

10 lat technologii skanowania laserowego w firmie MGGP Aero

# Z głową w chmurach...

Koncepcja „cyfrowych bliźniaków” uznawana jest za rewolucyjny trend, który w najbliższych latach będzie miał coraz większy wpływ na rozwój cywilizacji. No dobrze, ale co wspólnego ma z tym technologia skanowania laserowego?

**Witold Kuźnicki,  
Agnieszka Ptak**

**T**echnologia LiDAR (Light Detection and Ranging) wpisuje się w szybko rozwijającą się globalną koncepcję *digital twins*. W takim ujęciu cyfrowym bliźniakiem otaczającej nas przestrzeni jest chmura punktów. Na tym polu w ciągu ostatnich 10 lat poszerzaliśmy w firmie MGGP Aero swoje kompetencje i nadal to robimy. Jako uczestnik rynku, widzimy bowiem, jak niezbędne i wartościowe są te dane. Również spotkania z bezpośrednimi odbiorcami cyfrowej informacji wzbogacają nasze doświadczenia, a dobrą okazją do rozmów i podsumo-

wań było niedawne I Krajowe Forum Użytkowników LiDAR – POLSCAN, w którym uczestniczyło blisko 250 specjalistów i pasjonatów skanowania laserowego [więcej na s. 40 oraz w GEODECIE 11/2019 – red.]

## • Początki

Pierwszy skaner trafił na pokład naszego samolotu w 2009 roku Riegl LMS Q680. Nowy pasażer LiDAR od razu przypadł nam do gustu. Imponował wydajnością, przenikliwie penetrował warstwę roślinności, mierzył punkty z nieosiągalną wcześniej gęstością nawet w trudno dostępnym terenie. W naszych głowach rodziły się pomysły na wykorzystanie danych, które wyglądały naprawdę obiecująco. Część

zespołu uważała, że z dnia na dzień zdjęciom lotniczym wyrósł ciekawy rywal w postaci chmury punktów, a pozostali – że obie technologie bardziej się uzupełniają, niż ze sobą konkurują.

Już przy zakupie pierwszego skanera związaliśmy się na długie lata ze sprawdzonym dostawcą z Austrii. Riegl przez ostatnie dziesięciolecie wprowadził na rynek wiele interesujących modeli, osiągając globalny sukces. Używaliśmy w sumie aż 6 różnych typów skanerów Riegl, od najprostszych i najlżejszych VUX-ów po najnowszy batymetryczny VQ-880. Wszystkie wyposażone są w układy INS/GPS, integrowane z wieloma innymi sensorami i latają na różnych typach statków powietrznych.

Skanery Riegl od samego początku są ważnym elementem naszych wielosensorowych platform fotogrametrycznych, które wykorzystujemy w najbardziej zaawansowanych projektach, gdzie pozyskujemy zarówno chmurę punktów, jak i zdjęcia pionowe, ukośne czy dane hiperspektralne.

## • Zastosowania

Skanery Riegl sprawdzają się nie tylko w realizacji projektów wielkopowierzchniowych. Coraz większą część naszego portfela zamówień stanowią opracowania korytarzowe z niższego pułapu dla wąskich obiektów o charakterze liniowym. Są to najczęściej zamówienia związane z utrzymaniem infrastruktury energetycz-



*Chmura punktów z przypisanym atrybutem RGB pochodzącym z synchronicznie pozyskanych zdjęć lotniczych*

co powierzchnia całej Polski). Od samego początku prowadzimy aktywną działalność na rynkach zagranicznych, m.in. w Rumunii, Bułgarii, Macedonii Północnej, Niemczech, Szwecji, Norwegii, Finlandii, Estonii, na Łotwie i na Litwie.

### • Rozwój

W obszarze skanowania laserowego sprawdziła się zasada dostosowania technologii do oczekiwań zamawiającego, czyli rynku. Posiadanie najnowszego skanera laserowego, samolotu czy nawet śmigłowca przystosowanego do lotów fotogrametrycznych nie jest już gwarancją sukcesu. Od kilku lat widać, że projekty mają coraz bardziej złożony charakter, są niepowtarzalne, a więc wymuszają dużą elastyczność pod kątem modyfikacji czy dostosowania platform sprzętowych. To prawda, że sami dostawcy sensorów oferują szerokie możliwości modyfikacji czy właściwego doboru spośród dużej gamy urządzeń. Innowacja nie polega już jednak na zakupie najnowszego skanera, ale na umiejętności jego praktycznego wykorzystania.

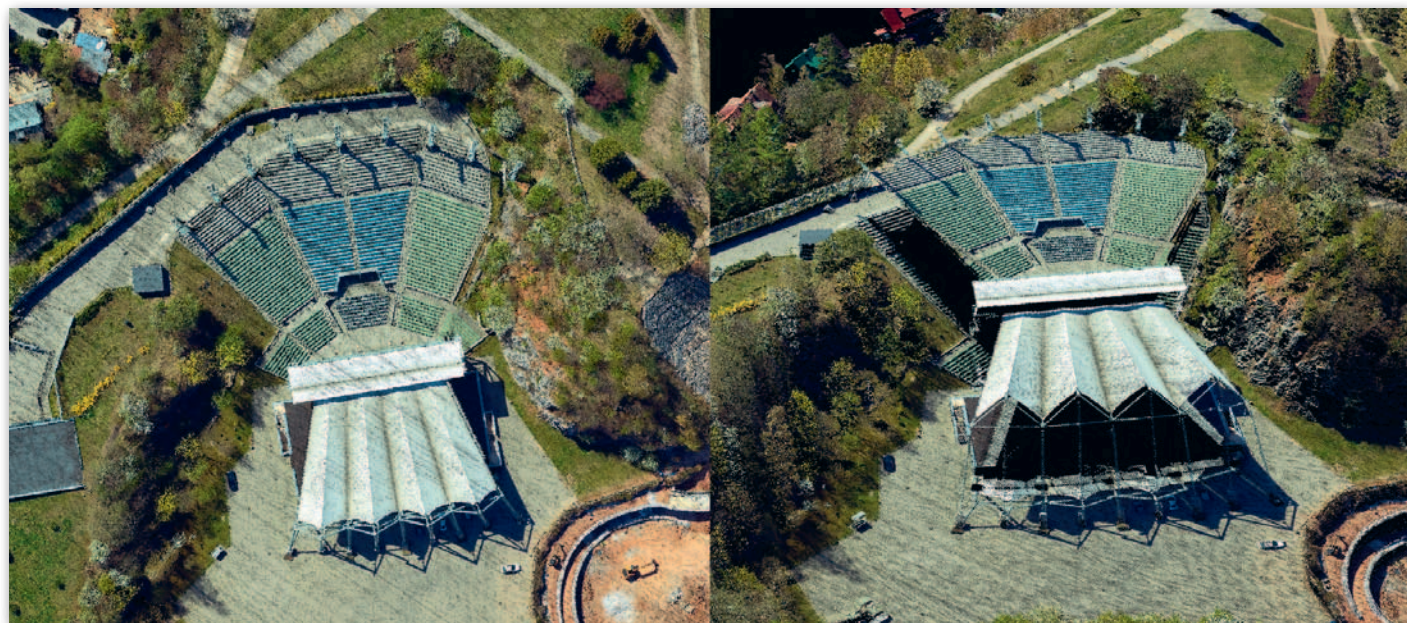
Przykładem niech będzie integracja dwóch wyjątkowo wydajnych sensorów, tj. wielkoformatowej kamery fotogrametrycznej i skanera laserowego, dzięki specjalnie przystosowanemu samolotowi. Był to pierwszy na świecie udokumentowany przypadek zastosowania podczas jednego przelotu takiej konfiguracji sprzętu, która pozwoliła na pozyskiwanie zdjęć wielkoformatowych o 3-centymetrowej rozdzielczości i na skanowanie laserowe z gęstością 12 pkt/m kw. Co najważniejsze, nie były to testy czy badania, ale faktyczna realizacja kilku projektów, w wyniku których nasi klienci otrzymali wyjątkowy zestaw danych. Pisaliśmy o tym w styczniowym GEODECIE w artykule pod tytułem „Optymalny zestaw danych dla miast”.

### • Rewolucja?

Wniosek, jaki nasuwa się po I Krajowym Forum Użytkowników LiDAR – POLSCAN, brzmi: rewolucji nie ma. Parametry pomiarowe skanerów lotniczych od lat są jedynie dopracowywane. Próbuje się hybrydowych rozwiązań, tj. łączenia różnych zakresów spektralnych (532 nm, 1044 nm, 1550 nm). Na pewno w ostatnich latach dostawcy skutecznie zwiększają wydajność urzą-

nej, drogowej czy gazowej. Zrealizowaliśmy tego typu projekty o łącznej długości ponad 200 tys. km (to tyle co 5 okrążeń równika). Rośnie też obszar zastosowań w archeologii, ochronie środowiska, samorządach czy w ogólnokrajowych projektach budowy baz danych wyso-

kościowych na terenie Europy (np. polski ISOK/CAPAP). Realizowaliśmy projekty na obszarach od kilkudziesięciu kilometrów kwadratowych do nawet kilkudziesięciu tysięcy, a łączna powierzchnia zeskanowanych przez nas terenów przekroczyła już 300 tys. km kw. (prawie tyle



*Chmura punktów z przypisanym atrybutem RGB w rzucie pionowym i izometrycznym*



Chmura ze skanera laserowego o gęstości 12 pkt/m kw. pozyskana razem z wielkoformatowymi zdjęciami o rozdzielczości terenowej 3 cm

dzeń (np. Riegl VQ-1560 II został wyposażony w dwa bardzo wydajne skanery VQ-780 II). Częstotliwość pracy lasera na poziomie 4 MHz oznacza prędkość pomiaru do 2,66 mln pkt/s. Pamiętajmy premierę skanera Riegl VQ-780 na przełomie 2016 i 2017 roku, a dziś ten sam dostawca oferuje czterokrotnie wydajniejsze urządzenie! Producenci nie dają możliwości normalnego zamortyzowania sprzętu, zmuszając firmy do ścigania się w inwestowaniu w nowe „zabawki”. To, co się dzieje w zakresie nowych skanerów, w praktyce pozwala na szybsze zbieranie danych przez wykonanie nalotu z wyższego pułapu albo przy większej prędkości przelotowej ewentualnie przez wprowadzanie usług polegających na zwiększaniu gęstości chmury punktów. Jednak szybciej, wyżej, gęściej nie zawsze oznacza lepiej...

## • Plamka i jej rozmiar

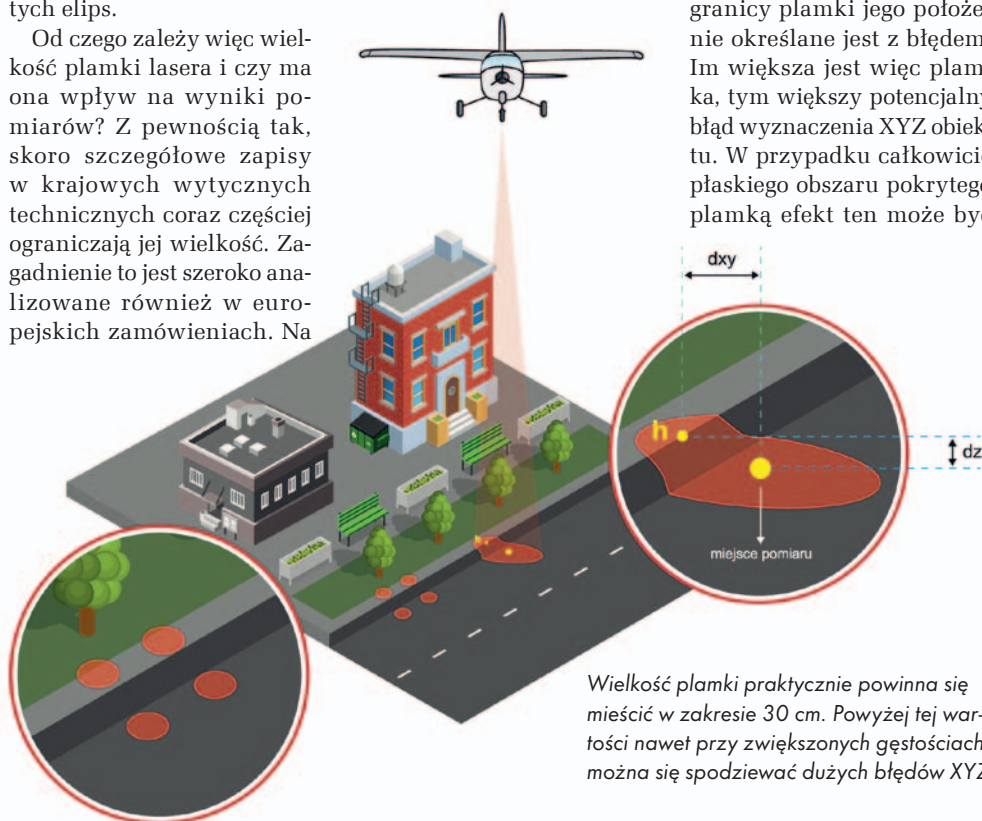
I tu dochodzimy do problemu plamki. Impuls skanera laserowego wysyłany jest z prędkością światła w kierunku ziemi. Odbija się on od jej powierzchni i rejestrowany jest przez to samo urzą-

dzenie. W czasie pokonywania tej drogi wiązka ulega rozproszeniu. Zatem pomiar wykonywany jest nie punktowo, ale odnosi się do pewnej powierzchni, której kształt w przybliżeniu możemy określić jako elipsę. Chmura punktów, którą później analizujemy, jest tylko punktową reprezentacją centrów tych elips.

Od czego zależy więc wielkość plamki lasera i czy ma ona wpływ na wyniki pomiarów? Z pewnością tak, skoro szczegółowe zapisy w krajowych wytycznych technicznych coraz częściej ograniczają jej wielkość. Zagadnienie to jest szeroko analizowane również w europejskich zamówieniach. Na

wielkość plamki wpływają bowiem głównie: wysokość lotu, kąt skanowania czy kąt rozproszenia zależny od kanałów (np. IR czy zielonego) oraz długości fali). Sam kształt plamki wynika z kąta skanowania i nachylenia terenu czy elementów pokrycia terenu, w wyniku czego najczęściej ma ona kształt elip-

sy. Wielkość i kształt plamki mają bezpośredni wpływ na precyzję pomiaru w wymiarze horyzontalnym i wertykalnym. Wynika to ze sposobu odczytu położenia punktu w obszarze plamki. W dużym uproszczeniu odczyt przypisywany jest do centrum plamki. W przypadku detekcji małego obiektu na granicy plamki jego położenie określane jest z błędem. Im większa jest więc plamka, tym większy potencjalny błąd wyznaczenia XYZ obiektu. W przypadku całkowicie płaskiego obszaru pokrytego plamką efekt ten może być



Wielkość plamki praktycznie powinna się mieścić w zakresie 30 cm. Powyżej tej wartości nawet przy zwiększonych gęstościach można się spodziewać dużych błędów XYZ

marginalny. Na obiektach liniowych obserwuje się, że im większa plamka (mniej-sza moc), tym gorsza detekcja szczegółów czy samych obiektów. A trzeba zaznaczyć, że zwiększanie mocy sygnału jest kategorycznie ograniczone wymogami bezpieczeństwa.

Na pewno rozmiar plamki – poprzez osłabienie skuteczności algorytmów klasyfikacyjnych oraz detekcyjnych – ma znaczenie przy zastosowaniu danych do: określania biomasy, penetracji roślinności, odwzorowania mikrorzeźby, precyzyjnego określania przebiegu linii napowietrznych czy kształtu dachu albo powierzchni gruntu. W Europie na zagadnienie wielkości plamki uwagę zwrócono jakiś czas temu, doprecyzowując wiele ograniczeń związanych z realizacją projektów LiDAR. Większa plamka wpływa negatywnie na cechy jakościowe chmury punktów. Chcąc zatem zadbać o lepszą jakość pomiarów, nie można skupiać się tylko na zwiększaniu gęstości chmury punktów. Co więcej, może się okazać, że koszty archiwizacji i operowania na supergęstej chmurze są większe niż potencjalne zyski, jeśli nasze potrzeby zaspokaja precyzyjny NMT o rozdzielczości 1 m.

## ● Blżej ziemi

Przyszłość technologii jest przewidywalna, ale tylko do



Chmura punktów z przypisanym atrybutem RGB pochodzącym z synchronicznie pozyskanych zdjęć lotniczych

pewnego stopnia. W niedługim czasie należy spodziewać się zwiększania gęstości lotniczego skanowania laserowego, ale nie przesadnie. Na pewno nigdy nie zastąpi ono zdjęć, a wykorzystanie bardzo gęstej chmury i jej klasyfikacja jeszcze przez wiele lat będą dużym wyzwaniem. Znaczącym wsparciem będzie zastosowanie uczenia maszynowego i automatyzacji przetwarzania czy analizowania danych. Widać

również, że poza bezzałogowcami nie stosuje się pojedynczych skanerów. Relatywnie niska masa urządzeń pozwala zabierać ich coraz więcej nawet na pokład lżejszych samolotów, dlatego kolejni producenci skanerów (np. Leica) zaczęli proponować wielosensorowe rozwiązania umożliwiające zbieranie danych hybrydowych.

Urządzenia mają coraz większą wydajność skanowania, ale czy możemy latać na

coraz wyższym pułapie? Czy zamawiający ze względu na wielkość plamki nie ściągają nas niżej, czyli bliżej ziemi? W wielu europejskich projektach już tak się dzieje. Skanowanie lotnicze w zakresie wydajności rozwija się dynamicznie, choć rynek zastosowań już nieco wolniej. Trudno jednak dzisiaj wszystko przewidzieć i dopiero czas pokaże, jak to będzie dalej.

Witold Kuźnicki, Agnieszka Ptak  
MGGP Aero

## Optymalna gęstość chmury punktów LiDAR dla różnych zastosowań

Gęstość chmury punktów	4-6 pkt/m <sup>2</sup>	6-10 pkt/m <sup>2</sup>	10-20 pkt/m <sup>2</sup>	20+ pkt/m <sup>2</sup>
Zastosowanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>ochrona przeciwpowodziowa</li> <li>makrogeomorfologia</li> <li>ogólnokrajowa baza NMT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>podstawowe modelowanie 3D</li> <li>mezogeomorfologia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analizy roślinności</li> <li>archeologia</li> <li>mikrogeomorfologia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zaawansowane modelowanie 3D</li> <li>linie energetyczne</li> </ul>
Wizualizacja				