dwóch kamer, wbudowany system IMU/GNSS, opcja integracji z lożem stabilizującym (np. GSM-4000)	możliwość integracji z dwoma kamerami, wbudowany system IMU/GNSS, wyposażony w dwa kanały lidar o różnych długościach fal (zielonej i podczerwieni), opcja integracji z lożem stabilizującym (np. GSM-4000)	łatwy do zamontowania na platformach bezzałogowych (UAV) oraz na śmigłowcach, żyrokojptcrch i innych ultralekkich samolotach załogowych, łatwa integracja dodatkowych sensorów, możliwość uzyskania nieograniczonej liczby ech sygnału, możliwość integracji z IMU	kompaktowa i wytrzymała obudowa, łatwy montaż na platformy UAS/UAV/RPAS, możliwość zamontowania w dowolnym kierunku nawet przy ograniczonych warunkach wagi oraz wolnej przestrzeni, mechaniczny i elektryczny interfejs do integracji IMU, łatwa integracja dodatkowych sensorów	łatwy do zamontowania na UAV oraz na śmigłowcach, żyrokojptcrch i innych małych samolotach załogowych, łatwa integracja sensorów (maksymalnie 4 sztuk), możliwość integracji z systemem IMU, możliwość prostego i szybkiego montażu na wszelakiego rodzaju platformach BSP np. DJI Matrice 600	łatwy do zamontowania na platformach bezzałogowych (UAV) oraz na śmigłowcach, żyrokojptcrch i innych małych samolotach załogowych, łatwa integracja sensorów (maksymalnie 4 sztuk), możliwość integracji z systemem IMU	podwójny system powrotu, zintegrowany web serwer do monitoringu i konfiguracji, IMU (X/Y/Z: 0,02/0,02/0,02 m, P/R/H: 0,025/0,025/0,1 stopnia)
dystybutor	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Satlab Geosolutions Polska, GPS Global Solutions

SKANERY LOTNICZE						
MARKA	Teledyne Optech	Teledyne Optech	Teledyne Optech		Teledyne Optech	Teledyne Optech
MODEL	CL-90	CL-360	Eclipse		Galaxy T1000/Prime	Titan
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2019	2019	2016		2014/2015	2014
PRZEZNACZENIE	pomiary z niskiego pułapu	pomiary z niskiego pułapu	pomiary korytarzowe, pomiary mniejszych obszarów, leśnictwo, rolnictwo, górnictwo		skanowanie rozległych obszarów, w tym terenów górzystych, pomiary korytarzowe, inwentaryzacja linii energetycznych, pomiary miast	dzienne i nocne pomiary wielospektralne, pomiary batymetryczne płytkich wód, pomiary roślinności i topografii
TYP PLATFORMY	bezzałogowe	bezzałogowe	załogowe		załogowe	załogowe
LASER						
długość fali [nm]	1550	1550	1550		1064	532, 1064, 1550
częstotliwość [kHz]	brak danych	500	450		1000	900
prędkość pomiaru [pkt/s]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych
pole widzenia [stopnie]	regulowane	360	60		60	60
wzór skanowania	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych
maksymalny zasięg lasera [m]	120	775	1000		4700/6000	2000
dokładność pomiaru wysokości [cm]	1	1	5		3	2
digitalizacja pełnego kształtu fali	brak danych	brak danych	nie		tak	tak
maks. liczba rejestrowanych odbić	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych
OGÓLNE						
waga [kg]	4,1	3,5	37		27/35	116
informacje dodatkowe	skuteczna penetracja roślinności, niskie szумы, wysoka precyzja pomiaru	pomiar do 250 linii na sekundę, skuteczna penetracja roślinności oraz pomiar niewielkich obiektów	niskokosztowa platforma, niewielkie wymiary, prosta obsługa oraz łatwe przetwarzanie danych		rejestracja do 5 odbić, technologie SwathTRAK (utrzymywanie stałej szerokości ścieżki zbierania danych) i PulseTRAK (zapobieganie martwym polom)	pierwszy na świecie wielospektralny lidar
dystybutor	Czerski Trade Polska	Czerski Trade Polska	Czerski Trade Polska		Czerski Trade Polska	Czerski Trade Polska

SKANERY LOTNICZE						
MARKA	YellowScan	YellowScan	YellowScan		YellowScan	YellowScan
MODEL	Mapper	Surveyor	Surveyor Ultra		Vx-15/15+	Vx-20
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2020	2016	2017		2017	2018
PRZEZNACZENIE	dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych	dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych	dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych		dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych	dla zastosowań w geodezji, architekturze, górnictwie, archeologii, leśnictwie, pomiarach inżynieryjnych i topograficznych
TYP PLATFORMY	bezzałogowe	bezzałogowe	bezzałogowe		bezzałogowe	bezzałogowe
LASER						
długość fali [nm]	905	905	903		905	905
częstotliwość [kHz]	240	300	600		100-300	100-300
prędkość pomiaru [pkt/s]	240 000	300 000	600 000		100 000/200 000	100 000/200 000
pole widzenia [stopnie]	81,7	360	360		360	360
wzór skanowania	non-repetitive	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych
maksymalny zasięg lasera [m]	115	100	200		250	250
dokładność pomiaru wysokości [cm]	3	5	5		5	2,5
digitalizacja pełnego kształtu fali	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych
maks. liczba rejestrowanych odbić	2	2	2		5	5
przykładowa gęstość chmury [pkt/m kw.]	400 dla 50 m (prędkość 5 m/s)	85 dla 50 m (prędkość 5 m/s)	340 dla 50 m (prędkość 5 m/s)		150 dla 50 m (prędkość 5 m/s)	150 dla 50 m (prędkość 5 m/s)
OGÓLNE						
waga [kg]	1,4	1,6	1,7		2,6	3,1
informacje dodatkowe	rejestracja do 2 odbić, czas pracy 1,5 godz., pobór energii 19 W, warunki otoczenia -20 do 40°C, wymiary 14,4 x 9,5 x 14,2 cm, rozwiązanie GNSS-Inertial Applanix APX-15 UAV	rejestracja do 2 odbić, czas pracy 1,5 godz., pobór energii 15 W, warunki otoczenia -20 do 50°C, wymiary 16 x 10,5 x 14 cm, rozwiązanie GNSS-Inertial Applanix APX-15 UAV	rejestracja do 2 odbić, czas pracy 1,2 godz., pobór energii 19 W, warunki otoczenia -10 do 40°C, wymiary 18 W 10,5 x 14 cm, Applanix APX-15 UAV		rejestracja do 5 odbić, czas pracy 1,5 godz., pobór energii 25 W, warunki otoczenia -20 do 40°C, wymiary 35 x 11 x 17 cm, Applanix APX-15 UAV	rejestracja do 5 odbić, czas pracy 1,5 godz., pobór energii 25 W, warunki otoczenia -20 do 40°C, wymiary 35 x 11 x 17 cm, Applanix APX-20 UAV
dystybutor	Geoline	Geoline	Geoline		Geoline	Geoline

OPROGRAMOWANIE

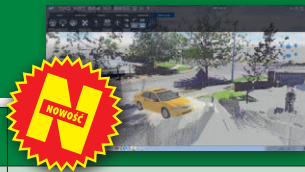
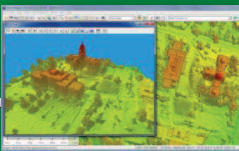
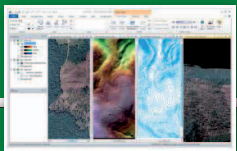
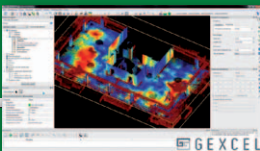
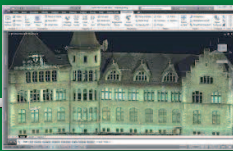
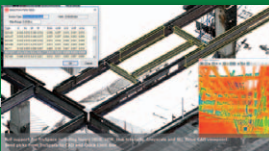



APLIKACJA	As-Built for AutoCAD	As-Built for Revit	As-Built Modeller		AutoCAD + ReCap	Bentley ContextCapture Editor	Bentley Descartes	Bentley Pointools
AKTUALNA WERSJA	2020.2	2020.1	2020.1		2023	CONNECT Edition	CONNECT Edition	CONNECT Edition
PRODUCENT	Faro	Faro	Faro		Autodesk	Bentley Systems	Bentley Systems	Bentley Systems
TYP APLIKACJI	nakładka na Autodesk AutoCAD	nakładka na Autodesk Revit	samodzielna		samodzielna	samodzielna	nakładka na MicroStation lub samodzielna	samodzielna
MINIMALNE WYMAGANIA	Windows 64-bit, 16 GB RAM, obsługa DirectX 11	Windows 64-bit, 16 GB RAM, obsługa DirectX 11	Windows 64-bit, 16 GB RAM, obsługa DirectX 11		Windows 7/8/10 64-bit, 16 GB RAM, procesor Intel Pentium lub Xeon lub AMD Athlon 64	Windows 7 SP1/8.1/10, Server 2008 R2 SP1/2012 R2/2016, procesor 1,0 GHz Intel lub AMD, 4 GB RAM (rekomendowane 16 GB), karta NVIDIA lub ATI (AMD)	Windows 7 SP1/8.1/10, Server 2008 R2 SP1/2012 R2/2016, procesor 1,0 GHz Intel lub AMD, 4 GB RAM (rekomendowane 16 GB), karta NVIDIA lub ATI (AMD)	Windows 7/8.1/10, procesor 2,0 GHz, Intel lub AMD, 4 GB RAM, karta NVIDIA lub ATI (AMD)
PRZEZNACZENIE	archeologia, architektura, zarządzanie majątkiem, konserwacja zabytków, projektowanie BIM, pomiary inżynierskie	archeologia, architektura, zarządzanie majątkiem, konserwacja zabytków, projektowanie BIM, pomiary inżynierskie	archeologia, architektura, zarządzanie majątkiem, konserwacja zabytków, projektowanie BIM, pomiary inżynierskie		uniwersalna platforma CAD	do zastosowań przemysłowych, górniczych, edycji danych z lotniczego/naziemnego/mobilnego skaningu, kontrola jakości danych	do zastosowań przemysłowych, górniczych, edycji danych z lotniczego/naziemnego/mobilnego skaningu, kontrola jakości danych	do zastosowań przemysłowych, górniczych, edycji danych z lotniczego/naziemnego/mobilnego skaningu, kontrola jakości danych
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	RSP, RCS, FLS, PTS, PTX, LAS, LAZ, ZFS, CL3, CLR, E57, RSP, TXT, XYZ	RSP, RCS, FLS, PTS, PTX, LAS, LAZ, ZFS, CL3, CLR, E57, RSP, TXT, XYZ	RSP, RCS, FLS, PTS, PTX, LAS, LAZ, ZFS, CL3, CLR, E57, RSP, TXT, XYZ		RCP, RCS, FLS, FWS, ISPROJ, PTG, PTS, PTX, LAS, ZFS, ZFPRJ, ASC, CL3, CLR, E57, RDS, TXT, XYZ, PCG, XYB	ASCII, POD, Terrascan BIN, LAS, LAZ, E57, PTX i PTS, PTG, FLS i FLW, 3DD, RXP, RDB i RSP, CL3, ZFS	ASCII, POD, Terrascan BIN, LAS, LAZ, E57, PTX i PTS, PTG, FLS i FLW, 3DD, RXP, RDB i RSP, CL3, ZFS	ASCII, POD, Terrascan BIN, LAS, LAZ, E57, PTX i PTS, FLS i FLW, 3DD, RXP, RDB i RSP, IXL, CL3, DeltaSphere 3000 RTPI, ZFS
formaty eksportu danych 3D	formaty eksportowane przez AutoCAD	formaty eksportowane przez Revit	DXF, STEP, IGS, STL, OBJ, PLY		DWG, DXF, STP	Pointools, POD, LAS, XYZ	Pointools, POD, LAS, XYZ	Pointools, POD, LAS, XYZ, PTS
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	linie, płaszczyzny, walce, rury, elementy konstrukcji stalowych	ściany, okna, rury, elementy konstrukcji stalowych	linia, płaszczyzna, walec		brak danych	linia, płaszczyzna, walec, kula, prostopadłościan i inne	linia, płaszczyzna, walec, kula, prostopadłościan i inne	nie dotyczy
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	nie	nie	tak		nie	nie	nie	nie
rozrzedzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	tak	nie	tak		tak	tak	tak	tak
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	tak	nie	nie		nie	tak	tak	nie
generownie ortoobrazów	tak	nie	tak		nie	tak	tak	nie
generowanie przekrojów	tak	nie	tak		tak	tak	tak	tak
tworzenie panoram ze zdjęć	tak	nie	nie		nie	tak	tak	nie
obliczanie objętości	tak	nie	tak		nie	tak	tak	nie
badanie kolizji (clash detection)	tak	nie	nie		nie	nie	tak	tak
tekstutowanie chmury zdjęciami	nie	nie	tak		nie	tak	tak	nie
generowanie filmów	nie	nie	tak		tak	nie	tak	tak
nadawanie georeferencji	nie	nie	nie		tak	tak	tak	tak
łączenie skanów „chmura do chmury”	nie	nie	nie		nie	tak	tak	tak
automatyczne odnajdowanie celów	nie	nie	nie		tak	tak	tak	tak
obsługa polskich ukl. współrzędnych	tak	nie	nie		tak	tak	tak	tak
transformacje chmur punktów	tak	nie	nie		tak	tak	tak	tak
inne istotne narzędzia	wczytywanie skanów za pomocą Autodesk ReCap, możliwość automatycznego wpasowywania obiektów takich jak rury, zawory, elementy konstrukcji stalowych	wczytywanie skanów za pomocą Autodesk ReCap, możliwość automatycznego wpasowywania obiektów oraz szybkiego modelowania budynków, obiektów przemysłowych	przesyłanie punktów wskazanych na chmurze punktów do oprogramowań CAD, tworzenie podglądów VR z chmur punktów		-	tworzenie trójwymiarowych dokumentów PDF	tworzenie trójwymiarowych dokumentów PDF	-
CENA [netto]	brak danych	brak danych	brak danych		1755 euro/rok	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	TPI	TPI	TPI		ProCAD	Bentley Systems i partnerzy	Bentley Systems i partnerzy	Bentley Systems i partnerzy

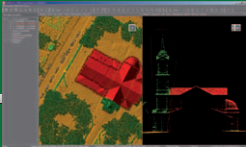
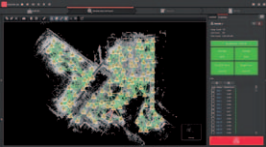
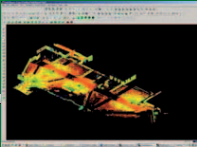
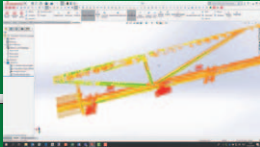
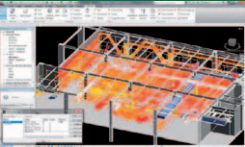
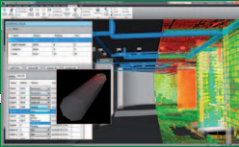
OPROGRAMOWANIE

APLIKACJA	BuildIT Construction	 Carlson Point Cloud	Civil 3D + ReCap		 CloudStation	Cyclone3DR	EdgeWise	ENVI
AKTUALNA WERSJA	2021.1	2021	2023		3.0	2021.1	5.6	5.6
PRODUCENT	Faro	Carlson Software	Autodesk		YellowScan	Hexagon	ClearEdge3D	L3Harris
TYP APLIKACJI	samodzielna	wbudowany silnik IntelliCAD lub nakładka na AutoCAD	samodzielna		samodzielna	samodzielna	samodzielna	samodzielna
MINIMALNE WYMAGANIA	Windows 64-bit, procesor 8-rdzeniowy, 16 GB RAM, karta graficzna NVIDIA 2 GB	Windows 7/8/10 64-bit, minimum 8 GB RAM	Windows 7/8/10 64-bit, 16 GB RAM, procesor Intel Pentium lub Xeon lub AMD Athlon 64		Intel Core i5, 8 GB RAM, GeForce GTX 660, Windows 10	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL, HDD 40 GB	Windows 64-bit, 8 GB RAM, karta graficzna 1 GB	procesor Intel/AMD 64-bit, 8 GB RAM
PRZEZNACZENIE	wszechstronna kontrola skanowanych obiektów poprzez porównywanie skanów z modelami 3D, sprawdzanie płaskości, pionowości, osiowości	inżynieria lądowa, geodezja, GIS	inżynieria lądowa, drogi, geodezja, GIS		do opracowań, edycji, zarządzania chmurą punktów pozyskaną ze skanerów.	przetwarzanie danych z naziemnego/mobilnego skaningu i modelowanie 3D mesh, w tym import, edycja, kontrola, animacje	automatyczna zamiana chmur punktów na modele 3D instalacji rurowych, konstrukcji stalowych, ścian, okien i drzwi; umożliwia redukcję czasu opracowania nawet o 70%	narzędzia do analiz obrazowych oraz generowania produktów pochodnych z chmur punktów ze skaningu (lotniczego lub naziemnego) oraz tworzenie obiektów 3D (drzewa, budynki, linie energetyczne)
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	FLS, PTS, E57, TXT, ASC	LAS, LAZ, TXT, XYZ, CSV, FLS, FWS, E57, PLY, CLD	RCP, RCS, FLS, FWS, LSPROJ, PTG, PTS, PTX, LAS, ZFS, ZFPRJ, ASC, CL3, CLR, E57, RDS, TXT, XYZ, PCG, XYB, GeoTIFF, DEM, FLT		LAS, E57, PTS, PTX, generic ASCII	ASC, CSV, XYZ, TXT, PTS, PTX, SDB, E57, 3PI, NSD, ISO, STL, RAW, SWB, SWL, GSN, AC, PLY, FLS, FWS, PSL, LAS, LAZ, ZFS, Esri ASC, DP	FLS, PTG, PTX, ZFS, RSP, E57, PTS	LAS, LAZ, TXT, NTF, BIN, SID
formaty eksportu danych 3D	STEP, IGS, SAT, STL	LAS, LAZ, GRID, DXF	DWG, DXF, STP, LandXML, DEM		LAS, DTM, TIFF	TXT, CSV, XYZ, ASC, IGS, LAS, LAZ, NSD, PTS, PTX, DXF, DXF (mesh as polyline), MSH, OBJ, PBI, PLY, POLY, STL ASCII, STL BINARY, STP, WRL, VRML, IV, XML, IGS, IGES, STEP, PDF 3D	kompatybilne z AutoCAD, Microstation, Revit, AutoCAD Plant3D, PDMS, Cadworx	LAS, BIN, TXT, SHP, DXF, CSV
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	linie, płaszczyzny, walce, kule, stożki, paraboloidy, powierzchnie	polilinie, płaszczyzny, profile, przekroje, bryły, siatka GRID	brak danych		brak danych	linia, polilinia, okrąg, kwadrat, płaszczyzna, walec, kula, stożek, siatka TIN dowolnego obiektu, spline, NURBS	płaszczyzny, ściany, okna, elementy konstrukcji stalowych	linia, płaszczyzna, prostopadłościan
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	nie	nie	tak		tak	tak	tak	tak
rozzędzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	tak	tak	tak		tak	tak	nie	nie
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
generowanie ortobrazów	nie	nie	nie		tak	tak	nie	tak
generowanie przekrojów	tak	tak	tak		tak	tak	nie	tak
tworzenie panoram ze zdjęć	nie	nie	nie		tak	nie	nie	nie
obliczanie objętości	tak	tak	tak		tak	tak	nie	nie
badanie kolizji (clash detection)	tak	nie	nie		nie	tak	nie	nie
tekstutowanie chmury zdjęciami	nie	nie	nie		tak	tak	nie	nie
generowanie filmów	nie	nie	tak		brak danych	tak	nie	nie
nadawanie georeferencji	nie	tak	tak		tak	tak	nie	tak
łączenie skanów „chmura do chmury”	tak	nie	nie		tak	tak	nie	nie
automatyczne odnajdowanie celów	tak	nie	tak		tak	tak	nie	nie
obsługa polskich ukł. współrzędnych	nie	tak	tak		tak	tak	nie	tak
transformacje chmur punktów	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
inne istotne narzędzia	automatyzacja operacji oraz generowanie kontrolnych raportów PDF, HTML i XLSX	-	-		-	zaawansowane modelowanie siatki TIN, zaawansowane badanie deformacji obiektów, inżynieria odwrotna, powierzchnie NURBS, porównania chmur i modeli z generowaniem raportów, zaawansowane obliczanie objętości, przekroje, moduł tunel, ekstrakcja terenu, ekstrakcja budynków, warstwy, zaawansowana analiza terenu, import własnych skryptów	tworzenie modeli w sposób automatyczny z wykorzystaniem chmur punktów	przypisywanie wartości RGB z ortofotomapy do chmury punktów, analizy widoczności, przetwarzanie wsadowe, możliwość pisania (w IDL lub Python) i dodawania własnych algorytmów, integracja z ArcGIS oraz ArcGIS Pro, bogaty zestaw dostępnych analiz obrazowych (również dla danych hiperspektralnych)
CENA [netto]	brak danych	brak danych	2400 euro/rok		brak danych	od 26 000 zł	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	TPI	Carlson Software	ProCAD		Geoline	Leica Geosystems	TPI	Esri Polska

OPROGRAMOWANIE

								
APLIKACJA	Faro ZONE	Global Mapper PL + moduł LiDAR	IMAGINE Professional		JRC 3D Reconstructor	Leica CloudWorx dla AutoCAD	Leica CloudWorx dla BricsCAD	Leica CloudWorx dla MicroStation
AKTUALNA WERSJA	2021	22.1	2020		4.3	2021.0	2021.0	2021.0
PRODUCENT	Faro	Blue Marble Geographics	Hexagon Geospatial		Gexcel	Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems
TYP APLIKACJI	samodzielna	GM – samodzielna aplikacja, LiDAR – opcjonany moduł	samodzielna		samodzielna	nakładka na Autodesk AutoCAD	nakładka na BricsCAD	nakładka na MicroStation
MINIMALNE WYMAGANIA	Windows 64-bit, 16 GB RAM, karta graficzna 4 GB	Windows 8/10 (32-bit lub 64-bit), licencje sieciowe: Windows Server 2012/2016/2019, 4 GB RAM, 500 MB wolnego miejsca na dysku, obsługa sterownika wideo OpenGL v3.3	procesor 32-bit: Intel Pentium 4 HT, Core Duo, Xeon; 64-bit: Intel 64 (EM64T), AMD 64 (lub podobne), 4 GB RAM		Windows 64-bit, procesor 8-rdzeniowy, 16 GB RAM, karta graficzna NVIDIA 2 GB	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL
PRZEZNACZENIE	służby bezpieczeństwa publicznego, kryminalistyka, ubezpieczenia	analiza i przetwarzanie danych GIS i lidar, przetwarzanie chmur punktów na potrzeby gospodarki przestrzennej, geodezji, transportu, geologii, hydrogeologii, logistyki, wojskowości, kartografii, przemysłu naftowego	przetwarzanie, analizy, kontrola jakości danych GIS		import, automatyczne łączenie i georeferencja skanów, filtracja; generowanie produktów: 3D mesh, rzuty, widoki; procesy pomiarowe i analityczne: pomiary wsp., wymiarów, powierzchni, objętości, generowanie przekrojów, analizy odstępstw, generowanie powierzchni, ortofotomap z chmur punktów itp.; generowanie raportów, wideo, raportów zmian obiektów itp.	zarządzanie chmurami punktów i modelowanie 3D	zarządzanie chmurami punktów i modelowanie 3D	zarządzanie chmurami punktów i modelowanie 3D
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	FAR. CZD, PZD, BLZ, DXF, DWG, TIFF, FLS, XYZ, JPG, SPL, E57	LAS, LAZ, GZ, TAR, TGZ, ZIP, BPF, E57, zLAS, PTS, MrSID MG4, ZFS	LAS (1.0-1.4), LAZ, mrSID		FLS, ZFS, RXP, 3DD, X3S, X3M, CLR, CL3, DP, IXF, NCTRI, TXT, LAS, LAZ, E57, PTX, PTS, ASC, PLY, CSV oraz projekty RISCAN PRO, Z+F, Faro Scene	IMP, HeXML, RCP, Jetstream, LGS	IMP, HeXML, RCP, Jetstream, LGS	IMP, Jetstream, LGS
formaty eksportu danych 3D	kompatybilne z AutoCAD, Microstation, VR	3DS Max, Autodesk FBX, Blender BLEND, COLLADA 3D (DAE), OBJ, PLY, STL, SKP, PDF 3D	LAS, LAZ, mrSID, IMG, ASC, TIFF, HDF, HDR		TXT, LAS, LAZ, E57, PTX, PTS, ASC, PLY, PTC, IXF, DXF, STL, WRL, 3DS, PLY, OBJ, DAE, RECPRJ, RUP, RGP	COE i takie jak w AutoCAD	COE i takie jak w BricsCAD	COE i takie jak w MicroStation
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	nie dotyczy	punkt, linia, krzywa, wielokąt, walec, prostopadłościan, płaszczyzna	brak danych		linie, płaszczyzny, walec, kula, prostopadłościan	linia, łuk, rura, płaszczyzna, przebieg rurociągu (walce i kolanka), kształtki stalowe	linia, łuk, rura, płaszczyzna, przebieg rurociągu (walce i kolanka), kształtki stalowe	linia, łuk, rura, płaszczyzna
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	nie	tak	moduł Classify		nie	nie	nie	nie
rozzrzedzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	tak	tak	nie		tak	tak	tak	tak
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	tak	tak	moduł Terrain Prep. Tool		tak	nie	nie	nie
generownie ortoobrazów	tak	tak	moduł Photogrammetry/Ortorectification		tak	tak	tak	nie
generowanie przekrojów	tak	tak	moduł Polyline lub Rectangle Profile		tak	nie	nie	nie
tworzenie panoram ze zdjęć	nie	nie	brak danych		opcja	nie	nie	nie
obliczanie objętości	nie	tak	moduł Volumetric Analysis		tak	nie	nie	nie
badanie kolizji (clash detection)	tak	nie	brak danych		tak	tak	tak	tak
tekstutowanie chmury zdjęciami	tak	tak	moduł RGB Encode		opcja	tak	tak	tak
generowanie filmów	tak	tak	moduł VirtualGIS		tak	nie	nie	nie
nadawanie georeferencji	nie	tak	moduł Transform & Ortho		tak	nie	nie	nie
łączenie skanów „chmura do chmury”	nie	nie	moduł Merge		tak	nie	nie	nie
automatyczne odnajdowanie celów	nie	nie	brak danych		tak	nie	nie	nie
obsługa polskich ukl. współrzędnych	nie	tak, w tym przez pliki PRJ	tak		nie	nie	nie	nie
transformacje chmur punktów	tak	tak	moduł Reproject		tak	tak	tak	nie
inne istotne narzędzia	symulacja wypadków, analizy poślizgów, analizy balistyczne, analizy śladów krwawych	generowanie zarysu 3D obiektów, ekstrakcja modeli 3D budynków, wyodrębnianie drzew i linii wysokiego napięcia, automat. generowanie powierzchni terenu na podstawie chmury, generowanie izolinii i mapy zlewni, symulacja wzrostu poziomu wody, kalkulator rastrowy, tworzenie map gęstości pkt, analizy widoczności, tworzenie diagramu Woronoja, tryb przelotu 3D, możliwość prezentacji i interaktywnej wizualizacji map w serwisie on-line MangoMap.com	Imagine Photogrametry – narzędzie fotogrametryczne, Spatial Model Editor – modelowanie procesów, Imagine Auto DTM – automatyczne generowanie chmury punktów z projektów fotogrametrycznych		moduł LINEUP PRO: automatyczna rejestracja skanów w trybie chmura do chmury, dostęp do pełnej gamy narzędzi oferowanych w poszczególnych wersjach dla grup branżowych, połączenie z ReCap Pro (import/eksport) i z Gexcel ReCap Plug-in	obsługa dużych chmur punktów, narzędzia selekcji chmur, limit box, płaszczyzna tnąca, synchronizacja z TrueSpace	obsługa dużych chmur punktów, narzędzia selekcji chmur, limit box, płaszczyzna tnąca, synchronizacja z TrueSpace	obsługa dużych chmur punktów, narzędzia selekcji chmur, limit box, płaszczyzna tnąca, synchronizacja z TrueSpace
CENA [netto]	brak danych	Global Mapper – ok. 2200 zł, moduł LiDAR – ok. 2200 zł	brak danych		brak danych	13 000 zł	13 000 zł	13 000 zł
DYSTRYBUTOR	TPI	Gambit COiS	Intergraph Polska, Geosystems Polska		Czerski Trade Polska, GPS Global Solutions, TPI	Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems

OPROGRAMOWANIE

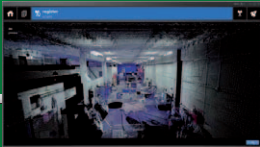


APLIKACJA	Leica CloudWorx dla Navisworks	Leica CloudWorx dla PDMS	Leica CloudWorx dla Revit		Leica CloudWorx dla SolidWorks	Leica Cyclone	Leica Cyclone Register360	LiMON Editor
AKTUALNA WERSJA	2021.0	2021.0	2021.0		2021.0	2021.1	2021.1	4.0
PRODUCENT	Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems		Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems	DEPHOS Group
TYP APLIKACJI	nakładka na Autodesk Navisworks	nakładka na AVEVA PDMS	nakładka na Autodesk Revit		nakładka na Solidworks	samodzielna	samodzielna	samodzielna
MINIMALNE WYMAGANIA	brak danych	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL		procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL, HDD 40 GB	procesor 2 GHz, 4 GB RAM, OpenGL, HDD 40 GB	procesor Intel i5, 8 GB RAM, karta graficzna GeForce GT630 1 GB lub zbliżona
PRZEZNACZENIE	zarządzanie chmurami punktów i badanie kolizji z projektem	zarządzanie chmurami punktów i modelowanie 3D	zarządzanie chmurami punktów i modelowanie 3D		zarządzanie chmurami punktów i modelowanie 3D	przetwarzanie danych z naziemnego/mobilnego skaningu i modelowanie 3D, w tym import, edycja, kontrola, animacje	przetwarzanie danych z naziemnego skaningu w tym import, edycja, kontrola	manualna klasyfikacja chmur pkt, tworzenie w locie modeli powierzchni terenu w postaci siatki TIN, wizualizacje chmur punktów z modelami 3D m.in. CityGML, sporządzanie dokumentacji wraz z wymiarowaniem, praca na b. dużych zbiorach danych lidar, współpraca z LiMON Server, jakościowa i ilościowa kontrola danych lidar
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	IMP, HeXML, Jetstream, LGS	IMP, 3DD, ZFS, ZFC, PTS, PTX, SVY, TXT, XYZ, Jetstream	IMP, HeXML, RCP, Jetstream, LGS		IMP, HeXML, RCP, Jetstream, LGS	IMP, Leica MS50/60, BLK360, Leica Pegasus, DPI-8, DBX, TXT, PTS, PTX, PTZ, PTG, PTB, COE, ZFS, ZFC, IXF, LAS (1.4), FLS, FLW, FPR, RSP, RXP, 3DD, E57, LandXML, HeXML	BLK360, RTC360, P30/40/50, C5/10, E57, PTG, PTX, TXT, FLS, FPR, FWS, FARO RAW, ZFC, ZFS, ZFPRJ	LAS, LAZ, ASC, ASCII, TXT, PTS, LSV
formaty eksportu danych 3D	takie jak w Navisworks	COE i takie jak w AVEVA PDMS	COE i takie jak w Revit		COE i takie jak w SolidWorks	XYZ, PTS, PTX, PTG, PCF, PTZ, PTB, DXF, COE, E57, LandXML, SDNF, MSH, JSV, LGS, RCP, formaty własne	E57, PTX, PTS, PTG, LGS, JSV, RCP, formaty własne	chmura pkt: LAS 1.4, LAZ, ASC, ASCII, TXT, XYZ, PTS; wektor: SHP, KML, TXT, XYZ
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	brak danych	punkt środka rury	połączenia rur, płaszczyzna, kształtki stalowe		linia, łuk, rura, płaszczyzna, przebieg rurociagu (walce i kolanka), kształtki stalowe	linia, polilinia, okrąg, wielokąt, spline, płaszczyzna, płaszczyzna pogrubiona, walec, kula, stożek, prostopadłościan, narożnik, kształtki stalowe: kolanka, złączka, zwężka, kryza, trójknik, zawór, kątownik, ceownik, teownik, dwuteownik, profil zamknięty	nie dotyczy	punkty, polilinie, poligony
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	nie	nie	nie		nie	tak	nie	nie
rozzędzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak (automatycznie)
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	nie	nie	nie		nie	tak	nie	tak
generownie ortoobrazów	nie	nie	nie		tak	tak	tak	nie
generowanie przekrojów	nie	nie	nie		nie	tak	tak	tak
tworzenie panoram ze zdjęć	nie	nie	nie		nie	tak	tak	nie
obliczanie objętości	nie	nie	nie		nie	tak	nie	tak
badanie kolizji (clash detection)	tak	tak	nie		tak	tak	nie	nie
teksturowanie chmury zdjęciami	tak	tak	tak		tak	tak	tak	nie
generowanie filmów	nie	nie	nie		nie	tak	nie	nie
nadawanie georeferencji	nie	nie	nie		nie	tak	tak	nie
łączenie skanów „chmura do chmury”	nie	nie	nie		nie	tak	tak	nie
automatyczne odnajdowanie celów	nie	nie	nie		nie	tak	tak	nie
obsługa polskich ukl. współrzędnych	nie	nie	nie		nie	tak	tak	tak
transformacje chmur punktów	nie	nie	nie		tak	tak	tak	tak
inne istotne narzędzia	cięcia, 3D limit box, narzędzia badania kolizji chmury z modelem	obsługa dużych chmur punktów, narzędzia selekcji chmur, limit box, płaszczyzna tnąca	obsługa dużych chmur punktów, narzędzia selekcji chmur, limit box, płaszczyzna tnąca		obsługa dużych chmur punktów, narzędzia selekcji chmur, limit box, płaszczyzna tnąca, synchronizacja z TrueSpace	automatyczne wpasowanie skanów na tarcze lub dopasowanie bez tarcz, automatyczna orientacja stanowisk, obsługa do 2 miliardów punktów, automatyczne wpasowanie rur i kształtek stalowych w chmurze, manager przekrojów	automatyczne wpasowanie skanów na tarcze lub dopasowanie bez tarcz, chmura do chmury, smart align, software’owe wspomaganie łączenia chmur punktów, do 2000 stanowisk, czyszczenie skanów	klasyfikacja względem aktywnej wysokości oraz w określonym przedziale intensywności, wyświetlanie modeli 3D (GML, OBJ, 3DS, DAE, FBX, IFC), obsługa WMS, integracja z ULDK, współpraca z LiMON Server, skróty klawiszowe, tworzenie mapy gęstości chmur punktów, wyświetlanie danych w trybie stereo
CENA [netto]	13 000 zł	17 500 zł	13 000 zł		13 000 zł	od 6950 zł	15 500 zł	licencja trwała: 5990 zł, subskrypcja roczna: 1990 zł, subskrypcja miesięczna: 199 zł
DYSTRYBUTOR	Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems		Leica Geosystems	Leica Geosystems	Leica Geosystems	DEPHOS Group

OPROGRAMOWANIE


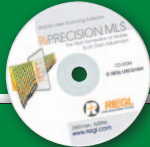



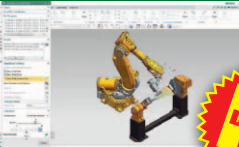
APLIKACJA	LiMON Editor PRO	LiMON Viewer	LiMON Viewer PRO		LiS	LP360	LP360 sUAS	LP360 Viewer
AKTUALNA WERSJA	4.0	4.0	4.0		3.0.7	2020.2	2020.1	2020.1
PRODUCENT	DEPHOS Group	DEPHOS Group	DEPHOS Group		LASERDATA	GeoCue Group	GeoCue Group	GeoCue Group
TYP APLIKACJI	samodzielna	samodzielna	samodzielna		nakładka na SAGA	samodzielna lub nakładka na ArcGIS	samodzielna	samodzielna
MINIMALNE WYMAGANIA	procesor Intel i5, 8 GB RAM, karta graficzna NVIDIA umożliwiająca obliczenia CUDA	procesor Intel i3, 4 GB RAM (optimum: 8 GB RAM), karta graficzna GeForce GT630 1 GB lub zbliżona	procesor Intel i3, 4 GB RAM (optimum: 8 GB RAM), karta graficzna GeForce GT630 1 GB lub zbliżona		Windows 7 lub wyższy (64-bit), procesor Pentium 3,1 GHz lub podobny, 8 GB RAM	Windows 7 lub wyższy (64-bit), procesor Pentium 2,2 GHz, 2 GB RAM, karta OpenGL 2.0 64 MB RAM, ArcGIS 9.3 (dla nakładki)	Windows 7 lub wyższy, procesor Pentium 2,2 GHz, 2 GB RAM, karta wspierająca Open GL 2.0 z 64 MB RAM	Windows 7 lub wyższy, procesor Pentium 2,2 GHz, 2 GB RAM, karta wspierająca Open GL 2.0 z 64 MB RAM
PRZEZNACZENIE	automatyczna i manualna klasyfikacja chmur punktów, tworzenie w locie modeli powierzchni terenu w postaci siatki TIN, wizualizacje chmur punktów z modelami 3D m.in. CityGML, sporządzanie dokumentacji wraz z wymiarowaniem, praca na dużych zbiorach danych lidar, współpraca z LiMON Server, jakościowa i ilościowa kontrola danych lidar	praca na bardzo dużych zbiorach danych lidar, tworzenie w locie modeli powierzchni terenu w postaci siatki TIN	wizualizacje chmur punktów z modelami 3D m.in. CityGML, sporządzanie dokumentacji wraz z wymiarowaniem, praca na bardzo dużych zbiorach danych lidar, współpraca z LiMON Server, jakościowa i ilościowa kontrola danych lidar, tworzenie w locie modeli powierzchni terenu		uniwersalne oprogramowanie do edycji i przetwarzania danych z lotniczego, mobilnego oraz naziemnego skaningu laserowego w celach analiz przestrzennych (w tym analiz drzewostanów), tworzenia modeli 3D budynków, ortofotomapy	przetwarzanie danych z lotniczego, mobilnego oraz naziemnego skaningu, analizy przestrzenne, przetwarzanie danych lidar w ArcGIS, postprocessing i kontrola jakości, dla zajmujących się planowaniem przestrzennym, architekturą, zagrożeniem powodziowym, zarządzaniem środowiskiem, odnawialnymi źródłami energii, archeologią	oprogramowanie specjalnie zaprojektowane do przetwarzania danych pochodzących z bezzałgowych statków macie oraz tworzy produkty pochodne z danych pozyskanych przez UAV; przetwarza chmury punktów z systemów lidar, a także uzyskanych na drodze stereo matchingu (SfM)	wizualizacja danych lotniczego, naziemnego i mobilnego skanowania oraz dokonywanie podstawowych pomiarów na chmurze punktów wraz z wczytywaniem plików rastrowych i SHP
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	LAS, LAZ, ASC, ASCII, TXT, PTS, LSV	LAS, LAZ, ASC, ASCII, TXT, PTS, LSV	LAS, LAZ, ASC, ASCII, TXT, PTS, LSV		LAS 1.0-1.4, LAZ, SPC, ASCII, SHP	ASCII, MG4, LAS 1.4, LAZ, TIF, JPG, PNG, GIF, BMP, SID, JP2, ECW, IMG	ASCII, MG4, LAS 1.4, LAZTIF, JPG, PNG, GIF, BMP, SID, JP2, ECW, IMG	ASCII, MG4, LAS 1.4, LAZ
formaty eksportu danych 3D	chmura pkt: LAS 1.4, LAZ, ASC, ASCII, TXT, XYZ, PTS; wektor: SHP, KML, TXT, XYZ	chmura pkt: LAS 1.4, LAZ, ASC, ASCII, TXT, XYZ, PTS; wektor: SHP, KML, TXT, XYZ	chmura pkt: LAS 1.4, LAZ, ASC, ASCII, TXT, XYZ, PTS; wektor: SHP, KML, TXT, XYZ		ASCII, Esri Arc/Info Grid, KML, STL, GeoTIFF, Surfer, PostGIS, LAS, LAZ, SHP	chmura pkt: LAS 1.0 - 1.4, ASCII, SHP, DGN, DXF; formaty wektorowe: SHP, DGN, DXF; rastrowe: ASC, FLT, TXT, Esri Bin. Grid, GeoTIFF, IMG	chmura pkt: LAS 1.0 - 1.4, ASCII, SHP, DGN, DXF; formaty wektorowe: SHP, DGN, DXF; rastrowe: ASC, FLT, TXT, Esri Bin. Grid, GeoTIFF, IMG	brak
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	punkty, polilinie, poligony	nie dotyczy	punkty, polilinie, poligony		linia, płaszczyzna, prostopadłościan	punkty, polilinie, poligony	punkty, polilinie, poligony	nie dotyczy
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	tak	nie	nie		tak	tak	tak	nie
rozzrzedzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	tak (automatycznie)	tak (automatycznie)	tak (automatycznie)		tak	tak	tak	tak
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	tak	tak	tak		tak	tak	tak	nie
generownie ortoobrazów	nie	nie	nie		tak	nie	nie	nie
generowanie przekrojów	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
tworzenie panoram ze zdjęć	nie	nie	nie		tak	nie	nie	nie
obliczanie objętości	tak	nie	tak		tak	tak	tak	nie
badanie kolizji (clash detection)	nie	nie	nie		nie	tak	tak	nie
tekstutowanie chmury zdjęciami	nie	nie	nie		tak	tak	tak	nie
generowanie filmów	nie	nie	nie		nie	nie	nie	nie
nadawanie georeferencji	nie	nie	nie		tak	nie	nie	nie
łączenie skanów „chmura do chmury”	nie	nie	nie		tak	nie	nie	tak
automatyczne odnajdowanie celów	nie	nie	nie		nie	nie	nie	nie
obsługa polskich ukt. współrzędnych	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
transformacje chmur punktów	tak	nie	tak		tak	tak	tak	nie
inne istotne narzędzia	klasyfikacja względem aktywnej wysokości oraz w określonym przedziale intensywności, wyświetlanie modeli 3D (GML, OBJ, 3DS, DAE, FBX, IFC), obsługa WMS, integracja z ULDK, współpraca z LiMON Server, skróty klawiszowe, tworzenie mapy gęstości chmur punktów, wyświetlanie danych w trybie stereo	wyświetlanie danych w trybie stereo, integracja z ULDK	wyświetlanie modeli 3D (GML, OBJ, 3DS, DAE, FBX, IFC), obsługa WMS, integracja z ULDK, współpraca z LiMON Server, skróty klawiszowe, tworzenie mapy gęstości chmur punktów, wyświetlanie danych w trybie stereo		obsługa i przetwarzanie dużych ilości danych w bazie PostgreSQL i PostGIS, tworzenie modeli 3D budynków na poziomie LoD 2, analiza drzewostanów, przeglądanie i udostępnianie danych poprzez przeglądarkę internetową, analizy terenu i drzewostanu	generowanie map nachylenia, ekspozycji itp., analiza statystyczna, generowanie linii profilu i zapis do plików 3D, wektoryzacja linii nieciągłości, poprawa NMT uwzględniająca poziom wody oraz kierunek biegu rzeki, kontrola jakości chmury pkt, klasyfikacja i wykrywanie płaszczyzn, klasyf. skrajni kolejowej, normalizacja chmury pkt, pomiar objętości, automat. wektoryzacja podstawy hałdy, przetwarzanie wsadowe	wizualizacja chmury punktów, ocena jakości oraz dokładności sytuacyjnej i wysokościowej, zaawansowane narzędzia ręcznej i automatycznej klasyfikacji, tworzenie i edycja obiektów 3D oraz linii nieciągłości terenu, automatyczna wektoryzacja obiektów: budynki, roślinność, wody, hałdy i inne, możliwość zautomatyzowania procesów z wykorzystaniem makr oraz wiersza poleceń	wizualizacja chmury punktów i produktów pochodnych (przekroje, modele 3D) w oknie mapy, przetwarzanie wsadowe chmury punktów, pomiar obiektów za pomocą liniiki, podgląd i eksport nagłówka pliku LAS, filtracja widoku chmury, przeklasyfikowywanie chmury, nadawanie atrybutu numeru szeregów
CENA [netto]	licencja trwała: 7990 zł, subskrypcja roczna: 2790 zł, subskrypcja miesięczna: 279 zł	licencja trwała: 679 zł, subskrypcja roczna: 190 zł, subskrypcja miesięczna: 19 zł	licencja trwała: 1990 zł, subskrypcja roczna: 690 zł, subskrypcja miesięczna: 69 zł		licencja edukacyjna: od 1000 euro, komercyjna: od 3000 euro	eduk.: od 1498 dol., komercyjna: od 2995 dol., LabPack: 100 dol.	edukacyjna: od 1875 dol., komercyjna: od 3750 dol	bezpłatna
DYSTRYBUTOR	DEPHOS Group	DEPHOS Group	DEPHOS Group		ProGea 4D	Geovigo, ProGea 4D	Geovigo, ProGea 4D	Geovigo, ProGea 4D

OPROGRAMOWANIE



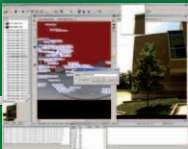
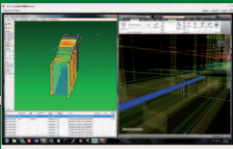
APLIKACJA	ReCap PRO	Revit + ReCap	RiACQUIRE		RiANALYZE	RiHYDRO	RiMINING	RiMTA
AKTUALNA WERSJA	2023	2023	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	2.10 (64-bit/32-bit)	nie dotyczy
PRODUCENT	Autodesk	Autodesk	Riegl Laser Measurement Systems		Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems
TYP APLIKACJI	samodzielna	samodzielna	samodzielna		samodzielna	samodzielna	samodzielna	samodzielna
MINIMALNE WYMAGANIA	Windows 7/8/10 64-bit, 16 GB RAM, procesor Intel Pentium lub Xeon lub AMD Athlon 64	Windows 7/8/10 64-bit, 16 GB RAM, procesor Intel Pentium lub Xeon lub AMD Athlon 64	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
PRZEZNACZENIE	przetwarzanie chmur punktów oraz modelowanie 3D w chmurze	architektura, konstrukcje	kontrola i weryfikacja poprawności danych pozyskanych w trakcie misji pomiarowych z wykorzystaniem mobilnych i lotniczych systemów skanujących; weryfikacja poprawności pracy wszystkich elementów składowych systemów pomiarowych		analiza i przetwarzanie pełnej fali sygnału wysłanej przez lotnicze systemy skanujące Riegl LMS-Q560, LMS-Q680(I), LMS-Q780, LMS-Q1560, VQ-780i, VQ-780 II,VQ-780 II-S, VQ-1560i, VQ-1560 II, VQ-1560 II-S	zarządzanie, przetwarzanie, analiza i wizualizacja danych uzyskanych za pomocą batymetrycznych skanerów laserowych, klasyfikacja punktów powierzchni wody, generowanie modelu powierzchni wody, korekcia położenia punktów zlokalizowanych poniżej tafli wody	program stworzony w celu optymalizacji i uproszczenia przetwarzania danych skanowania laserowego w górnictwie odkrywkowym	weryfikacja oraz kontrola chmur punktów pozyskanych systemami Riegl ze względu na podział stref MTA (Multiple Time Around)
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	RCP, RCS, FLS, FWS, LSPROJ, PTG, PTS, PTX, LAS, ZFS, ZFPRJ, ASC, CL3, CLR, E57, RDS, TXT, XYZ, PCG, XYB, GeoTIFF, DEM, FLT	RCP, RCS, FLS, FWS, LSPROJ, PTG, PTS, PTX, LAS, ZFS, ZFPRJ, ASC, CL3, CLR, E57, RDS, TXT, XYZ, PCG, XYB	nie dotyczy		wewnętrzne formaty Riegl	wewnętrzne formaty Riegl	3PF, CSV, DP, LAS (1.1-1.4), LAZ 1.2, E57, POD, DXF, DM, OBJ, PTS, PTX, RDBX, RQX, RXP, SDW	nie dotyczy
formaty eksportu danych 3D	brak danych	DWG, DXF, 3DS, RVT, ADSK	nie dotyczy		wewnętrzne formaty Riegl	nie dotyczy	CSV, LAS (1.1-1.4), LAZ 1.2, E57, POD, DXF, DM, OBJ, PTS, RQX, TIF, JPG, BMP	nie dotyczy
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	brak danych	brak danych	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	linia, płaszczyzna, linie nieciągłości, krawędzie	nie dotyczy
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	tak	nie	nie		nie	tak	tak	nie
rozrzadzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	tak	tak	nie		nie	nie	tak	nie
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	nie	nie	nie		nie	tak	tak	nie
generownie ortoobrazów	tak	nie	nie		nie	nie	tak	nie
generowanie przekrojów	tak	tak	nie		nie	nie	tak	nie
tworzenie panoram ze zdjęć	tak	nie	nie		nie	nie	nie	nie
obliczanie objętości	nie	nie	nie		nie	nie	tak	nie
badanie kolizji (clash detection)	nie	nie	nie		nie	nie	nie	nie
tekstutowanie chmury zdjęciami	tak	nie	nie		nie	nie	nie	nie
generowanie filmów	nie	tak	nie		nie	nie	tak	nie
nadawanie georeferencji	tak	tak	nie		nie	nie	tak	nie
łączenie skanów „chmura do chmury”	tak	nie	nie		nie	nie	tak	nie
automatyczne odnajdowanie celów	tak	tak	nie		nie	nie	tak	nie
obsługa polskich ukt. współrzędnych	nie	tak	tak		nie	tak	tak	tak
transformacje chmur punktów	nie	tak	nie		nie	nie	tak	nie
inne istotne narzędzia	-	-	oprogramowanie zaimplementowane we wszystkich skanerach laserowych MLS/UAV/ALS firmy Riegl, wersja biurowa oprogramowania do planowania misji pomiarowych		integracja z oprogramowaniem RiPROCESS	integracja z oprogramowaniem RiPROCESS	w pełni kompatybilne z RiSCAN PRO	integracja z oprogramowaniem RiSCAN PRO oraz RiANALYZE
CENA [netto]	335 euro/tok	2515 euro/tok	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	ProCAD	ProCAD	Laser-3D.pl		Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl

OPROGRAMOWANIE

								
APLIKACJA	RiPANO	RiPRECISION MLS	RiPRECISION UAV		RiPROCESS	RiSCAN PRO	RiSOLVE	Siemens NX
AKTUALNA WERSJA	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		1.9	2.12 (64-bit/32-bit)	2.10 (64-bit/32-bit)	NX 1969
PRODUCENT	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems		Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Riegl Laser Measurement Systems	Siemens Digital Industries Software
TYP APLIKACJI	samodzielna	samodzielna	samodzielna		samodzielna	samodzielna	samodzielna	CAD
MINIMALNE WYMAGANIA	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	Windows 10 Pro lub Enterprise 64-bit, 16 GB RAM (zalecane 32 GB), True Color (32-bit) lub 16 mln kolorów (24-bit), rozdzielczość 1280 x 1024, min. 18 GB wolnego miejsca na dysku
PRZEZNACZENIE	oprogramowanie do szybkiej i łatwej wizualizacji projektów naziemnego skaningu laserowego; dane prezentowane są jako zdjęcia panoramiczne 360°, umożliwiając tym samym intuicyjną nawigację nawet w skomplikowanych środowiskach; oprogramowanie działa bez wtyczki w przeglądarce na dowolnym urządzeniu z systemem Windows, Android lub iOS	korekcja i wyrównanie trajektorii misji pomiarowych wykonywanych za pomocą mobilnych systemów skanujących (MLS)	korekcja i wyrównanie trajektorii misji pomiarowych wykonywanych za pomocą bezałogowych statków powietrznych (UAV)		zarządzanie, przetwarzanie, analiza, transformacja, klasyfikacja chmur punktów oraz wizualizacja danych uzyskanych za pomocą lotniczych, mobilnych, bezałogowych systemów skanowania laserowego	przetwarzanie, analiza, rejestracja, filtracja, transformacja, opracowanie danych z naziemnych systemów skanujących, integracja danych pozyskanych za pomocą metod TLS/MLS/ULS/ALS oraz pozostałych systemów skanujących	program dla służb mundurowych w celu zredukowania czynności oraz prac związanych z opracowaniem przestrzennych danych pomiarowych miejsca zdarzenia; w kilku prostych krokach podczas prac terenowych powstaje w pełni kompletna dokumentacja 3D oraz szkic miejsca zdarzenia, które mogą zostać przekazane jako załącznik do dokumentacji	projektowanie CAD, inżynieria odwrotna
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	nie dotyczy	wewnętrzne formaty Riegl	wewnętrzne formaty Riegl		3PF, CSV, DP, LAS (1.1-1.4), LAZ 1.2, E57, POD, DXF, DM, OBJ, PTS, PTX, RDBX, RQX, RXP, SDW	3PF, CSV, DP, LAS (1.1-1.4), LAZ 1.2, E57, POD, DXF, DM, OBJ, PTS, PTX, RDBX, RQX, RXP, SDW	3PF, CSV, DP, LAS (1.1-1.4), LAZ 1.2, E57, POD, DXF, DM, OBJ, PTS, PTX, RDBX, RQX, RXP, SDW	STL, STEP, IGS, chmury punktów, formaty natywne NX
formaty eksportu danych 3D	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		ASCII, LAS (1.1-1.4), LAZ (1.2), PTS, PLS, RDB, SDP, SDW, BIN (TerraScan), VTP	CSV, LAS (1.1-1.4), LAZ 1.2, E57, POD, DXF, DM, OBJ, PTS, RQX, TIF, JPG, BMP	CSV, LAS (1.1-1.4), LAZ 1.2, E57, POD, DXF, DM, OBJ, PTS, RQX, TIF, JPG, BMP	STL, STEP, IGS, chmury punktów, formaty natywne NX
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		nie dotyczy	linia, płaszczyzna, kula, walec, linie nieciągłości, krawędzie	linia, płaszczyzna, kula, walec, linie nieciągłości, krawędzie	nie dotyczy
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	nie	nie	nie		tak	tak	tak	nie
rozrzadzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	nie	nie	nie		tak	tak	tak	tak
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	nie	nie	nie		tak	tak	tak	tak
generownie ortoobrazów	tak	nie	nie		tak	tak	tak	nie
generowanie przekrojów	tak	nie	nie		tak	tak	tak	tak
tworzenie panoram ze zdjęć	tak	nie	nie		nie	tak	tak	nie
obliczanie objętości	nie	nie	nie		nie	tak	tak	tak
badanie kolizji (clash detection)	nie	nie	nie		nie	nie	nie	tak
teksturowanie chmury zdjęciami	tak	nie	nie		tak	tak	tak	tak
generowanie filmów	nie	nie	nie		tak	tak	tak	tak
nadawanie georeferencji	nie	tak	tak		tak	tak	tak	nie
łączenie skanów „chmura do chmury”	nie	tak	tak		tak	tak	tak	tak
automatyczne odnajdowanie celów	nie	tak	tak		tak	tak	tak	tak
obsługa polskich ukt. współrzędnych	tak	tak	tak		tak	tak	tak	nie
transformacje chmur punktów	nie	nie	nie		tak	tak	tak	tak
inne istotne narzędzia	dodawanie linków, umieszczanie markerów, tworzenie rzutów i przekrojów w DXF i PDF	integracja z oprogramowaniem RiPROCESS	integracja z oprogramowaniem RiPROCESS		bezbproblemowe transformacje pomiędzy układami współrzędnych dzięki GeoSysManager 2	tworzenie modeli 3D w postaci siatki mesh, generowanie modeli różnicowych, tworzenie animacji 3D i 4D, bezproblemowe transformacje pomiędzy układami współrzędnych dzięki GeoSysManager 2, link do AutoCAD; zaimplementowana wtyczka LIS GeoTec wykonuje analizy geotechniczne zeskanowanych powierzchni skalnych	generowanie interaktywnych szkiców w postaci plików PDF, możliwość wprowadzania pomiarów oraz notatek z prac pomiarowych miejsca zdarzenia, w pełni kompatybilne z RiSCAN PRO	modelowanie konwergentne (łączenie modelu CAD z siatką trójkątów lub chmurą punktów)
CENA [netto]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl		Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	EC TEST Systems

OPROGRAMOWANIE								
APLIKACJA	Surfer	TerraScan, TerraModeler, TerraPhoto, TerraMatch oraz wersje UAV	Topcon Magnet Collage		Trimble Business Center – moduł Skanowanie	Trimble RealWorks	Trimble RealWorks Viewer	Undet
AKTUALNA WERSJA	21	021.014	2.7		5.40.1	11.03.3	11.03.3	brak danych
PRODUCENT	Golden Software	Terrasolid	Topcon		Trimble	Trimble	Trimble	InfoEra
TYP APLIKACJI	samodzielna	samodzielna na Spatix lub nakładka na MicroStation V8i/PowerDraft CONNECT Edition	samodzielna		moduł do Trimble Business Center	samodzielna	samodzielna	nakładka na AutoCAD, Revit i SketchUp
MINIMALNE WYMAGANIA	Windows 7/8/10 (32-bit lub 64-bit), 512 MB RAM, 500 MB wolnego miejsca na dysku, monitor o rozdzielczości 1024 x 768 px z głębią 16 kolorów, obsługa sterownika OpenGL v3.3	Windows 7 lub wyższy (64-bit), procesor Pentium, 8 GB RAM, MicroStation lub PowerDraft CONNECT Edition	Windows 64-bit, procesor 8-rdzeniowy, 16 GB RAM, karta graficzna NVIDIA 2 GB		procesor 1,8 GHz (dwurdzeniowy), 2 GB RAM, karta graficzna kompatybilna z OpenGL 3.2	procesor 2,8 GHz (dwurdzeniowy), 8 GB RAM, karta graficzna kompatybilna z OpenGL 3.2	procesor 2,8 GHz (dwurdzeniowy), 8 GB RAM, karta graficzna kompatybilna z OpenGL 3.2	Windows 64-bit, 8 GB RAM, karta graficzna NVidia lub AMD
PRZEZNACZENIE	analiza i wizualizacja danych XYZ, w tym punktów lidar, tworzenie map, modelowanie powierzchni terenu, tworzenie regularnej siatki wartości (gridding) przy użyciu szerokiego zestawu algorytmów interpolacji	kompleksowa edycja i przetwarzanie chmury punktów pochodzącej ze skanowania naziemnego, lotniczego i mobilnego; znajduje zastosowanie w leśnictwie, budownictwie, przemyśle, zarządzaniu kryzysowym, modelowaniu miast 3D, tworzeniu ortofotomapy, projektowaniu i inwentaryzacji dróg, modelowaniu linii energetycznych, analizach objętości, modelowaniu powierzchni terenu itp.	łączenie danych ze skaningu stacjonarnego, mobilnego i lotniczego		do zastosowań geodezyjnych, fotogrametrycznych, inżynieryjnych oraz architektonicznych z wykorzystaniem chmur punktów ze skaningu naziemnego i lotniczego	do zastosowań geodezyjnych, fotogrametrycznych, inżynieryjnych oraz architektonicznych z wykorzystaniem chmur punktów ze skaningu naziemnego i lotniczego	darmowa aplikacja do przeglądania chmur punktów; do zastosowań geodezyjnych, fotogrametrycznych, inżynieryjnych oraz architektonicznych z wykorzystaniem chmur punktów ze skaningu naziemnego i lotniczego	aplikacja usprawnia i optymalizuje pracę z chmurami punktów lidar w środowisku AutoCAD i Revit, pozwalając wczytywać do oprogramowania duże zbiory danych; jest rozszerzeniem pozwalającym wczytywać, a w rezultacie pracować z danymi lidar bezpośrednio w oprogramowaniu SketchUp.
WYMIANA DANYCH								
obsługiwane formaty chmur punktów	LAS, LAZ	EBN, Fast binary, Scan binary 8/16 bit, LAS 1.0-1.2, LAZ, Leica, Optech, użytkownika	CL3, CLR, PTS, PTX, E57, FLS, LAS		E57, LAS, LAZ, PTS, PTX, XYZ, YXZ	LAS, LAZ, DP, E57, PTS, PTX, RSP, ZFS, TXT, XYZ, DXF, DWG, FLS, TZF	FLS, TZF, LAS, LAZ, DP, E57, PTS, PTX, RSP, ZFS, TXT, XYZ, DXF, DWG	E57, FLS, ZFS, LAS, LAZ, PTS, DP, FPR, LSPROJ, FWS, CL3, CLR, RSP, ASCII/NEZ (X,Y,Z/i/RGB)
formaty eksportu danych 3D	brak danych	chmura punktów: LAS 1.2, LAZ, Scan binary 16/8-bit, Fast binary, EarthData EBN, EarthData EEBN, użytkownika; wektorowe: COLLADA, Moss triangulation, 4ce DOT, LandXML 1.0/1.2, Bentley Systems; rastrowe: SMS/WMS, WorldToolKit NF, Lattice, ArcInfo, Disimp, Bentley Systems	PTX, LAS, E57, TXT, DXF, DWG		E57, LAS, LAZ, POD, PTS, PTX, RCP, TDX	LAS (1.2), LAS (1.4), LAZ, PTS, TXT, XYZ, DXF, DWG, DGN, POD, KMZ, OBJ, FBX, XML, ASC, E57, BSF, PDMSMAC, TDX	brak	nie dotyczy
NARZĘDZIA								
typy wektoryzowanych obiektów	punkt, linia, splajn, okrąg, prostokąt, elipsa	punkt, linia, płaszczyzna, krzywa oraz wszelkiego rodzaju bryły	płaszczyzny, linie		punkt, linia, łuk, wieloboki, okręgi, automatyczne wyznaczanie środków drzew i słupów oraz naroży budynków	linia, płaszczyzna, walec, kula, prostopadłościan, stożek, torus	linia, płaszczyzna, walec, kula, prostopadłościan, stożek, torus	punkt, linia, płaszczyzna, krzywa oraz wszelkiego rodzaju bryły
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	nie	tak	nie		tak	tak	tak	tak
rozrzędzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	tak	tak	tak		tak	tak	nie	tak
generowanie ortoobrazów	nie	tak	tak		tak	tak	nie	nie
generowanie przekrojów	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
tworzenie panoram ze zdjęć	nie	nie	tak		tak	tak	nie	nie
obliczanie objętości	tak	tak	tak		tak	tak	nie	nie
badanie kolizji (clash detection)	nie	tak	nie		nie	nie	nie	nie
tekstutowanie chmury zdjęciami	nie	tak	tak		tak	tak	nie	nie
generowanie filmów	tak	tak	nie		nie	tak	nie	tak
nadawanie georeferencji	tak	tak	tak		tak	tak	nie	nie
łączenie skanów „chmura do chmury”	nie	tak	tak		tak	tak	nie	nie
automatyczne odnajdowanie celów	nie	tak	nie		tak	tak	nie	nie
obsługa polskich ukt. współrzędnych	tak, w tym przez pliki PRJ	tak	tak		tak	tak	tak	tak
transformacje chmur punktów	tak	tak	tak		tak	tak	nie	nie
inne istotne narzędzia	tworzenie map izoliniowych poprzez zaawansowane opcje interpolacji wczytanych do programu punktów, obrazowanie rozkładu danego parametru na obszarze wraz z zastosowaniem map podkładowych, obliczenia na parametrach liniowych, powierzchniowych i objętościowych	praca w środowisku Bentley Systems, automatyczne tworzenie wektorowych modeli budynków (LoD 2), wektoryzacja linii energetycznych, wyszukiwanie kolizji, wyrównanie chmury pkt ze skaningu lotniczego i mobilnego, tekstutowanie budynków i modeli terenu (miasta 3D) oraz tworzenie ortofotomapy na podstawie chmury pkt oraz zdjęć	-		narzędzie do inspekcji chmur punktów i modeli, automatyczna rejestracja chmur (z celami i bez)	narzędzie do inspekcji chmur punktów i modeli, automatyczna rejestracja chmur (z celami i bez), rozbudowane opcje tworzenia przekrojów i modelowania, moduł do inspekcji i kalibracji zbiorników (Tank)	Trimble ScanExplorer – możliwość wykonywania pomiarów i wstawiania komentarzy na widoku panoramicznym ze stanowiska skanera (RGB oraz intensywność)	wydajna praca w oprogramowaniu bazowym z uwagi optymalizację wyświetlania chmury punktów
CENA [netto]	ok. 4000 zł	komercyjna od 1700 euro	brak danych		2225 euro	brak danych	bezpłatna	od 500 euro
DYSTRYBUTOR	Gambit CoIS	ProGea 4D, ProGea SKY, TPI	TPI		Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Geovigo

OPROGRAMOWANIE



APLIKACJA	Verity + Rhythm	X-Pad Office Fusion	Z+F LaserControl		Z+F LaserControl Scout	Z+F SynCaT
AKTUALNA WERSJA	1.9	5.0	9.2 (64-bit/32-bit)		9.2 (64-bit/32-bit)	nie dotyczy
PRODUCENT	ClearEdge3D	GeoMax	Zoller+Fröhlich GmbH		Zoller+Fröhlich GmbH	Zoller+Fröhlich GmbH
TYP APLIKACJI	nakładka na Autodesk Navisworks	samodzielna	samodzielna		samodzielna	samodzielna
MINIMALNE WYMAGANIA	Windows 64-bit, 8 GB RAM, karta graficzna 1 GB	Intel Core i5, 8 GB RAM, GeForce GTX 660	brak danych		brak danych	brak danych
PRZEZNACZENIE	porównywanie skanów z modelami CAD/BIM pod kątem zgodności z projektem oraz generowanie raportów z informacją o odchyłce poszczególnych modeli oraz czy dany model występuje na skanach, badania płaskości oraz poziomowości	do opracowań danych z odbirników GNSS, tachimetrów, chmur punktów ze skanera laserowego, fotogrametrii naziemnej	przetwarzanie danych pozyskanych skanerami Zoller+Fröhlich; rejestracja oraz transformacja chmur punktów do dowolnego układu współrzędnych; filtracja chmur punktów poprzez wykorzystanie zestawu inteligentnych filtrów		przetwarzanie oraz rejestracja danych z wykorzystaniem technologii Blue Workflow; możliwość sprawdzenia jakości oraz poprawności rejestracji danych w terenie; praca i pozyskanie danych z kilku skanerów jednocześnie (Z+F IMAGER 5010X i 5016)	synchronizacja, kalibracja oraz transformacja danych pozyskanych podczas mobilnego skanowania laserowego
WYMIANA DANYCH						
obsługiwane formaty chmur punktów	RSP, RCS, FLS, PTS, PTX, LAS, LAZ, ZFS, CL3, CLR, E57, RSP, TXT, XYZ	GeoMax Zoom300 format, LAS, E57, PTS, PTX, generic ASCII	ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, XYZ.ASC, PDF, PTG, E57, MPC, DP		ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, XYZ.ASC, PDF, PTG, E57, MPC, DP	ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, XYZ.ASC, PDF, PTG, E57, MPC, DP
formaty eksportu danych 3D	modele 3D aplikacji Navisworks	DXF, DWG, OBJ, LXML, TIFF	ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, XYZ.ASC, PDF, PTG, E57, IV, VRML, WRL, JPG, PNG, BMP, JPW, GIF, TIFF, L, IDX, DXF, RCS, RCP, LAS, OSF, MPC		ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, XYZ.ASC, PDF, PTG, E57, IV, VRML, WRL, JPG, PNG, BMP, JPW, GIF, TIFF, L, IDX, DXF, RCS, RCP, LAS, OSF, MPC	ZFS, ZFPRJ, ZFI, ZFC, SAT, PTX, ASC, TXT, PT, PTS, XYZ.ASC, PDF, PTG, E57, IV, VRML, WRL, JPG, PNG, BMP, JPW, GIF, TIFF, L, IDX, DXF, RCS, RCP, LAS, OSF, MPC
NARZĘDZIA						
typy wektoryzowanych obiektów	nie dotyczy	brak danych	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy
automatyczna klasyfikacja chmur punktów (grunt, roślinność, budynki itd.)	tak	nie	nie		nie	nie
rozrzędzanie chmury punktów (co n-ty punkt)	nie	nie	tak		tak	tak
generowanie numerycznych modeli typu grid/TIN	nie	tak	nie		nie	nie
generownie ortoobrazów	nie	tak	tak		tak	nie
generowanie przekrojów	nie	tak	tak		tak	tak
tworzenie panoram ze zdjęć	nie	tak	tak		tak	tak
obliczanie objętości	nie	tak	nie		nie	nie
badanie kolizji (clash detection)	nie	nie	nie		nie	nie
teksturowanie chmury zdjęciami	nie	tak	tak		tak	tak
generowanie filmów	nie	nie	tak		tak	tak
nadawanie georeferencji	nie	tak	tak		tak	tak
łączenie skanów „chmura do chmury”	nie	tak	tak		tak	
automatyczne odnajdowanie celów	nie	tak	tak		tak	tak
obsługa polskich ukl. współrzędnych	nie	tak	tak		tak	tak
transformacje chmur punktów	nie	tak	tak		tak	tak
inne istotne narzędzia	dopasowywanie porównywanych modeli do rzeczywistej pozycji wynikającej ze skanu - tworzenie raportu dokładności wykonania budynku, instalacji	-	Project To Go – zapis oraz uruchamianie projektu z dowolnego nośnika danych, link do AutoCAD, generowanie plików 3D-PDF, możliwość integracji z ręcznymi skanerami laserowymi (np. DotProduct, Mantis), System Check – sprawdzanie aktualnej kalibracji skanera laserowego marki Z+F		Project To Go – zapis oraz uruchamianie projektu z dowolnego nośnika danych, link do AutoCAD, generowanie plików 3D-PDF, możliwość integracji z ręcznymi skanerami laserowymi (np. DotProduct, Mantis), System Check – sprawdzanie aktualnej kalibracji skanera laserowego marki Z+F	-
CENA [netto]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	TPI	Geoline	Laser-3D.pl		Laser-3D.pl	Laser-3D.pl

WYBIERZ WERSJĘ PAPIEROWĄ LUB CYFROWĄ WYKUP PRENUMERATĘ GEODETY NA ROK 2021 I CZYTAJ NAS CO MIESIĄC!

