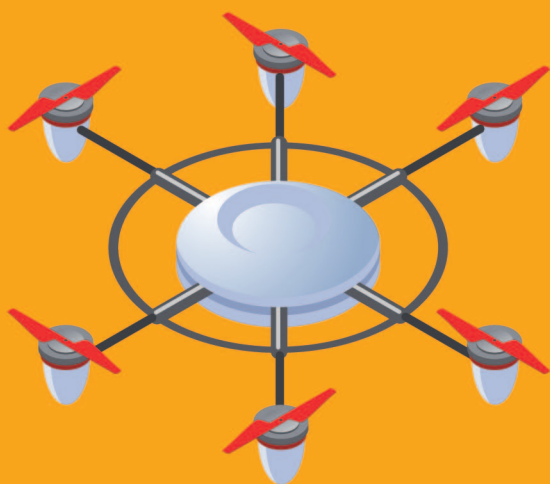
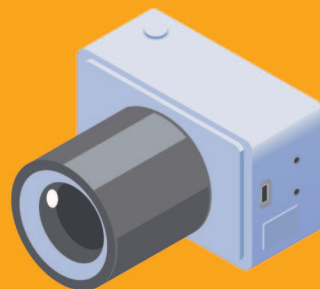
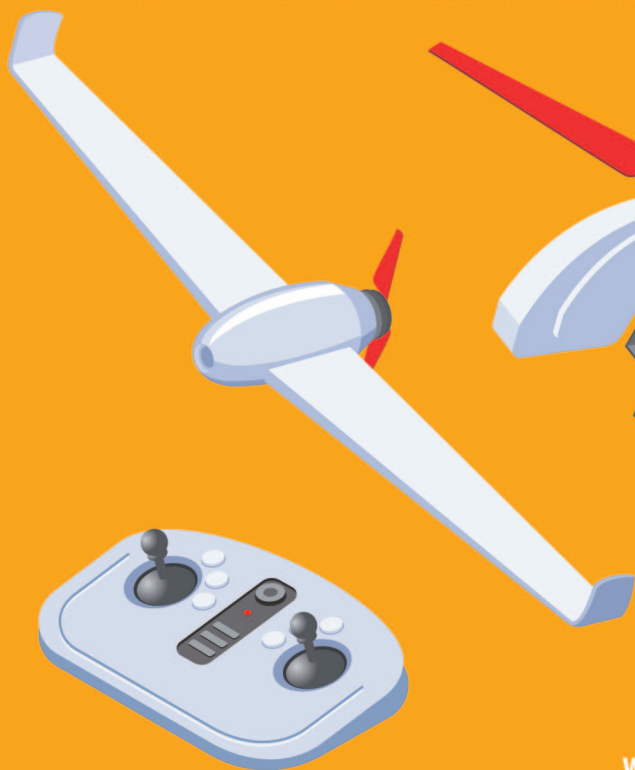


DRONY DLA GEODETY



27 PŁATOWCÓW 23 WIRNIKOWCE 51 APLIKACJI

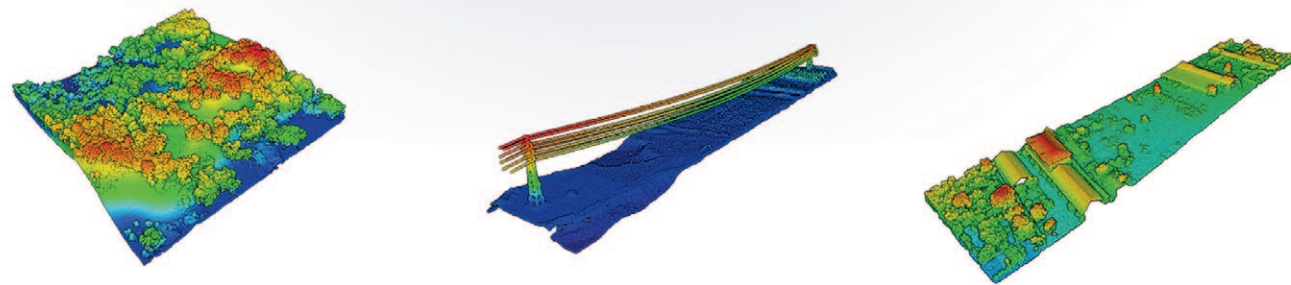


LiDAR dla geodety

DJI Matrice 300 RTK + LiAir V RTK



„Tam gdzie nie sięgnie fotogrametria, tam sięgnie LiDAR”



Pierwszy na świecie, zintegrowany **system LiDAR** z platformą **DJI Matrice 300 RTK** umożliwiający **innowacyjne pomiary 4 w 1**. Wznies swoją pracę na wyższy poziom, dzięki zaawansowanej technologii.

Specjalna cena w zestawie z oprogramowaniem LiDAR360 lub Terrasolid.

dji ENTERPRISE
AUTORYZOWANY DYSTRYBUTOR

GreenValley International

LiDAR360

Terra solid
POINT CLOUD INTELLIGENCE



■ www.tpi.com.pl ■ rozwiązania pomiarowe

Fot. Geoxy

Nowy standard w geodezji?

Dzięki obowiązującemu od 22 sierpnia br. nowemu rozporządzeniu ws. standardów firmy geodezyjne wreszcie mogą rozwinąć skrzydła i bez obaw korzystać z dronów w pracach podlegających zgłoszeniu w PODGiK. Takie są przynajmniej teoretyczne założenia tego aktu, bo – jak to w naszej branży bywa – praktyka zależy już od powiatowych interpretacji. Z pewnością zatem pojawią się takie starostwa, które na opracowania z drona będą patrzyły krzywym okiem (tak jak kiedyś na współrzędne wyznaczone przez odbiornik GNSS-RTK). Ale nie miejmy złudzeń – tej fotogrametrycznej rewolucji w geodezji już nikt nie powstrzyma. Czy zatem dron z sensorem wkrótce stanie się tak powszechnym wyposażeniem firmy geodezyjnej jak tachimetr czy odbiornik satelitarne? Przegląd oferty maszyn dostępnych u krajowych dystrybutorów zdaje się świadczyć, że nie jest to wcale taka odległa perspektywa. W tegorocznym zestawieniu prezentujemy specyfikację 50 maszyn. Dla porównania analogiczna oferta tachimetrów składa się z 73 instrumentów, a odbiorników RTK – z 92 modeli. Różnica w wyborze zatem jest, ale nie jakaś zasadnicza. Każdy zainteresowany bezzałogowcem powinien więc znaleźć w zestawieniu coś, co spełni jego wymagania techniczne i finansowe.

Redakcja

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, Bożena Baranek, Jerzy Królikowski, Damian Czekaj, Bogdan Grzechnik.

Opracowanie graficzne: Andrzej Rosolek.

Druk: Drukarnia Taurus.

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

Copyright©Geodeta Sp z o.o.

Wszystkie prawa zastrzeżone (łącznie z tłumaczeniami na języki obce)

PROJEKT

Kryteria czasu, ceny i dokładności	4
NaviGate porównuje naziemny skaning i fotogrametrię z BSP	
Nad uziemionymi samolotami	8
Firma Geoxy o opracowaniu ortofotomapy portu lotniczego	
Wzdłuż dróg i kolei	12
Doświadczenia spółki Fotoraporty w wykorzystaniu BSP	
W poszukiwaniu zastosowań	16
Drony narzędziem w firmach geodezyjnych – analiza SkySnap	
Od BSP do BIM	20
Doświadczenia RTK System w cyfryzacji procesów w budownictwie	
Trójwymiarowe Opole	24
Wykorzystanie Sensefly eBee X do stworzenia modelu miasta Opola	
Drony przejmują plac budowy	30
Wykorzystanie dronów w Mota-Engil Central Europe	

SPRZĘT

Albatros w geodezji	26
ProGea Sky prezentuje pionowzlot Trinity F90+	
Gdzie wylemy drona?	34
Czerski Trade Polska o wykorzystaniu drona DJI Phantom 4 RTK	

NARZĘDZIA

Więcej niż orto	32
O aplikacji 3Dsurvey w zagadnieniach pomiarowych	

ZESTAWIENIE

Na prawo patrz!	37
Najnowsze trendy na rynku bezzałogowców	
Zestawienie płatowców	39
Zestawienie wirnikowców	48
Miej rękę na pulsie	56
Trendy na rynku aplikacji do dopasowania zdjęć	
Zestawienie oprogramowania do obróbki zdjęć z dronów	57

Prenumerata tradycyjna GEODETY

- Roczna z indywidualnym dostępem do internetowego Archiwum GEODETY – 440,64 zł, w tym 8% VAT.
 - Roczna studencka/uczniowska z indywidualnym dostępem do 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 7.00-15.00)
 - listownie: Geodeta Sp. z o.o., ul. Narbutta 40/20, 02-541 Warszawa.
- W każdym przypadku prenumerata obejmuje koszty wysyłki.

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.
- GEODETE cyfrowego można zamawiać na **egeodeta24.pl** (portal działa 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu). W ofercie są pojedyncze wydania i prenumerata (3, 6 lub 12 miesięcy). Opublikowane wydania GEODETY cyfrowego są dostępne zaraz po dokonaniu płatności elektronicznej.

Naziemny skanowanie laserowe a fotogrametria z BSP w ocenie firmy NaviGate

Kryteria czasu, ceny i dokładności

Dobór technologii pomiarowej odpowiedniej do danego zlecenia jest jednym z wyzwań, z jakimi zmagają się każdy geodeta. Jak uzyskać produkt o wymaganej dokładności przy minimalnym nakładzie finansowym i czasowym?

Wraz z rozwojem sprzętu pomiarowego technologie prac geodezyjnych stały się bardziej przyjazne dla użytkownika, w wyższym stopniu zautomatyzowane oraz szybsze, przy jednoczesnym utrzymaniu odpowiedniej jakości oraz dokładności. Do nowoczesnych rozwiązań ułatwiających po-

miary bez wątpienia należą: naziemny skanowanie laserowe oraz pomiar fotogrametryczny z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (BSP).

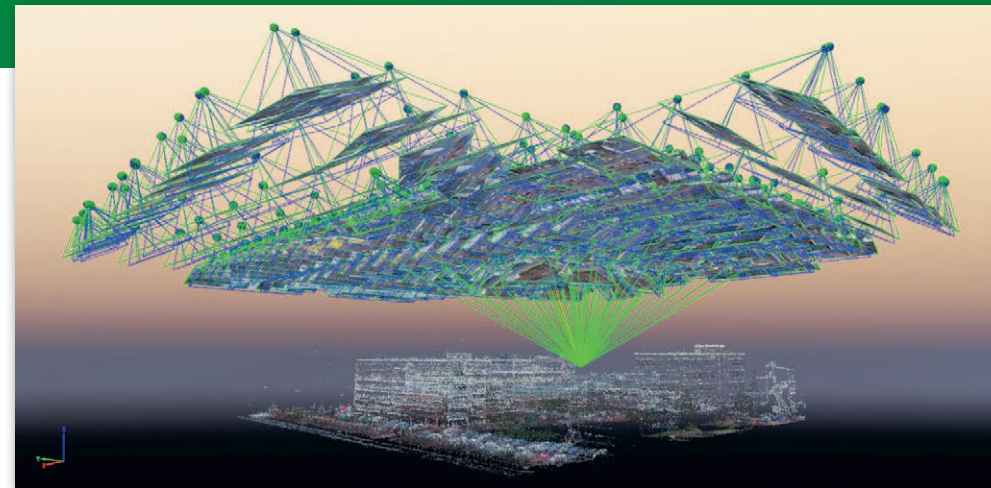
W sieci oraz w czasopiśmie naukowym i branżowym można znaleźć wiele artykułów na temat zalet oraz ograniczeń obu tych techno-

logii. Z publikowanych analiz wynika jednoznacznie, że dokładności otrzymane z wykorzystaniem fotogrametrii są zbliżone do tych, które geodeta uzyskuje podczas pomiaru odbiornikiem GNSS. Natomiast naziemny skanowanie laserowe można pod tym względem porównać z tradycyjnymi pomiarami tachime-

trycznymi, w których ważny jest każdy milimetr. Przyjmując takie założenia, w niniejszym opracowaniu nie przeprowadzamy głębszej analizy dokładności, tylko skupiamy się na przedstawieniu procesu pozyskania danych, wizualizacji otrzymanych chmur punktów oraz poniesionych kosztów i nakładu pracy.

• Miejsce eksperymentu

Badany obszar obejmuje fragment kampusu Wydziału Ekonomiczno-Socjologicznego Uniwersytetu Łódzkiego o wymiarach 120 m x 150 m (rys. 1). Jest to teren o typowo miejskiej charakterystyce, a zatem analizowane technologie pomiarowe zostały sprawdzone w środowisku, w którym często prowadzone są prace geodezyjne. Znajdują się tam budynki niskie (do 4 kondygnacji nadziemnych) oraz średnio wysokie (5-8 kondygnacji nadziemnych). Dodatkowe utrudnienie stanowiły szklane elewacje gmachów oraz wysokie drzewa. Zarówno pomiar skanowaniem laserowym, jak i pomiar fotogrametryczny zaplanowano tak, aby zoptymalizować czas pracy, ale jednocześnie zrealizo-



Rys. 2. Rzadka chmura punktów wiążących (sparse cloud) wraz ze zdjęciami po procesie aerotriangulacji

wać określone potrzeby oraz zachować dokładność opracowania.

• Pomiary – naziemny skanowanie laserowe

Skanowanie z wykorzystaniem skanera Trimble TX8 zostało przeprowadzone na 62 stanowiskach. Wykonanie jednego skanu wraz ze zdjęciami cyfrowymi trwało 5 minut. Tak wysoka liczba stanowisk podyktowana była chęcią jak najbardziej realistycznego odwzorowania wszystkich, nawet najmniejszych elementów, w tym: schodów, barier, koron drzew czy wnętrza budynków. Ponadto dążono do uzyskania odpowiednio wysokiego pokrycia między stanowiskami, które na etapie opracowania danych pozwoliłyby na automatyczne połączenie skanów na podstawie wspólnych płaszczyzn.

Na każdym stanowisku wykonano przynajmniej jeden skan 360° x 317° na poziomie 2 (odstęp między punktami dla odległości 30 m wynosił 11,3 mm) oraz wbudowaną kamerą cyfrową zdjęcia panoramiczne, które posłużyły do późniejszego pokolorowania chmur punktów. Na nielicznych stanowiskach wystąpiły przeszkody terenowe w postaci przejeżdżających aut lub przechodzących ludzi, co skutkowało koniecznością wykonania kilku skanów uzupełniających.

Rys. 3. Klasyfikacja chmury punktów ze zdjęć

• Pomiary – metoda fotogrametryczna BSP

Nalot fotogrametryczny z wykorzystaniem drona DJI Phantom 4 RTK przeprowadzono na wysokości 50 m powyżej powierzchni terenu (AGL). Z powodu dużej liczby drzew oraz wysokich budynków wybrano nalot w trybie „Multi-oriented”, czyli podzielono misję na 5 „podmisji”. Podczas pierwszej kamery wykonuje zdjęcia pionowe („patrzy” prostopadle w dół), kolejne to już zdjęcia ukośne wykonywane z 4 stron obiektu (wybrano kąt 60°). Pokrycie podłużne zdjęć wyniosło 80%, a poprzeczne – 70%. Cały nalot trwał 35 minut, wykorzystano 1,5 baterii.

W rezultacie powstało 427 zdjęć o łącznej objętości 3,5 GB. Dron podczas nalotu korzystał z danych korekcyjnych sieciowych RTN systemu ASG-EUPOS, ze strumienia RTN4G_VRS_RTCM32, odbierając obserwacje z czterech konstelacji satelitów (GPS + Galileo + GLONASS + BeiDou).

• Opracowanie danych – skanowanie

W celu wykonania wiarygodnej analizy czasowej dla obydwu metod pomiarowych do obróbki danych wykorzystano te same komputery wyposażone w procesor Intel i7 9th, 32 GB pamięci RAM oraz kartę graficzną Nvidia GeForce 1060. W dalszej części artykułu porównaniu poddano tylko i wyłącznie chmury punktów.

Dane uzyskane z naziemnego skanera TX8 zostały przetworzone w oprogramowaniu Trimble RealWorks w trzech etapach:

1. Sampling. Bezpośrednio po zaimportowaniu projektu ze skanera przeprowadzono próbkowanie. Proces ten służy do ujednolicenia rozdzielczości chmury punktów.

2. Autorejestracja skanów. Jest to procedura polegająca na połączeniu wszystkich stanowisk w jednym wspólnym układzie współrzędnych.

3. Czyszczenie chmury punktów. Ostatnim etapem, najbardziej pracochłonnym

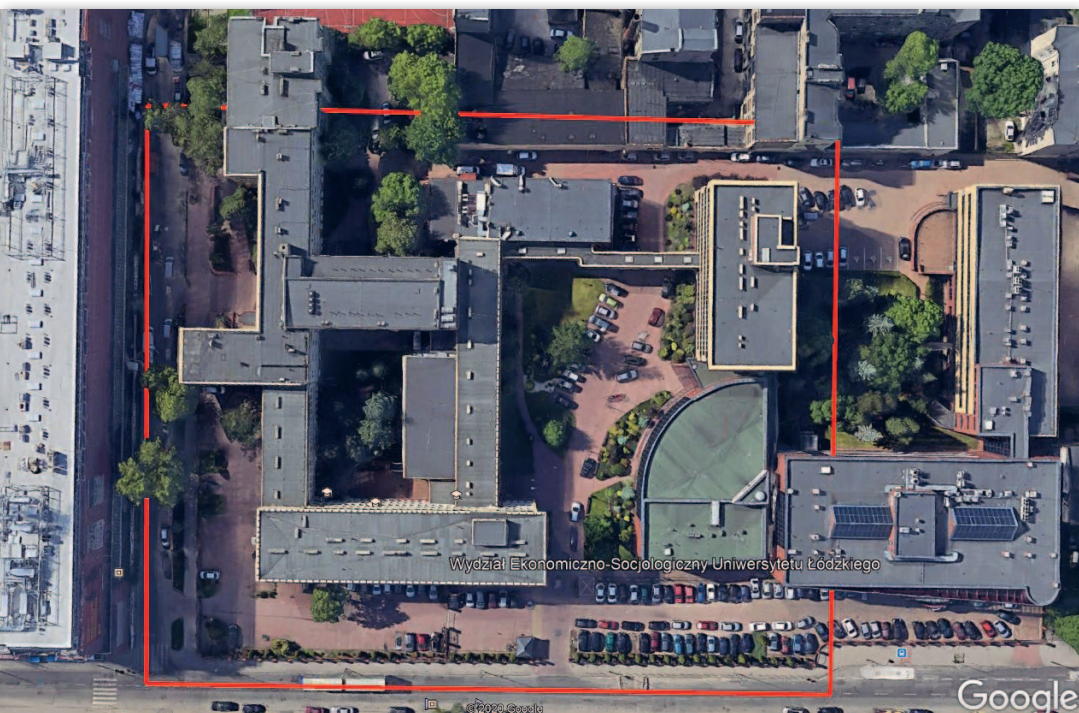
i wymagającym czynnego udziału operatora, było usunięcie z chmury punktów wszystkich zbędnych elementów (przejeżdżające samochody, przechodzący ludzie), pozbycie się szumów związanych z oszklonymi budynkami oraz przeprowadzenie autoklasyfikacji chmury punktów na warstwy: budynki – *building*, roślinność – *high vegetation*, grunt – *ground*, pozostałość – *remaining*, w celu uzyskania lepszego efektu wizualnego.

• Opracowanie danych – BSP

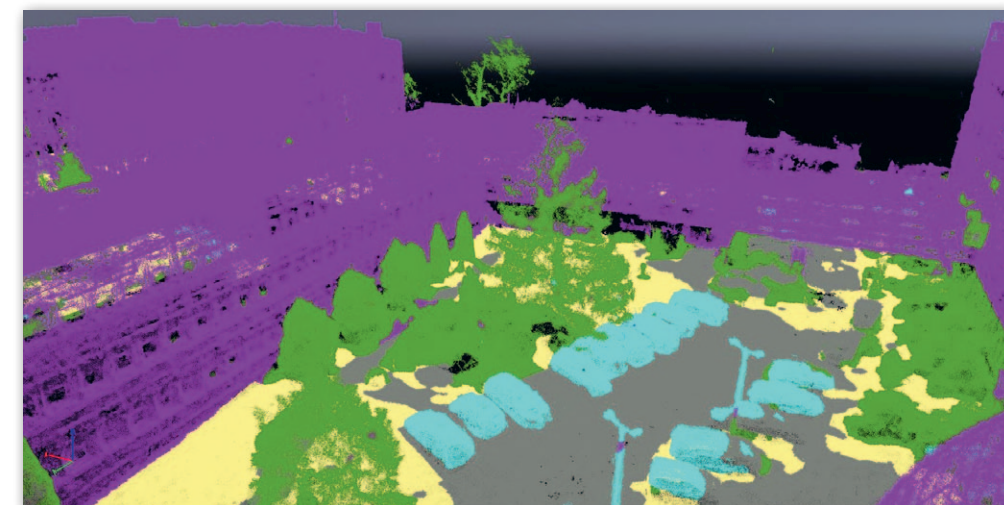
Z trzech etapów składało się również przetworzenie danych obrazowych pozyskanych z BSP. Zostało ono wykonane w oprogramowaniu Pix4Dmapper:

1. Aerotriangulacja (potocznie zwana „łączeniem zdjęć”). Po utworzeniu nowego projektu zaimportowano zdjęcia, wybrano odpowiednie układy współrzędnych oraz wykonano proces aerotriangulacji – Initial Processing (rys. 2). Wyrównanie wykonano tylko z wykorzystaniem współrzędnych środków rzutów zdjęć. Nie użyto ani jednego fotopunktu (GCP). Następnie wykonano sprawdzenie dokładności na 10 punktach kontrolnych, otrzymując błąd średniokwadratowy (RMSE) 2 cm zarówno dla osi X, jak i Y.

Natomiast dla osi Z stwierdzono stałe przesunięcie wysokościowe modelu o około 20 cm, które można byłoby usunąć za pomocą jednego



Rys. 1. Obszar nalotu na tle ortofotomapy





Rys. 4. Chmura punktów z naziemnego skanowania laserowego

punktu GCP, co zostało już opisane w naszym artykule pod tytułem „BSL z RTK. Czy warto?” (DRONY DLA GEO-DETY 2019).

2. Dense matching – generowanie gęstej chmury punktów. Proces ten polega na porównaniu nakładających się ze sobą obrazów w celu odnalezienia cech wspólnych. W rezultacie otrzymujemy gęstą chmurę punktów. Po ustawieniu odpowiednich parametrów przetwarzania kończy się rola operatora, a pracę zaczynają algorytmy dopasowania. W większości przypadków proces ten trwa nawet kilka godzin. Czas opracowania zależy od liczby zdjęć, wielkości obszaru, wybranych ustawień oraz mocy obliczeniowej komputera.

3. Manualna korekta automatycznej klasyfikacji. Program Pix4Dmapper automatycznie wykonuje klasyfikację chmury punktów, m.in. na podstawie wykrywania płaszczyzn, zmian wysokości oraz barw punktów (rys. 3). Odpowiedzialne za klasyfikację algorytmy sztucznej inteligencji cały czas podlegają uczeniu maszynowemu (*machine learning*), zwiększając swoją efektywność. W zależności od obiektu poprawność przypisania punktów do odpowiednich klas sięga nawet 90%. W naszym przypadku analizę utrudniły oszklone elewacje budynków oraz bliskie sąsiedztwo drzew.

• Uzyskane chmury punktów

Technologia naziemnego skaningu laserowego sprowadza się do gromadzenia w stosunkowo krótkim czasie dużej ilości danych przestrzennych w postaci chmury punktów. Dane te cechuje wysoka szczegółowość oraz dokładność w odwzorowaniu otoczenia.

W fotogrametrii niskiego pułapu gęsta chmura punktów jest tak naprawdę jednym z produktów pośrednich. Wiele osób, pytając o technologię zdjęć z bezzałogowych statków powietrznych, skupia się przede wszystkim na produkcie końcowym, jakim jest ortofotomapa. Nie zdają sobie przy tym sprawy, że w trakcie jej tworzenia otrzymujemy tak wartościowy produkt, jak gęsta chmura punktów. Ma ona zastosowanie między innymi w:

- tworzeniu modeli 2D/3D,
- opracowaniu map topograficznych oraz NMT/NMPT,
- wykonywaniu przekrojów i rzutów,
- pomiarach objętości hałd oraz określaniu bilansu robót ziemnych,
- dokumentowaniu prac archeologicznych,
- monitorowaniu oraz analizie postępu prac budowlanych,

• inwentaryzacji oraz rekonstrukcji budynków i obiektów,

• wizualizacji 3D miast i budynków,

• tworzeniu wirtualnych wycieczek, filmów, reklam itp. We wszystkich wymienionych przykładach oraz wielu innych zastosowaniach (możliwości są praktycznie nieograniczone) świetnie sprawdzi się zarówno chmura punktów uzyskana w wyniku skanowania 3D (rys. 4), jak i ta stworzona na podstawie zdjęć z bezzałogowego statku powietrznego (rys. 5).

• Nakład pracy

Nie ulega wątpliwości, że atutem obydwu badanych metod (w porównaniu z pomiarami tachimetrycznymi lub GNSS) jest oszczędność czasu pozyskania danych o wysokiej rozdzielczości. Ponadto do odwzorowania obszaru o dużej powierzchni wystarczy jedna osoba i jeden wyjazd terenowy. Z drugiej strony rośnie ilość czasu niezbędnego do opracowania materiału w biurze, który zależy przede wszystkim od mocy obliczeniowej komputera.

W tabeli 1 znajduje się zestawienie czasu potrzebnego

do uzyskania chmury punktów dla badanego obszaru. Nie uwzględniono w niej procesu nadawania georeferencji chmurze punktów wymagającego pomiaru tradycyjnymi metodami geodezyjnymi. W przypadku metody fotogrametrycznej z wykorzystaniem BSP wyposażonego w technologię RTK wystarczy pomiar jednego punktu GCP odbiornikiem GNSS. W przypadku skaningu w celu uzyskania odpowiednich dokładności oraz georeferencji należałoby pomierzyć przynajmniej dwa punkty tachimetrem.

• Co lepsze?

Analiza wizualna obu chmur punktów wykazała, że dla obiektów poziomych (dróg, trawników, chodników, dachów itp.) chmura ze zdjęć wykonanych przy użyciu BSP wygenerowana w programie Pix4Dmapper jest lepsza jakościowo oraz bardziej kompletna niż ta pozyskana metodą skaningu 3D. Przyczyniła się do tego m.in. duża liczba pojazdów skutkująca powstaniem martwych pól oraz brak informacji na temat dachów budynków.

Z kolei dla obiektów pionowych – budynków lub ma-

łych elementów infrastruktury, takich jak barierki czy słupy – chmura uzyskana metodą fotogrametryczną jest obciążona o wiele większymi szumami niż ta ze skanowania. Dodatkowo, rozpatrując sam aspekt wizualny, można stwierdzić, że wbudowana kamera cyfrowa w skanerze Trimble TX8 znacznie gorzej sprawdziła się w kolorowaniu chmury punktów niż ta zamontowana na pokładzie Phantom 4 RTK, czego rezultatem było otrzymanie mniej wyraźnych tekstur.

Nakład pracy potrzebnej do zgromadzenia niezbędnych danych w terenie był znacznie większy w przypadku technologii skanowania 3D. Jednak produktem, jaki uzyskujemy bezpośrednio po skanowaniu, jest gotowa chmura punktów, na której praktycznie od razu możemy wykonać szczegółowe analizy. W przypadku fotogrametrii lotniczej musimy wykonać kilka przetworzeń, po zakończeniu których otrzymujemy dopiero końcowy produkt fotogrametryczny.

Analizując czas poświęcony na prace terenowe i kameralne (z uwzględnieniem rozdzielczości oraz jakości danych przestrzennych uzyskanych prezentowanymi technologiami), można śmiało stwierdzić, że

Tabela 2. Porównanie metod pomiarowych

Dokładność danych	zdjęcia z BSP	<	skanিং	≤	geodezja klasyczna
Szczegółowość opracowania	geodezja klasyczna	<	zdjęcia z BSP	≤	skanিং
Szybkość pomiaru	geodezja klasyczna	<	skanিং	≤	zdjęcia z BSP
Szybkość opracowania	zdjęcia z BSP	≤	skanিং	≤	geodezja klasyczna
Różnorodność produktów/opracowań	geodezja klasyczna	<	skanিং	≤	zdjęcia z BSP
Niezależność od warunków pogodowych	zdjęcia z BSP	<	geodezja klasyczna	≤	skanিং
Koszt sprzętu i oprogramowania	geodezja klasyczna	≤	zdjęcia z BSP	<	skanিং

obie metody znacznie przewyższają możliwościami te tradycyjne. Tym samym mogą pozwolić geodecie na realizację większej liczby zleceń.

Ważnym aspektem, o którym należy jeszcze powiedzieć, jest dokładność odwzorowania. Jako że naziemny skanিং laserowy jest pod tym względem zbliżony do tachimetrii, uzyskana chmura punktów umożliwia zaawansowane oraz precyzyjne analizy, np. w geodezji inżynierskiej i przemysłowej, z którymi prawdopodobnie fotogrametria jeszcze by sobie nie poradziła. Z drugiej strony nie każde zlecenie wymaga od geodety milimetrowej dokładności. Nie ma więc potrzeby od razu strzelać z armaty do wróbla. Jeśli uwzględnimy koszt zakupu sprzętu oraz oprogramowania, dojdziemy do wniosku, że fotogrametria z wykorzystaniem BSP świetnie sprawdzi się w większości prac wy-

konywanych przez geodetę, takich jak mapa do celów projektowych, bilans robót ziemnych czy wszelkie inwentaryzacje. Ponadto umożliwi wykonanie większej liczby tego typu zleceń oraz przekazanie inwestorom, oprócz suchych map i projektów 2D, również chmur punktów lub modelu 3D Mesh do łatwego i wygodnego monitorowania oraz analizowania postępów prac budowlanych. W tabeli 2 przedstawiamy nasze spostrzeżenia dotyczące obu metod oraz ich porównanie z geodezją klasyczną.

Testowane technologie świetnie poradziły sobie z gromadzeniem danych przestrzennych w postaci gęstej chmury punktów, realistycznie odwzorowując teren Wydziału Ekonomiczno-Socjologicznego Uniwersytetu Łódzkiego. Jednak biorąc pod uwagę trzy kryteria – czas, cenę i dokładność – technologia fotogrametrycz-

na z wykorzystaniem BSP wygrywa naszym zdaniem z naziemnym skanিংiem laserowym stosunkiem 2 do 1.

• O firmie

Do opracowania fotogrametrycznego wykorzystano zdjęcia z platformy DJI Phantom 4 RTK oraz oprogramowanie Pix4Dmapper. Zestaw ten znajduje się w ofercie firmy NaviGate. Całość uzupełniają szkolenia, zarówno na uprawnienia UAVO VLOS i BVLOS oraz kursy specjalistyczne z fotogrametrii niskiego pułapu oraz teledetekcji prowadzone przez doświadczonych instruktorów Ośrodka Szkoleniowego NaviGate. Zainteresowanych uzyskaniem dostępu do pełnej chmury punktów zachęcamy do odwiedzenia naszego bloga (www.navigate.pl/blog/).

Maciej Wywiół, Kamil Tomiak
NaviGate Sp. z o.o.

Artykuł ukazał się jednocześnie na łamach GEODETY 9/2020

Tabela 1. Porównanie nakładu pracy dla obydwu metod

Czynność	Skanowanie 3D	Zdjęcia z UAV
Prace terenowe	5 h (5 min na każdym stanowisku)	40 min
Prace kameralne	2,5 h - sampling, 30 min - autorejestracja skanów, 3 h - czyszczenie chmury punktów RAZEM: około 6 h (w tym 3 h czynnej pracy operatora)	45 min - aerotriangulacja, 30 min - kontrola dokładności, 3 h - generowanie gęstej chmury punktów, 30 min - manualna korekta klasyfikacji chmury punktów RAZEM: około 4 h i 45 min (w tym 1 h czynnej pracy operatora)
Razem	około 11 h	około 5 h i 25 min



Rys. 5. Chmura punktów wygenerowana na podstawie zdjęć z drona

Opracowanie ortofotomapy dla Międzynarodowego Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach

Nad uziemionymi samolotami

Krakowska firma Geoxy już nieraz realizowała pomiary z wykorzystaniem dronów na terenie portów lotniczych. Ostatnio w kwietniu br. tuż po wprowadzeniu obostrzeń związanych z pandemią COVID-19 i właśnie o tym jest ten artykuł. Mirosław Guzik dzieli się również ogólnymi spostrzeżeniami na temat pomiarów fotogrametrycznych z niskiego pułapu.

Pomiary fotogrametryczne z niskiego pułapu rozwijają się dynamicznie i co kilka miesięcy jesteśmy świadkami wprowadzenia na rynek nowych urządzeń. W świadomości społecznej technologia ta jednak nie istnieje i nie kojarzy się z innowacjami czy pionierskim podejściem do realizacji projektów geodezyjnych. Nawet osoby związane z geodezją nie dostrzegają fotogrametrii tam, gdzie stanowi ona istotę danego zagadnienia. Obecnie określenie „pomiar fotogrametryczny” próbuje się zastąpić pojęciem „pomiar dronem”.

Jak niska (niesłusznie) jest ranga fotogrametrii, pokazuje nowe rozporządzenie w sprawie standardów technicznych, gdzie słowo „fotogrametria” nie pada w żadnej formie. Usunięcie zapisów o „pomiarze fotogrametrycznym” spowoduje powstanie wątpliwości, czy do prac foto-

grametrycznych wykonywanych z wykorzystaniem zdjęć pozyskanych przez bezzałogowe statki powietrzne (BSP) konieczne są uprawnienia z zakresu 7. Interpretacja GUGiK z listopada 2019 r. mówiła, że legitymowanie się tymi uprawnieniami w przypadku realizacji prac polegających na „pozyskaniu oraz przetworzeniu zdjęć wykonanych z drona (BSP), utworzeniu przestrzennego modelu terenu” jest konieczne. Natomiast podczas wideokonferencji dotyczącej nowych standardów w czerwcu br. GGK zapowiadał już, że takiego wymogu nie będzie. Moim zdaniem szkoda, że zamiast umożliwić wszystkim zainteresowanym nabycie uprawnień z zakresu 7 poprzez wykazanie doświadczenia fotogrametrycznego w pracach związanych z BSP, wolimy stwarzać pozory, że fotogrametrii w tych pracach nie ma – jest za to „pomiar dronem”.

• Pionierskie projekty

W związku z tym trudno się dziwić, że w pomiarach z niskiego pułapu fotogrametrii nie dostrzegają osoby spoza geodezji. Bodajże 2 lata temu czytałem na jednym z ogólnopolskich portali internetowych o „pierwszym w Polsce”, „przełomowym” locie dronem nad terenem lotniska. Wydarzenie to zostało uznane przez autora artykułu jako „pionierskie”. Jest wysoce prawdopodobne, że redaktor odpowiedzialny za wspomniany artykuł nie sprawdził, czy jacyś geodeci lub fotogrametrzy wykonywali podobne loty, i w sposób niezamierzony zignorował środowisko geodezyjne.

Niewątpliwie byłby zaskoczony, że nasza firma geodezyjna Geoxy (zapewne niejedyna w Polsce) ma za sobą wykonane zgodnie z przepisami prawa loty w strefie kontrolowanej lotniska (CRT) oraz na terenie portu lotnicze-

Przygotowania do nalogu, w tle radar lotniska



Pomiar fotopunktów

go, które odbyły się kilka lat przed opisywanym „pionierskim” wydarzeniem. Wszystko dlatego, że nie kojarzymy się z innowacyjnością i nikt nie szuka pionierskich projektów w geodezji i fotogrametrii. Jednocześnie nasz upór oraz chęć stosowania coraz nowszych technologii pozwalają nam z powodzeniem realizować innowacyjne zamierzenia, często znacznie wcześniej niż inni.

• Port lotniczy w czasach koronawirusa

Epidemia COVID-19 znacząco wpłynęła na życie każdego z nas – zarówno zawodowe, jak i prywatne. Nawet jeśli bezpośrednio nie zostaliśmy zakażeni i nie przebywaliśmy w szpitalu czy na kwarantannie, to funkcjonowanie w tej

nowej rzeczywistości było (jest) dla wszystkich bardzo uciążliwe. Są jednak, o dziwo, takie prace, którym tzw. lockdown sprzyja.

Tuż przed wprowadzeniem obostrzeń otrzymaliśmy zlecenie na wykonanie ortofotomapy dla Międzynarodowego Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach. Była to nasza kolejna praca dla tego klienta. Wcześniej dostarczyliśmy ortofotomapy z pikselem terenowym (GSD) 2,5 cm, a teraz – 5 cm i 10 cm.

Port lotniczy to bardzo trudny obszar do wykonania zdjęć z wykorzystaniem BSP i opracowania na ich podstawie ortofotomapy. Aby taki lot wykonać, należy uzyskać zgodę Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej, utrzymywać regularny kontakt z kontrolą lotu, błyskawicznie reago-





Pomiar stereoskopowy linii strukturalnych na stacji fotogrametrycznej

wać na wszelkie polecenia i – mówiąc pół żartem, pół serio – unikać irytacji oficera dyżurnego. Być może ten ostatni warunek jest nawet najważniejszy.

Ze względu na bezpośredni kontakt z innymi użytkownikami ruchu lotniczego

przede wszystkim trzeba wykazać się profesjonalizmem zarówno w zakresie posiadanych umiejętności, jak i stosowanego sprzętu. Do pracy w terenie, gdzie wymagana jest błyskawiczna reakcja na polecenia wieży kontroli lotów, wykorzystujemy tylko

takie urządzenia, które dadzą nam absolutną pewność w tym zakresie.

Podczas wcześniejszych nalogów posługiwaliśmy się platformą UX5 Trimble'a, tym razem jednak zdecydowaliśmy się na wykorzystanie platformy UX11 z systemem PPK

(*post processed kinematic*) firmy Delair. Przygotowaniem planów lotu zajęło się dwóch naszych doświadczonych pilotów BSP. Cały obszar opracowania – około 15 km² – został podzielony na 8 nalogów. Uznaliśmy, że dzięki lockdownowi, a w konsekwencji zawieszeniu lotów pasażerskich, wszystko przebiegnie bardzo sprawnie.

• Osnowa i nalogy

Przed nalogiem przygotowaliśmy połowę osnowę fotogrametryczną. Dodatkowo wyznaczyliśmy współrzędne naturalnych dobrze identyfikowalnych szczegółów terenowych, które miały służyć jako fotopunkty („control points”) oraz punkty kontrolne („check points”). Dzięki zastosowaniu systemu PPK na potrzeby tej pracy pomierziliśmy tylko 26 punktów.

Dlaczego jednak nie zrezygnowaliśmy całkowicie z fotopunktów i punktów kontrolnych, skoro nalog został wykonany z wykorzystaniem

UX11 z systemem PPK? Nasze dotychczasowe doświadczenia pokazują, że ich zastosowanie wpływa na poprawę dokładności opracowania. Ponadto dzięki punktom kontrolnym jesteśmy w stanie ocenić realną dokładność wykonanej ortofotomapy. Nie ulega jednak wątpliwości, że dzięki systemowi PPK liczbę fotopunktów mogliśmy istotnie zmniejszyć.

Nalogy wykonaliśmy 18 i 20 kwietnia br. Nasze przypuszczenia potwierdziły się i lockdown rzeczywiście nam sprzyjał. Przez dwa dni nie mieliśmy okazji zobaczyć żadnego startującego czy lądującego samolotu pasażerskiego. W latach ubiegłych ich obecność bardzo utrudniała nam wykonywanie zdjęć, ale dostarczała też wielu niesamowitych wrażeń.

W trakcie prac okazało się jednak, że nie my jedyni korzystamy z czasu ograniczeń związanych z COVID-19. Swoje umiejętności z zakresu podejścia do lądowania oraz startu z płyty lotniska

szlifowali piloci awionetek z okolicznych aeroklubów. Wprawdzie ich obecność i częstotliwość lotów znacznie mniej utrudniały nam wykonanie zdjęć niż regularne loty samolotów pasażerskich w latach ubiegłych, ale wpłynęły na liczbę koniecznych nalogów, których liczba ostatecznie wzrosła z 8 do 13.

• Przetworzenie danych

Niezwłocznie po wykonaniu zdjęć przystąpiliśmy do opracowania pozyskanego materiału. Projekt aerotriangulacji oraz ortofotomapa powstały w oprogramowaniu UAS Master firmy Inpho/Trimble. Podczas mozaikowania zwracaliśmy uwagę, aby linie łączące poszczególne ortobrazy nie powodowały niezgodności geometrycznych takich obiektów, jak budynki, wiadukty czy samoloty stacjonujące na lotnisku. Nie chcieliśmy dopuścić do sytuacji, w której kadłuby statków poprzecinane liniami mozaikowania nie tworzą geometrycznych całości. Nie

bez znaczenia były też walory estetyczne.

Zadanie to było ułatwione ze względu na stosunkowo duży rozmiar pikselela terenowego ortofotomapy (GSD 5 cm). W celu uzyskania jak najlepszego efektu końcowego NMT zastosowany podczas generowania ortobrazów został uzupełniony o linie strukturalne (tzw. *breaklines*) pozyskane stereoskopowo na fotogrametrycznej stacji 3D. Dzięki temu uzyskaliśmy poprawne przekształcenie zdjęć wiaduktów otaczających teren portu do postaci ortobrazów, a finalnie poprawną geometrycznie ortofotomapę.

• Wyzwania nam niestraszne

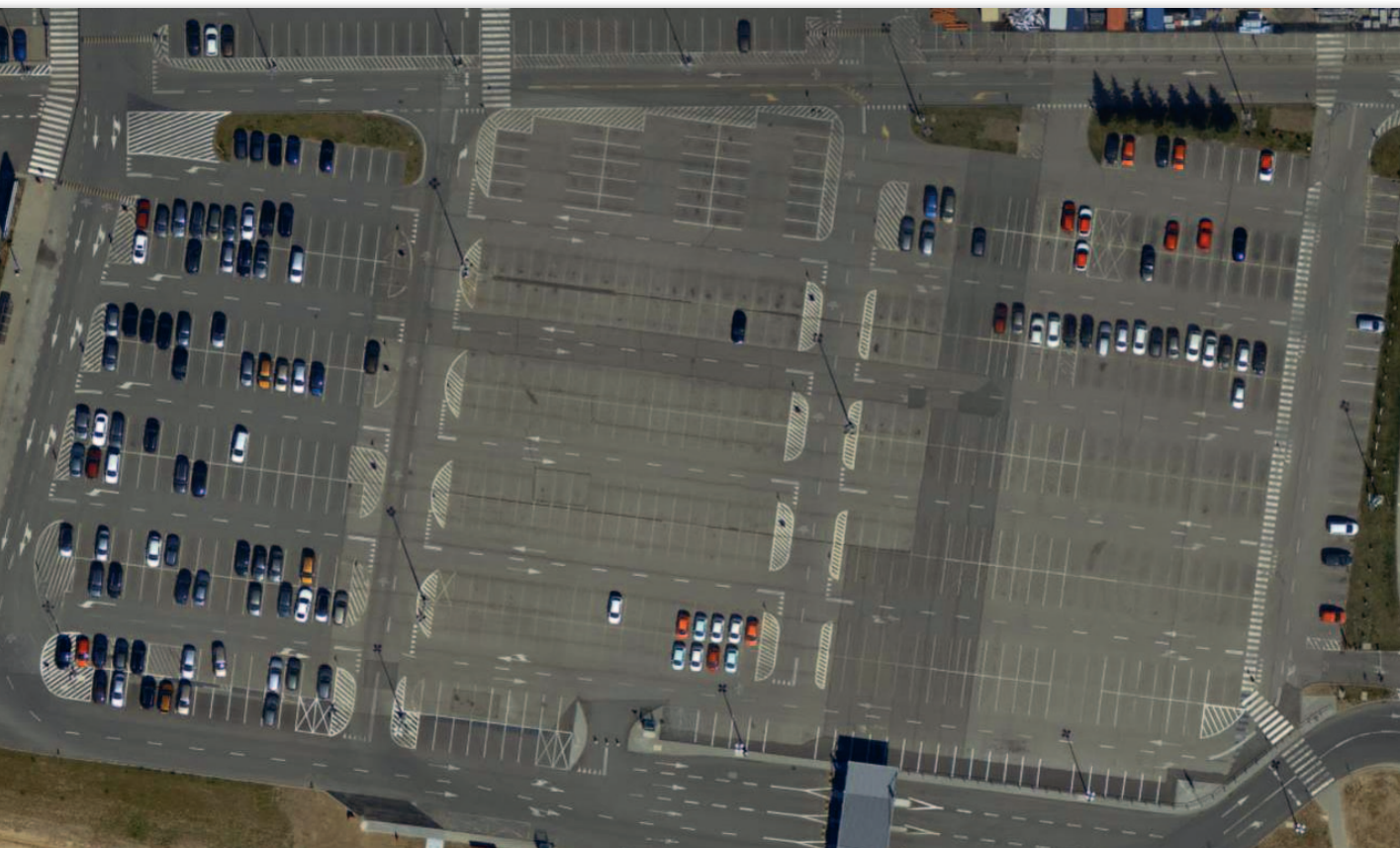
Z powodów, o których pisałem wcześniej, nie traktowaliśmy tego zadania jako innowacyjne czy pionierskie. Trzeba jednak podkreślić, że każdy lot w CTR lub bezpośrednio nad portem lotniczym jest wyjątkowym wyzwaniem.

Jest to praca bardzo czasochłonna ze względu na wy-

magające procedury. Niekiedy trzeba czekać cierpliwie kilka godzin, aby zrealizować 20 minut lotu w związku z intensywnym regularnym ruchem lotniczym oraz lotami nieregularnymi (np. typu „cargo”). Czasami trzeba zakończyć wykonywanie zdjęć po kilku minutach ze względu na niespodziewany lot samolotu wojskowego. To wszystko uczy pokory i cierpliwości, ale daje też – poza zwykłymi korzyściami biznesowymi – dużą satysfakcję.

Przy okazji takiego zadania nasuwają się też inne, niegeo-dezyjne spostrzeżenia. Pasażerski ruch lotniczy w Polsce jest mało zróżnicowany i stosunkowo ubogi. Trudno wyobrazić sobie realizację takiego projektu na dużym lotnisku w Paryżu czy w Londynie. Byłoby to z pewnością nie lada wyzwanie. Ale czy my, geodeci, nie jesteśmy – może na przekór opinii o nas – na tyle innowacyjni, aby takiemu zadaniu sprostać?

Mirosław Guzik
Geoxy



Fragmenty finalnej ortofotomapy: parking lotniska...



...oraz miejsce postojowe samolotów

Doświadczenia spółki Fotoraporty w wykorzystaniu bezzałogowych statków powietrznych

Wzdłuż dróg i kolei

Geodezyjna obsługa inwestycji liniowych stawia przed geodetami liczne wyzwania. Jest poligonem doświadczalnym dla technologii optymalizujących wiele zadań pomiarowych, w tym dla fotogrametrii.

W nalotach fotogrametrycznych nad obiektami liniowymi świetnie sprawdzają się bezzałogowe statki powietrzne (BSP). Są przydatne zarówno w cyklicznych pomiarach niewielkich fragmentów placu budowy, jak i inwentaryzacjach wielkoobszarowych inwestycji

w bardzo krótkim czasie. BSP w dużo mniejszym stopniu niż samoloty załogowe są ograniczane przez warunki meteorologiczne i trudną do przewidzenia aktywność w różnych strefach przestrzeni powietrznej. Misje bezzałogowe daje się łatwo dostosować do tych warunków m.in. poprzez do-

bór odpowiedniej platformy, zwiększenie liczby dronów wykonujących nalot czy start w optymalnym momencie.

W spółce Fotoraporty przygodę z technologią bezzałogową rozpoczęliśmy w 2014 roku, a przez kolejne lata rozwijaliśmy działalność w obszarze geoinformatyki. Obecnie świadczymy usługi z zakresu pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych przestrzennych. Fotogrametria niskopułkowa pozostała jednak ważną częścią naszej działalności.

W niniejszym artykule podzielimy się naszymi doświadczeniami z wykorzystania BSP w zakresie wsparcia geodezyjnej obsługi budowy na przykładzie dwóch inwestycji. Pierwszą jest modernizacja linii kolejowej nr 7 Warszawa – Lublin na odcinku Dęblin – Lublin, dla której w 2018 roku pozyskiwaliśmy cyklicznie dane fotogrametryczne. Druga analiza zowana inwestycja to budowa drogi ekspresowej S8 od wę-

zła Marki do węzła Kobyłka (fot. powyżej); tutaj nadal realizujemy obsługę fotogrametryczną.

Oba przedsięwzięcia łączy to, że ich wykonawcy w pewnym momencie odstąpili od dalszej realizacji prac, pozostawiając inwestora z pustym placem budowy. W przypadku linii kolejowej naszym zleceniodawcą był inwestor, czyli PKP PLK, a głównym zadaniem – inwentaryzacja placu budowy na potrzeby rozliczeń z podwykonawcami i przygotowania nowego przetargu. Na budowie drogi ekspresowej we współpracy z zaprzyjaźnioną firmą geodezyjną Geozet z Siedlec świadczymy usługi dla nowego wykonawcy – spółki Strabag.

• Zanim przystąpimy do nalotów

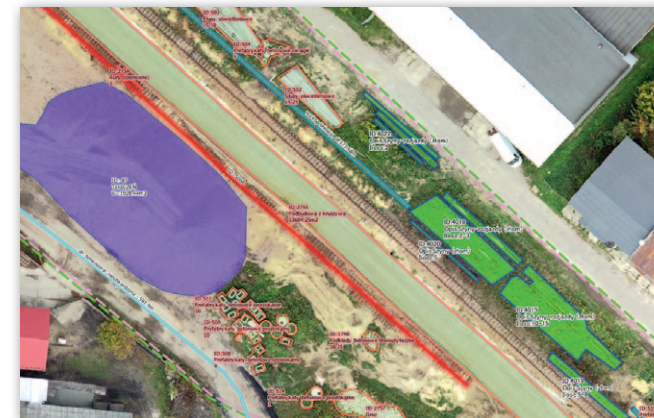
BSP nie jest narzędziem pomiarowym samym w sobie – to wyłącznie nośnik sensora, w naszym przypadku kamery. Wobec tego parametry ja-

kościowe i dokładnościowe opracowań fotogrametrycznych uzyskanych na podstawie zdjęć z drona i platform załogowych zależą od tych samych czynników. Nie wolno o tym zapominać zarówno na etapie przygotowania prac terenowych i fotolotniczych, jak i podczas przetwarzania danych obrazowych.

Planując naloty fotogrametryczne, zawsze dobieramy parametry zdjęć do konkretnych potrzeb i charakterystyki danego zadania (rozmiaru i kształtu obszaru do obfotografowania czy struktury przestrzeni powietrznej). Jeżeli chodzi o rozdzielczość terenową (Ground Sampling Distance, GSD), to nasze opracowania prawie zawsze mieszczą się w przedziale od 1 do 5 cm. Oczywiście im mniejszy piksel, tym większe możliwości interpretacyjne obrazów lotniczych.

Jednocześnie pogoń za coraz niższym GSD może mieć negatywny wpływ na wyniki aerotriangulacji (szczególnie wysokościowej) lub niepotrzebnie zwiększać liczbę koniecznych do zamarkowania w terenie fotopunktów. Należy pamiętać, że większość opracowań fotogrametrycznych jest z góry obciążona kilkucentymetrowym błędem wynikającym z nawiązywania do fotopunktów lub uzyskania georeferencji przy użyciu metody GNSS RTN (za pomocą odbiornika zamontowanego na dronie). W opisywanych pracach pozyskaliśmy zdjęcia lotnicze o GSD = 3 cm, co zazwyczaj jest kompromisem między szczegółowością i dokładnością opracowania a kosztem pozyskania danych fotolotniczych.

Dla zapewnienia jak najwyższej jakości dostarczanych przez nas produktów wykonujemy kalibrację wszystkich wykorzystywanych kamer. W ubiegłym roku w siedzibie naszej firmy założyliśmy specjalistyczne pole testowe (rys. 1). Składa się ono z kilkudziesięciu



Rys. 2. Zinwentaryzowane obiekty placu budowy linii kolejowej nr 7 na tle ortofotomapy

znaczków fotogrametrycznych, których położenie wyznaczaliśmy w drodze ścisłego wyrównania przestrzennego wielokrotnych obserwacji tachymetrycznych z dokładnością do 0,2 mm.

• Inwentaryzacja

Plac budowy linii kolejowej nr 7 o powierzchni około 20 km² był przez nas cyklicznie monitorowany w ramach większego zlecenia. To właśnie dzięki często aktualizowanemu produktom fotogrametrycznym inwestor odpowiednio wcześniej odkrył brak postępów prac. Po przerwaniu inwestycji spółka PKP PLK oczekiwała odwzorowania stanu budowy na materiale fotograficznym, na bazie którego następnie przygotowaliśmy szczegółowy raport inwentaryzacyjny. Mimo że zrealizowaliśmy już wiele mniejszych opracowań w ramach tego przedsięwzięcia, to ten ostatni nalot był

dla nas nie lada wyzwaniem. Decyzja o jego przeprowadzeniu zapadła niemal z dnia na dzień, a dane fotolotnicze musiały zostać pozyskane w jak najkrótszym czasie. Zaangażowaliśmy siedmiu niezależnych operatorów UAV, co pozwoliło na zebranie w ciągu zaledwie 2 godzin całości materiału dla linii o długości 70 km w 300-metrowym pasie.

Wynik naszych prac, czyli raport inwentaryzacyjny (rys. 2), obejmował m.in.:

- 235 580 m³ materiałów sypkich składowanych na 363 hałdach różnicowanej wielkości,
- 6,798 mln sztuk betonowych prefabrykatów peronowych w ponad 100 lokalizacjach,
- 311 sztuk szpul kabli w 25 lokalizacjach,
- 503 m³ wyciętego drewna w 35 lokalizacjach,
- 1198 sztuk prefabrykowanych fundamentów słupów

trakcyjnych w 200 lokalizacjach,

• 197 liniowych wykopów o łącznej długości prawie 18 km.

Pszczegółne obiekty były inwentaryzowane na podstawie ortofotomapy, numerycznego modelu terenu, gęstej chmury punktów uzyskanej z dopasowania obrazów lub stereoskopowo. A ponieważ obiektów były tysiące, opracowaliśmy na potrzeby tego zlecenia wiele autorskich rozwiązań informatycznych automatyzujących pozyskiwanie danych geometrycznych i atrybutowych. Dzięki temu ograniczyliśmy liczbę błędów ludzkich do absolutnego minimum, oczywiście poddając ostateczne wyniki wnikliwej weryfikacji.

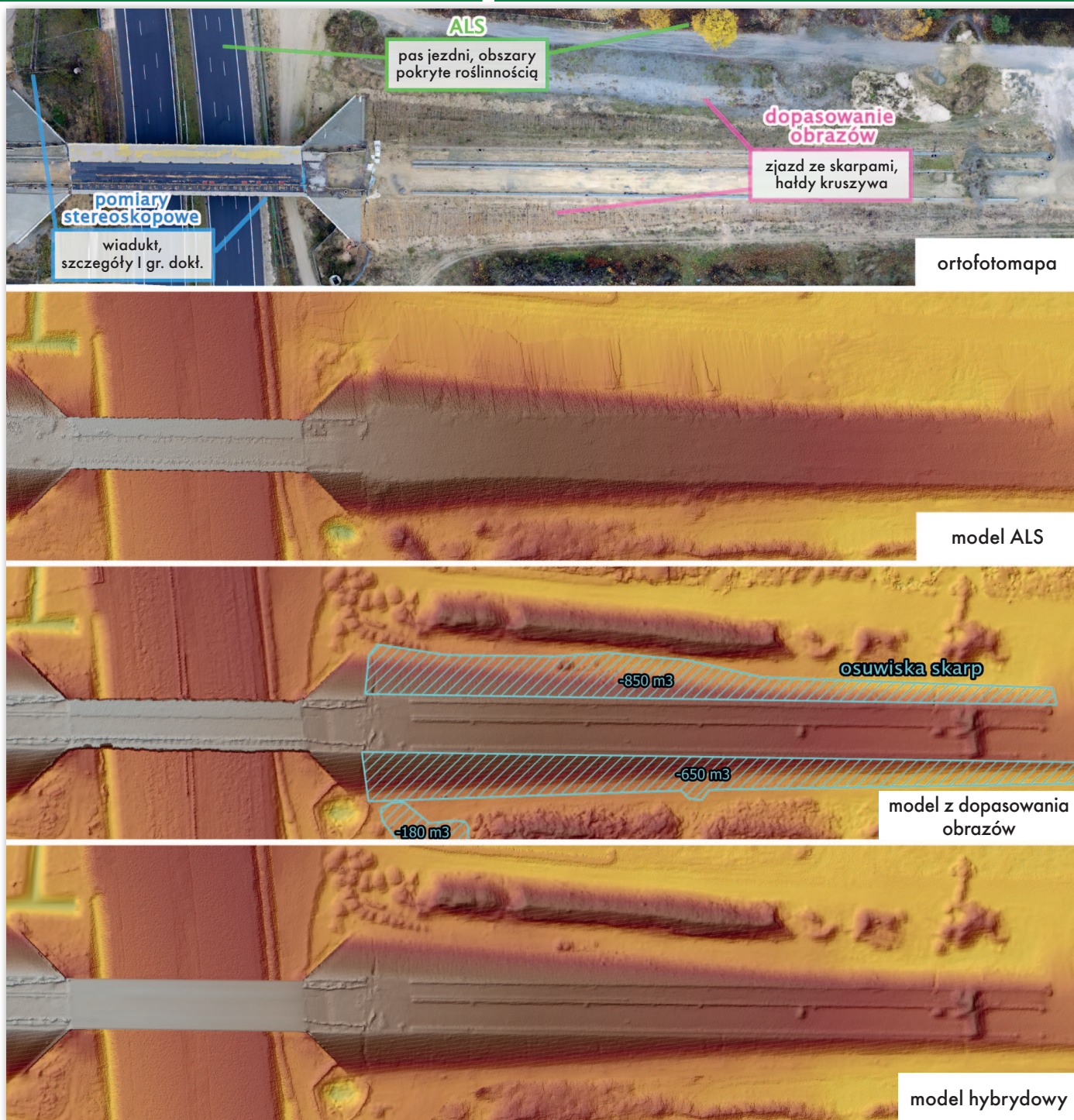
• Metody pozyskiwania danych do NMT

Z kolei inwentaryzacja placu budowy drogi ekspresowej, poza opracowaniem standardowej ortofotomapy (GSD = 3 cm), wymagała także przygotowania numerycznego modelu terenu. Był on następnie wykorzystywany przez projektantów generalnego wykonawcy jako rejestracja stanu zerowego, czyli zastanego w chwili przejścia placu budowy.

Prace nad modelem terenu rozpoczęliśmy od analizy porównawczej pomiarów wykonanych różnymi metodami (patrz tabela poniżej). Zesta-

Porównanie wyników pomiarów wysokościowych wykonanych różnymi metodami

Typ obiektu	Punkt	Wysokość [m]			
		Pomiar klasyczny	Pomiar stereoskopowy	Gęste dopasowanie obrazów	ALS
Asfalt	1. krawężń jezdni	85,29	85,24 (-0,05)	85,29 (0,00)	85,23 (-0,06)
	2. krawężń jezdni	84,93	84,88 (-0,05)	84,88 (-0,05)	84,9 (-0,03)
	3. narożnik schodów	85,30	85,34 (+0,04)	85,37 (+0,07)	85,35 (+0,05)
	błędy średnie	-	0,05	0,05	0,05
Niska roślinność	4. krawężń rowu	84,90	84,85 (-0,05)	84,75 (-0,15)	84,86 (-0,04)
	5. dół skarpy nieumocnionej	85,00	85,04 (+0,04)	85,19 (+0,19)	85,06 (+0,06)
	6. dół skarpy nieumocnionej	85,10	85,16 (+0,06)	85,33 (+0,23)	85,18 (+0,08)
	błędy średnie	-	0,05	0,19	0,06
Wysoka roślinność	7. rzędna terenu	85,20	85,46 (+0,26)	85,68 (+0,48)	85,38 (+0,18)
	8. rzędna terenu	85,29	85,47 (+0,18)	85,70 (+0,41)	85,31 (+0,02)
	9. rzędna terenu	85,35	85,46 (+0,11)	85,88 (+0,53)	85,38 (+0,03)
	błędy średnie	-	0,19	0,48	0,11



Rys. 3. Ortofotomapa i modele terenu dla fragmentu obszaru opracowania

wiliśmy wysokości uzyskane z klasycznych pomiarów naziemnych, archiwalnego lotniczego skanowania laserowego (ALS) oraz własnych opracowań fotogrametrycznych (z pomiaru stereoskopowego i gęstego dopasowania obrazów). W przypadku powierzchni utwardzonych i niskiej roślinności dokładność pomiarów stereoskopowych jest porównywalna z ALS. Zestawienie błędów średnich dla

niskiej i wysokiej roślinności pokazuje wyraźny spadek dokładności gęstego dopasowania obrazów względem pozostałych metod. Na terenach pokrytych wysoką roślinnością tylko dane ALS generują wyniki zbliżone do pomiarów naziemnych, natomiast próby modelowania rzeźby terenu wyłącznie na podstawie zdjęć (nawet stereoskopowo) nie przynoszą satysfakcjonujących rezultatów.

• Model na podstawie fuzji danych

Przeprowadzona analiza pozwoliła nam na zbudowanie możliwie najdokładniejszego i najbardziej szczegółowego modelu terenu poprzez zaawansowaną fuzję danych z różnych źródeł.

Automatycznie wygenerowana z gęstego dopasowania zdjęć chmura punktów nie pozwala na uzyskanie po-

prawnego NMT dla terenu pokrytego roślinnością, ale sprawdzi się na otwartych przestrzeniach i utwardzonych powierzchniach. Dlatego w opracowaniu dla drogi ekspresowej chmurę ze zdjęć wykorzystaliśmy m.in. do weryfikacji aktualności danych ze skanowania laserowego na obszarach niepokrytych roślinnością. Porównanie modeli z dopasowania obrazów i ALS wykazało np.

występowanie niezabezpieczonych osuwisk i niedokończonych skarp.

Bardzo pracochłonne okazało się wykonanie pomiarów stereoskopowych. Z wykorzystaniem fotogrametrycznej stacji 3D StereoCAD oraz wyrównanej sieci zdjęć pomierziliśmy ponad 100 tys. pikiet (nie mylić z punktami wygenerowanymi automatycznie metodą gęstego dopasowania obrazów). Posłużyły one do narysowania wszystkich linii szkieletowych terenu oraz większości szczegółów I grupy dokładnościowej, zwłaszcza w bezpośrednim sąsiedztwie pasa drogowego. Dodatkowo obserwacje stereoskopowe wykorzystaliśmy do weryfikacji poprawności pozostałych źródeł danych wysokościowych.

Hybrydowy model terenu (rys. 3) wzbogacony liniami nieciągłości powstał w wyniku fuzji danych ALS, chmury punktów z gęstego dopasowania obrazów oraz obserwacji stereoskopowych. Dane ALS wykorzystaliśmy dla powierzchni jezdni oraz obszarów pokrytych niską i wysoką roślinnością. Dla takich obiektów jak zjazdy z wiadukami, skarpy czy hałdy kruszywa, które częściowo zmieniły rzeźbę terenu, przyjęliśmy punkty z gęstego dopasowania obrazów. Dla większości obiektów I grupy dokładnościowej (krawężniki, umocnione dna cieków, ściany oporowe itp.) zastosowaliśmy pomiar stereoskopowy.

Na podstawie opracowanych produktów fotogrametrycznych (ortofotomapy i NMT) jesteśmy w stanie wspierać zespół geodezyjny obsługujący budowę w codziennych obowiązkach, takich jak pomiary objętości mas ziemnych czy powierzchni umocnień skarp. Oczywiście wymienione produkty w razie konieczności podlegają lokalnej lub całokrajowej aktualizacji. Ortofotomapa, model terenu oraz obserwacje stereoskopowe są wystarczające do pozys-



Rys. 4. Aplikacja webGIS na urządzeniu mobilnym

kiwania trójwymiarowych współrzędnych większości szczegółów terenowych placu budowy.

• Udostępnianie danych

Realizując projekty na zlecenie różnych klientów (jednostek samorządu terytorialnego, firm projektowych, wykonawców prac budowlanych, geodetów), zdajemy sobie sprawę, jak ważny jest pozornie najłatwiejszy etap zlecenia – dostarczenie danych zamawiającemu. Szczególnie w przypadku dużych inwestycji, gdzie uczestnikami procesu budowlanego jest wiele podmiotów, często zatrudniających dziesiątki pracowników, tworzenie kopii danych dla każdego z nich byłoby niezwykle uciążliwe. Spełniając oczekiwania coraz większej liczby odbiorców danych przestrzennych, poza fizyczną kopią danych (rastrów, chmur punktów, modeli 3D), dostarczamy również usługi WMS, dedykowane geoportale, rozwiązania chmurowe oraz aplikacje na urządzenia mobilne.

W przypadku opisywanych projektów dane fotogrametryczne zostały udostępnione w aplikacji webGIS, która sta-

nowi wygodną płaszczyznę komunikacji dla inwestora, wykonawcy, projektanta oraz specjalistów z różnych branż. Dodatkowym atutem programu jest jego wersja na urządzenia mobilne (rys. 4), dzięki której z udostępnionych danych mogą również korzystać pracownicy terenowi, w tym geodeci.

Niejednokrotnie opracowanie metody udostępniania danych w sposób satysfakcjonujący klientów pochłania więcej czasu niż sam proces generowania produktów fotogrametrycznych. Wymaga to poszerzenia umiejętności programistycznych i tworzenia autorskich rozwiązań geoinformatycznych.

• Umiejętne wykorzystanie

W artykule przedstawiliśmy tylko część prac, które realizowaliśmy na zlecenie inwestora, wykonawcy prac budowlanych czy zespołu geodezyjnego odpowiedzialnego za obsługę inwestycji. Niewątpliwie zdjęcia fotogrametryczne pozyskane z wykorzystaniem BSP mają duży potencjał. Jako zespół doświadczonych inżynierów staramy się uświadamiać swoim klientom, że pomia-

ry fotogrametryczne są metodą szybką, bezinwazyjną, a w wielu przypadkach równie dokładną jak pomiary klasyczne. Duża popularność „dronowej fotogrametrii” (napędzana dostępnością coraz prostszego w obsłudze oprogramowania) może jednak doprowadzić do zrażenia się klientów do tej technologii, jeśli dostarczone produkty nie będą poparte rzetelną i profesjonalną analizą dokładności.

Jednocześnie walczymy z coraz częściej wyrażanym przekonaniem, że pomiary z wykorzystaniem dronów wyprą te naziemne praktykowane od lat. Mając świadomość istniejących ograniczeń, sądzimy jednak, że umiejętne wykorzystanie BSP na placu budowy pozwoli realizować coraz więcej zadań pomiarowych związanych z geodezyjną obsługą inwestycji, a także wiele dodatkowych usług, dotychczas niedostępnych finansowo, jak np. zliczanie składowanych materiałów.

Adam Salach, Jan Sawicki,
Michał Choromański,
Karolina Woźniak
Fotoraporty Sp. z o.o. z Warszawy

Artykuł został opublikowany w GEODECIE 6/2020

Drony istotnym narzędziem w firmach geodezyjnych – analiza przydatności

W poszukiwaniu zastosowań

Warszawska firma SkySnap już od ponad 5 lat zajmuje się rozwiązaniami wykorzystującymi dane pozyskane z dronów. Bazując na swoim doświadczeniu, spółka przekonuje, że bezzałogowiec to pełnoprawne narzędzie w pracy geodety.

Do niedawna fotogrametria lotnicza była domeną samolotów załogowych wynoszących w powietrze wyspecjalizowane sensory (kamery fotogrametryczne, skanery LiDAR) o wadze kilkudziesięciu kilogramów. Szybki rozwój technologii i postępująca miniaturyzacja urządzeń doprowadziły jednak do zmiany status quo. Mamy tu na myśli m.in. drony do zastosowań cywilnych, coraz mniejsze i lżejsze kamery cyfrowe, dokładne systemy pozycjonowania oraz zaawansowane algorytmy widzenia maszynowego (*computer vision*). Dzięki tym składowym fotogrametria lotnicza przestała być uzależniona od drogiego sprzętu. Coraz popularniejsza w branży geodezyjnej staje się fotogrametria, która wykorzystuje na szeroką skalę drony.

W firmie SkySnap od lat wykonujemy m.in. cykliczne pomiary objętości hałd kruszywa dla kilkunastu wytwórni mas bitumicznych oraz monitorujemy co miesiąc budowę ponad 100 km dróg na terenie całej Polski. W ostatnim czasie z wykorzystaniem pomiarów z dro-

na realizowaliśmy również projekt polegający na inwentaryzacji 600 km linii energetycznych.

• Użycie dronów, a nowe standardy

Nowe rozporządzenie w sprawie standardów geodezyjnych nie narzuca geodetom konkretnych metod pomiarowych. Wybór technologii, która pozwoli osiągnąć określone w rozporządzeniu dokładności, pozostaje w gestii kierownika prac geodezyjnych.

Aby przekonać sceptyków oraz zachęcić do fotogrametrii z niskiego pułapu osoby, które nie miały kontaktu

z bezzałogowcami, przedstawimy tu analizę dokładności pomiarów, które uzyskaliśmy w wyniku opracowania fotogrametrycznego zdjęć z drona. Wyniki porównaliśmy z mapą do celów projektowych wykonaną na podstawie pomiarów klasycznych na potrzeby przebudowy drogi wojewódzkiej. Analiza dotyczyła wybranych elementów zagospodarowania terenu. Pole testowe to obszar o powierzchni 30 hektarów, na którym znajdują się m.in.: fragment drogi wojewódzkiej, tory kolejowe, wiadukt, budynki mieszkalne, tereny pokryte gęstą roślinnością, sieć uzbrojenia terenu, słupy oraz linie energetyczne.

Tabela 1. Podstawowe parametry wykonywanego lotu testowego

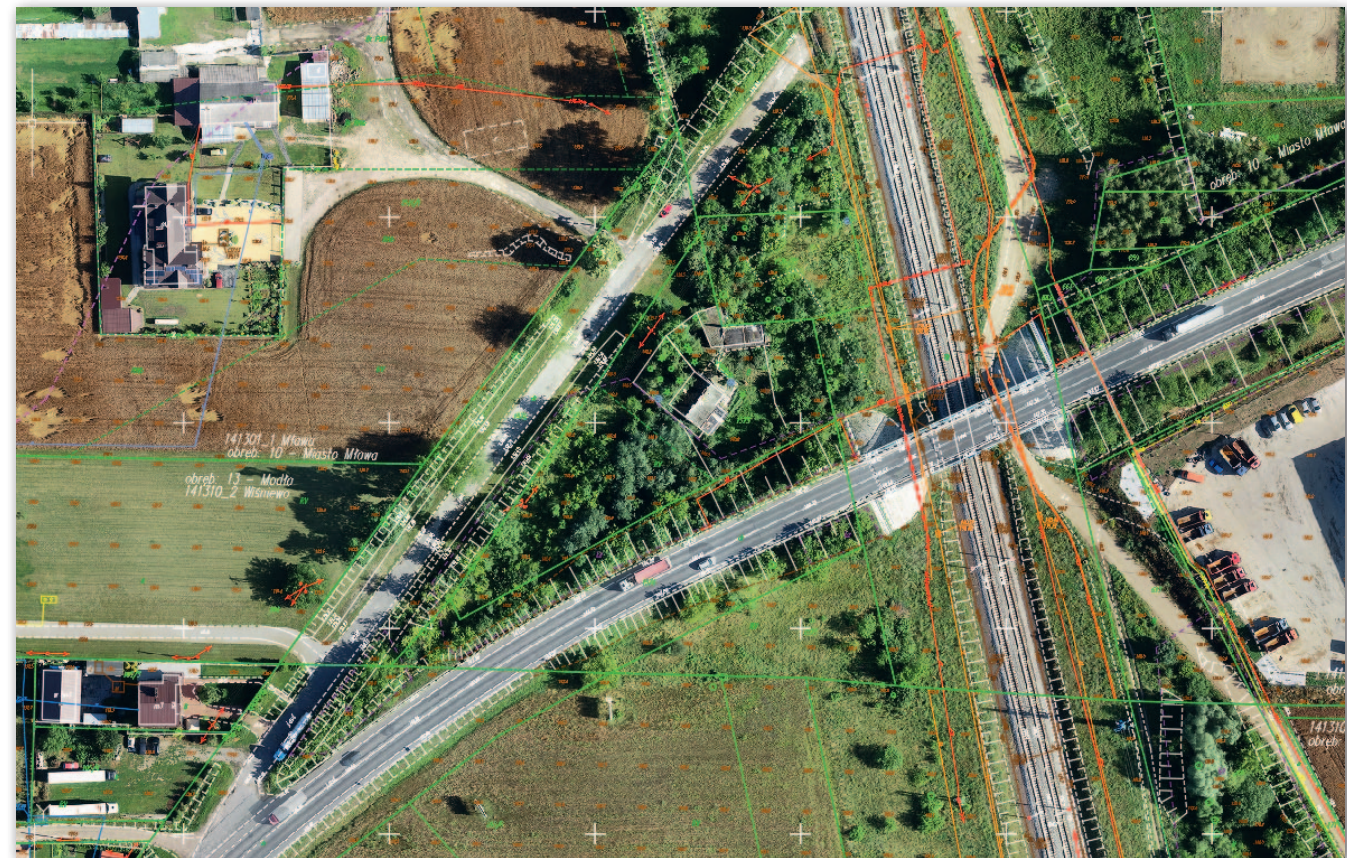
Bezzałogowy statek powietrzny	DJI Phantom 4 RTK
Wysokość lotu	100 m
GSD	0,03 m
Pokrycie zdjęć podłużne/poprzeczne	75%/70%
Kąt pochylenia kamery	-90° (nadir)
Pomiar fotopunktów	odbiornik GNSS RTK
Liczba fotopunktów/punktów kontrolnych	4/9
Postprocessing zdjęć	Pix4Dmapper

• Pozyskanie i obróbka danych terenowych

Pierwszym etapem pracy przy wykonywaniu nalogów fotogrametrycznych dronem jest analiza stref powietrznych występujących na obszarze opracowania. Należy się upewnić, czy w danym miejscu możliwe są loty, a jeśli tak, to na jakich warunkach. W przypadku naszego opracowania na wysokości, na której zaplanowaliśmy nalog, nie było żadnych ograniczeń.

Następnie należy tak zaprojektować parametry lotu, aby dron zebrał pożądane przez nas dane, odpowiednie dla realizowanego celu. W opisywanym przypadku był to lot pod wykonanie ortofotomosaiki. Fazę przygotowawczą kończy zaprojektowanie rozmieszczenia osnowy fotogrametrycznej (fotopunktów, punktów kontrolnych). My zdecydowaliśmy się na 13 punktów osnowy rozmieszczonych równomiernie na obszarze całego opracowania.

Po wykonaniu powyższych czynności należy zaplanować wyjazd w teren, biorąc pod uwagę warunki pogo-



Obszar testowy – ortofotomosaika z nałożoną mapą do celów projektowych

dowe, które są kluczowym czynnikiem wpływającym na powodzenie misji fotogrametrycznej (brak opadów, prędkość wiatru < 10-15 m/s). Kolejny etap to wyjazd w teren, sygnalizacja i pomiar fotopunktów, a następnie wykonanie nalogu. Do biura wracamy z podstawowym zestawem danych pozwalających na późniejsze prawidłowe opracowanie produktów końcowych: zdjęciami z określonej pozycji ich wykonania oraz wynikami pomiaru osnowy fotogrametrycznej w formie punktów pomiarowych.

W programie fotogrametrycznym wykonujemy wyrównanie bloku zdjęć oraz oznaczamy punkty osnowy fotogrametrycznej na zdjęciach. Jest to kluczowy etap opracowania, na podstawie którego jesteśmy w stanie w kolejnych krokach wygenerować finalne produkty fotogrametryczne. Wtedy też możemy ocenić dokładność opracowania. W opisywanym przypadku dane zostały przetworzone w programie Pix4Dmapper. Dokładność opracowania okreś-

lono na podstawie 9 punktów kontrolnych zasygnalizowanych w terenie. Błędy RMS na tych punktach wyniosły w płaszczyźnie XY średnio 1,7 cm z odchyleniem standardowym 1,5 cm, a dla osi Z 2,3 cm z odchyleniem standardowym 2,2 cm.

Po tym etapie możemy wygenerować gęstą chmurę punktów. Z niej tworzymy numeryczny model pokrycia terenu w postaci rastra wysokościowego, a następnie z NMPT i zdjęć – finalny produkt, czyli ortofotomosaikę. Oprogramowanie Pix4D-

mapper umożliwia eksport danych wyjściowych w uniwersalnych formatach, dzięki czemu można na nich pracować w programach służących do wykonywania map wektorowych (AutoCAD, MicroStation czy C-GEO) oraz programach typu GIS (np. QGIS, ArcGIS).

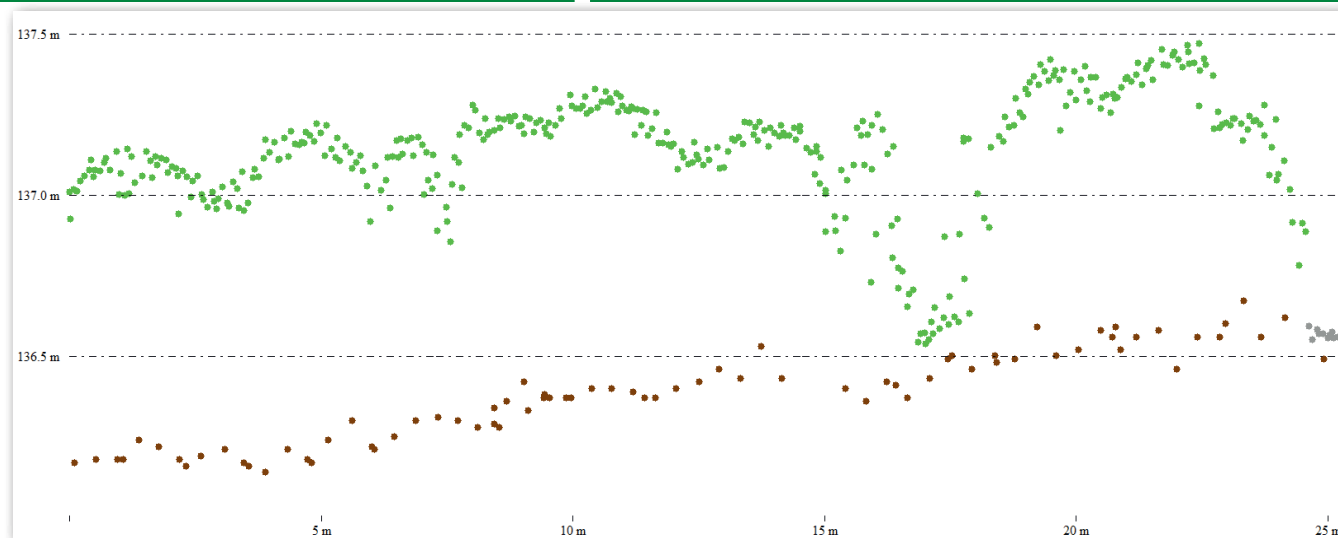
• Analiza porównawcza

Przy wykonywaniu pomiarów i analiz kluczowe jest wyodrębnienie pożądanych przez nas danych. Właśnie na ten etap należy poświęcić najwięcej czasu. Obecnie w zdecydowanej większości przypadków jest to praca manualna, podczas której np. na ortofotomosaice należy zwektoryzować interesujące nas obiekty.

W taki właśnie manualny sposób wykonaliśmy analizy porównawcze tych samych punktów wysokościowych. Wielkości pozyskane z mapy do celów projektowych zestawiliśmy z tymi wyznaczonymi fotogrametrycznym wcięciem w przód na zdjęciach oraz sczytanymi z chmury

Tabela 2. Porównanie wysokości na wybranych punktach pomiarowych [m]

Mierzony element	MdCP	Fotogrametryczne wcięcie w przód	Gęste dopasowanie obrazów
Studzienka wod.-kan.	139,96	140,03 (+0,07)	140,02 (+0,06)
Studzienka wod.-kan.	139,55	139,50 (-0,05)	139,52 (-0,03)
Studzienka telekom.	143,68	143,67 (-0,01)	143,76 (+0,08)
Krawędź jezdni asfaltowej	139,76	139,73 (-0,03)	139,72 (-0,04)
Krawędź jezdni asfaltowej	146,04	146,01 (-0,03)	146,06 (+0,02)
Krawędź drogi gruntowej	137,40	137,42 (+0,02)	137,44 (+0,04)
Krawędź drogi gruntowej	134,00	133,96 (-0,04)	134,07 (+0,07)
Dół skarpy (niska roślinność)	140,30	140,44 (+0,14)	140,55 (+0,25)
Góra skarpy	147,47	147,44 (-0,03)	147,51 (+0,04)
Niska roślinność	133,70	133,75 (+0,05)	133,77 (+0,07)
Średnia roślinność	139,77	139,88 (+0,11)	140,10 (+0,33)
Wysoka roślinność	139,50	139,70 (+0,20)	139,91 (+0,41)
Kładka betonowa	132,30	132,33 (+0,03)	132,34 (+0,04)



Przekrój poprzeczny terenu porośniętego gęstą roślinnością. Punkty zielone – fotogrametria, punkty brązowe – LiDAR

punktów z gęstego dopasowania obrazów. W analizie skupiliśmy się głównie na części wysokościowej mapy ze względu na to, że dokładność XY jest o wiele wyższa. Ponadto najwięcej pytań o wykorzystanie dronów dotyczy właśnie dokładności wysokościowych.

Oczywistym ograniczeniem fotogrametrii, które potwierdza tabela 2, jest brak możliwości penetracji roślinności, niepozwalający na pomiar punktów na gruncie. W tym miejscu warto rów-

nież wspomnieć o dronach wyposażonych w skanery LiDAR, które posiadają możliwość penetracji roślinności. Spotykamy już też drony, które na pokładzie mają zarówno kamerę, jak i skaner.

Materiały fotogrametryczne, takie jak np. ortofotomozajka, mogą posłużyć geodetom na różnych etapach prac, nie tylko do wykonywania samych pomiarów, ale również np. do oszacowania ilości pracy, jaką należy wykonać przy stworzeniu mapy do celów projektowych.

Wywiad terenowy standardowo wykonywany przed pomiarem może być zastąpiony przez analizę danych z drona. Przez proste nałożenie danych wektorowych na wykonaną ortofotomozaikę łatwo wychycimy rozbieżności między danymi geodezyjnymi a aktualnym stanem zagospodarowania terenu.

• Drony wsparciem każdego geodety!

Znając ograniczenia każdej z technik pomiarowych, na-

leży jak najlepiej dopasować narzędzia do konkretnej pracy, aby osiągnąć zamierzony cel najbardziej efektywnie. Wiemy już, że wszystkich elementów, które powinny znaleźć się na mapie do celów projektowych, za pomocą fotogrametrii z dronów nie będziemy w stanie pomierzyć. Natomiast ogromny potencjał drzemie w połączeniu wielu źródeł danych i odpowiednim ich wykorzystaniu. Są prace pomiarowe, które można z powodzeniem wykonać tylko metodami fotogrametrycznymi, a także takie, w których konieczne jest „wsparcie” odbiorników GNSS czy tachimetrów. Fotogrametria z niskiego pułapu stała się już pełnoprawną, choć jeszcze niezbyt popularną technologią pomiarową geodety. Nasuwa się analogia do drogi, na jaką kilkanaście lat temu wkroczyły odbiorniki GNSS, aby finalnie stać się narzędziem, bez którego ciężko się dziś obyć.

Jeśli jesteś zainteresowany wykorzystaniem dronów w geodezji, wejdź na stronę www.skysnap.pl/start, gdzie za darmo pobierzesz dokument, dzięki któremu dowiesz się, jak skutecznie wdrożyć fotogrametrię w swojej firmie.

Przemysław Kapeluszný,
Paweł Wójcik, Krzysztof Urbański,
Konrad Sosnowicz
SkySnap



Rozbieżność usytuowania budynku wykryta na podstawie porównania ortofotomozajki i wektorowej mapy do celów projektowych

Najważniejsze wiadomości co tydzień w Twojej skrzynce



**Zapisz się
na newsletter
Geoforum.pl
geoforum.pl/newsletter**

Doświadczenia firmy RTK System w cyfryzacji procesów w budownictwie

Od BSP do BIM



Dron DJI Matrice 600 Pro i stacja bazowa Emlid Reach RS+

Nasza firma RTK System od 2015 r. szuka nowych rozwiązań technologicznych w zakresie bezzałogowych systemów powietrznych. Szybko jednak okazało się, że to tylko część rewolucji, bo budownictwo w krajach zachodnich wkracza już w nową, cyfrowy wymiar BIM.

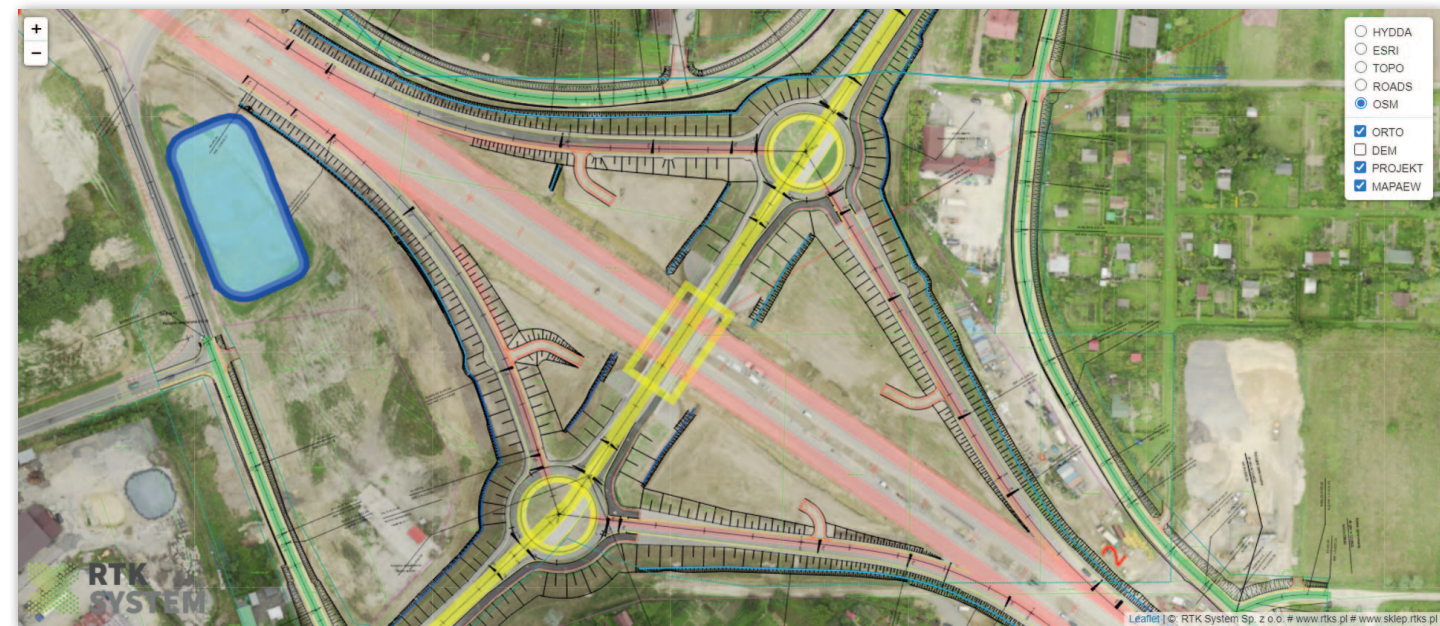
Aspekt czasu w budownictwie infrastrukturalnym zawsze był kluczowy. W typowych kontraktach budowlanych takie kwestie, jak termin zakończenia inwestycji czy możliwe opóźnienia, należą do najważniejszych postanowień. W przypadku zwłoki inwestor zwykle domaga się odszkodowania, a kary stanowią czasem znaczny procent wartości kontraktu.

Ryzyko wystąpienia opóźnień można zminimalizować poprzez efektywne zarządzanie projektem z wykorzystaniem innowacyjnych technologii. Pozwalają one sprawnie zbierać informacje niezbędne do bieżącej realizacji prac i weryfikacji ich postępów, a jeśli zajdzie taka potrzeba – do skutecznego rozstrzygnięcia ewentualnych sporów wynikających z błędnie realizowanych zadań. Rozwiązanie części problemów oferują technologie BSP (bezzałogowe statki powietrzne) oraz BIM (modelowanie informacji o budynkach).

• Drony a BIM

Branża budowlana – zwłaszcza w krajach skandynawskich, USA i Azji – chętnie sięga po drony, czyli BSP, i jest świadoma korzyści płynących z ich użytkowania. Docenia je zwłaszcza podczas fazy prac geodezyjnych, inwentaryzacji, ale także przy inspekcji niedostępnych miejsc lub konstrukcji, monitorowaniu placów budowy itp. Pozyskane przez drony dane wykorzystywane są następnie w cyfrowej przestrzeni do analiz i aktualizacji prac. W Polsce ten trend również zaczyna być widoczny. Wykorzystanie dronów może jednak pójść znacznie dalej: kolejny etap to integracja z procesami BIM.

Drony wyposażone w systemy pomiarowe stają się powszechne we wszystkich czterech fazach procesu inwestycyjnego (tradycyjnego i związanego z BIM-em), tj. projektowania, budowy, eksploatacji i likwidacji. Z pozyskanych zdjęć generowane są w specjalnych aplikacjach



Ortofotomapa udostępniona zamawiającemu z nałożoną mapą ewidencyjną i mapą do celów projektowych

chmury punktów, a następnie trójwymiarowe siatkowe modele. Stanowią one podstawę do modelowania informacji o budynkach. Chmura punktów jest też materiałem wyjściowym do wygenerowania produktów, takich jak numeryczny model pokrycia terenu (NMPT), numeryczny model terenu (NMT) oraz ortofotomapa. Poprawnie opracowana chmura punktów daje możliwość przeprowadzenia wiarygodnych pomiarów odległości, powierzchni i objętości lub analiz 3D (np. porównanie projektu 3D i zrealizowanej inwestycji).

• Kontrola i nadzór

Wraz z wprowadzeniem dronów i technologii BIM w sektorze budowlanym możliwe stało się udostępnianie w czasie rzeczywistym serii ujęć lotniczych i filmów w wysokiej rozdzielczości. Dzięki temu zachowujemy pełną kontrolę nad placem budowy bez konieczności przebywania na miejscu. Chętnie korzystają z tego zlecający, ale również inżynierowie budowy czy inżynierowie ds. ochrony środowiska.

Podczas realizacji jednego z projektów drogowych na podstawie naszych zdjęć z powietrza zidentyfikowano gniazda chronionych gatun-

ków ptaków. Wprawdzie na jakiś czas wstrzymano prace ziemne, jednak dzięki szybkiej reakcji nie wpłynęło to ostatecznie negatywnie na harmonogram budowy.

RTK System od kilku lat realizuje z użyciem dronów m.in. prace nadzorcze przy dużych przedsięwzięciach infrastrukturalnych oraz zlecenia dla firm, które korzystają z naszych opracowań przy wykonywaniu przedmiarów robót i ofert przetargowych. Prace nadzorcze polegają na cyklicznym pozyskiwaniu materiałów fotograficznych i filmowych oraz przygotowywaniu ortofotomap i NMT, które następnie porównywane są z projektem budowy, mapą do celów projektowych oraz mapą ewidencyjną. Analiza takich materiałów pozwala szybko i sprawnie weryfikować postępy prac i ich poprawność (zgodność) z projektem, a także harmonogramem czasowym. Z kolei na etapie projektowania opracowania fotogrametryczne mogą służyć do wyznaczenia pasów technicznych, zaplanowania robót ziemnych i ogólnej oceny terenu.

Zanim przedstawimy kilka naszych wybranych prac, powiedzmy jeszcze nieco o samym sprzęcie, jaki na co dzień wykorzystujemy.

• Dron to nie wszystko

Posługujemy się kilkoma rodzajami bezzałogowych systemów powietrznych. Cykliczne zbieranie zdjęć i filmów do bieżącej weryfikacji postępów odbywa się zazwyczaj z użyciem małych statków wyposażonych w zintegrowaną kamerę – np. DJI Phantom lub DJI Mavic. Są to konstrukcje proste w użyciu, gotowe do pracy w krótkim czasie.

Do prac *stricto* fotogrametrycznych wykorzystujemy sześciowirnikowiec DJI Matrice 600 Pro wyposażony w system precyzyjnego wyznaczania pozycji i środka rzutu zdjęć firmy Emlid (model Reach M+). Zestaw uzupełnia stacja bazowa Emlid Reach RS+ umieszczana na punkcie o znanych współrzędnych. Pozyskane przez nią obserwacje wykorzystywane są w pracach kameralnych do wyznaczania poprawek pozycji drona i georeferencji zdjęć (PPK – *Post Processing Kinematic*) o dokładności zależnej od wielkości piksela terenowego (od 2 do 10 cm). Baza umożliwia również przesyłanie poprawek bezpośrednio do drona drogą radiową (tzw. LoRa) w czasie rzeczywistym i pracę drona w trybie RTK (*Real Time Kinematic*). W trakcie testowania systemu Emlid jed-

noznacznie stwierdziliśmy, że tryb PPK daje dużo lepsze wyniki niż RTK, dlatego w większości przypadków wyliczenia pozycji realizowane są podczas prac kameralnych. Stacja bazowa rejestruje dodatkowo poprawki ze stacji referencyjnej (np. sieci ASG-EUPOS), co umożliwia kontrolę wyników lub skorzystanie z poprawek VRS, gdy jakość danych jest wątpliwa.

Platforma wyposażona jest w aparat pełnoklatkowy o wysokiej rozdzielczości i obiektyw stałogniskowy, zapewniający zadowalającą niezmienną elementów orientacji wewnętrznej, co jest jednym z kluczowych aspektów w fotogrametrii. Nie jest to typowa kamera fotogrametryczna, ale i tak lepsza od tych zintegrowanych z dronami. Cały system umożliwia wykonywanie pomiarów bez konieczności wyznaczania punktów osnowy fotogrametrycznej. Mimo to zawsze mierzymy przynajmniej kilka punktów kontrolnych, które potwierdzają poprawność wyników opracowania. W tym celu wykorzystujemy wielokresowy odbiornik GNSS RTK Emlid RS2. W przypadku nalogów liniowych i dużych deniwelacji terenu w procesie wyrównania „dokładamy” jeden lub kilka fotopunktów (GCP – *ground control point*),

aby osiągnąć wymaganą dokładność wysokościową.

• Łatwiej na obwodnicy

Jednym z projektów infrastrukturalnych, w których braliśmy udział, była budowa obwodnicy (w ciągu drogi ekspresowej S17) o długości około 11 km i obszarze nalotu 3,5 km kw. Inwestycja zlokalizowana w terenie zalesionym miała bardzo utrudniony dostęp do internetu i sieci komórkowej. Skutkowało to problemami z wyznaczeniem punktów kontrolnych odbiornikiem GNSS. Urządzenie często traciło łączność z wirtualną stacją referencyjną. Ponieważ nie potrzebowaliśmy osnowy fotogrametrycznej, mogliśmy ograniczyć się do pomiaru kilkunastu punktów kontrolnych zlokalizowanych w miejscach, gdzie zasięg był wystarczający. Georeferencja zdjęć wyznaczana była z użyciem stacji bazowej umieszczonej na punkcie o znanych współrzędnych. Prace terenowe zajęły nam 3 dni (łącznie z pomiarem punktów kontrolnych).

• Kontrola na autostradzie

Dokładność naszych opracowań sprawdzaliśmy wielokrotnie, a najlepszym przykładem będzie pomiar fotogrametryczny realizowany podczas przebudowy autostrady A6. Na odcinku o długości 3,5 km (powierzchnia nalotu 1 km kw.) wyznaczaliśmy współrzędne 55 punktów kontrolnych. Ortofotomapa z pikselem terenowym 3 cm wygenerowana bez użycia punktów osnowy charakteryzowała się dokładnością XY na poziomie 4 cm, a Z – poniżej 6 cm.

Przy analizie wyników zauważyliśmy, że korytarz drzew na pewnym odcinku trasy spowodował niewielkie obniżenie dokładności. Po dokładniejszej weryfikacji okazało się, że obserwacje stacji bazowej były tam słabszej jakości, a przez to dokładność georeferencji również spadała. W takim przypadku należało zwiększyć pokrycie zdjęć, aby program miał więcej danych porównawczych w procesie aerotriangulacji, oraz skorzystać z poprawek ASG-EUPOS.

Pomiar punktów kontrolnych oraz nalot dronem zajęły nam dwa dni. Prace kameralne – trzy. Czas ten obejmuje wyliczenie poprawek georeferencji zdjęć, przeliczenie punktów do właściwego układu współrzędnych oraz pracę w programie Agisoft (w tym rozszerzoną analizę dokładności i postprocessing w różnych wariantach). Same obliczenia stacji roboczej trwały poniżej 6 godzin. Korzystamy głównie z aplikacji firmy Agisoft, ponieważ zapewnia ona użytkownikowi kontrolę na każdym etapie pracy.

Gotową ortofotomapę udostępniliśmy zamawiającemu on-line do porównania z projektem. Dzięki naszemu autorskiemu rozwiązaniu cały zestaw danych (zawierający m.in. wspomnianą ortofotomapę, NMT, mapę do celów projektowych i mapę ewidencyjną), choć ważył około 20 GB, można było oglądać na dowolnych smartfonie. Przydaje się ono nie tylko do weryfikacji zgodności prac budowlanych z projektem i harmonogramem prac,

ale również podczas wizji lokalnej.

• Skarpy przy torach

W 2019 r. na zlecenie PKP po raz pierwszy wykonaliśmy NMT, który posłużył do badania osuwisk skarp przy torowisku położonym na terenach pogórnich. Skarpy te są trudno dostępne i ich pomiar z wykorzystaniem technologii GNSS stanowi nie lada wyzwanie. Takie prace bywają również niebezpieczne. Należy pamiętać, że po torach cały czas poruszają się pociągi.

Na potrzeby weryfikacji poprawności naszej pracy równolegle przeprowadziliśmy pomiary z wykorzystaniem odbiornika GNSS. Odcinek testowy miał długość około kilometra. W połowie biegł w wąskim szpalerze drzew, a w połowie wśród łąk porośniętych niskimi trawami. Skarpy pokryte były grubym kruszcem i porośnięte wysokimi, lecz dość rzadkimi trawami. Badaniem objęty został pas o szerokości około 40 m. Zespół złożony z dwóch geo-



Przygotowania do pomiarów na terenie byłej kopalni odkrywkowej

detów pomierzył wzdłuż linii punkty co jeden metr, a także dwa obszary kontrolne osuwisk o powierzchni około 200 m kw. każdy (łącznie wyznaczono tam współrzędne blisko 1000 punktów). Prace trwające dwa dni realizowaliśmy w okresie jesennym przy sprzyjającej pogodzie. Kolejne dwa dni zajęło przygotowanie modelu CAD.

Nalot dronem nad całym odcinkiem wykonała jedna osoba w zaledwie 2 godziny (łącznie ze wstępną weryfikacją na miejscu pobranych danych). Z pozyskanych zdjęć wygenerowaliśmy chmurę punktów, NMPT oraz ortofotomapę z pikselem terenowym 1 cm. Do nalotu wykorzystaliśmy zestaw Matrice 600 Pro z PPK wyposażony w aparat pełnoklatkowy i obiektyw stałogniskowy 35 mm. Z uwagi na niekorzystne dla fotogrametrii warunki terenowe (tj. trawiaste podłoże) przed ostatecznym porównaniem modeli wykonaliśmy dodatkowe przetworzenie chmury punktów w oprogramowaniu Cloud Compare, w efekcie czego powstał NMT.

Wysokościowo różnice między modelami z pomiarów GNSS i ze zdjęć z drona nie przekroczyły 10 cm, dla większości obszaru mieściły się w granicach 7 cm. Dokładność sytuacyjną zweryfikowaliśmy na 10 punktach kontrolnych rozmieszczonych na podkładach kolejowych; średnio błąd wyniósł 3 cm. Taki wynik okazał się satysfakcjonujący i potwierdził przydatność fotogrametrii w tego typu pracach. Ponadto dodatkowe materiały w postaci trójwymiarowego modelu pozwoliły zlokalizować dwa kolejne osuwiska,

które z powodu niekorzystnych warunków terenowych nie były wcześniej uwzględnione w stałej obserwacji.

• Badanie hałd

W naszej codziennej pracy zajmujemy się również pomiarami składów surowców. Jedno ze zleceń dotyczyło hałd znajdujących się na terenie byłej kopalni odkrywkowej. Miejsce to poddawane jest rekultywacji, a pozyskany materiał przetwarza się do celów przemysłowych. 3-4 hałdy tworzące skład surowca zlokalizowane są tuż przy ścianie wyrobiska, gdzie stale pracują ciężkie maszyny. Klasyczne pomiary naziemne, niebezpieczne ze względu na ryzyko osunień, odbywały się do tej pory maksymalnie dwa razy w roku i wiązały się ze wstrzymaniem pracy maszyn na co najmniej jeden dzień. W takich okolicznościach przewaga nowych technologii jest oczywista.

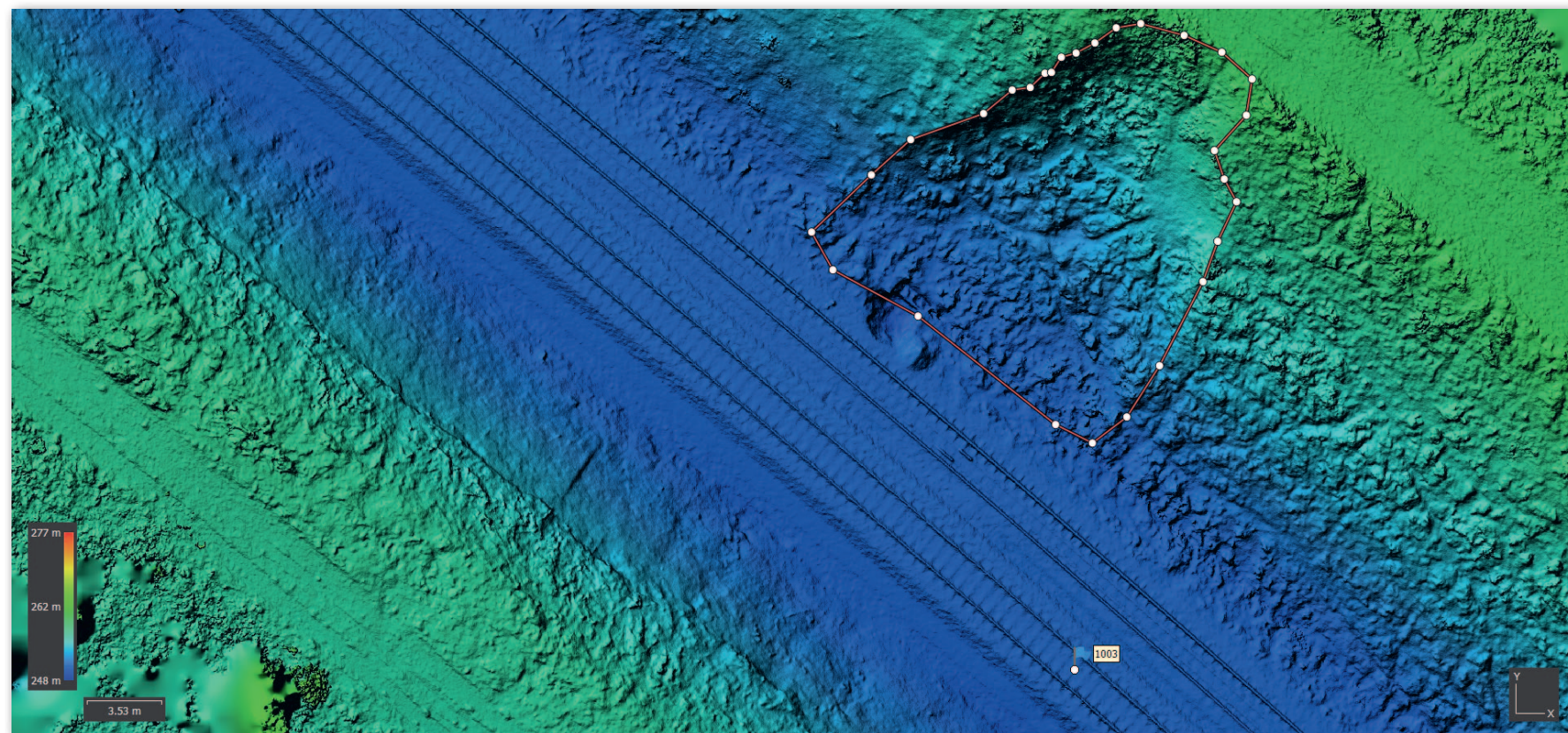
Na potrzeby pierwszego pomiaru bezzałogowcem rozmieściliśmy 10 punktów kontrolnych wokół hałd oraz kilka na ich powierzchni. Standardowo dostarczyliśmy wyniki obmiaru objętości oraz dodatkowo ortofotomapę. Przy przeglądaniu ortofotomapy zauważyliśmy niepokojące zjawisko tuż przy krawędzi wyrobiska. Okazało

się, że skarpa zaczyna pękać. Przesłaliśmy zleceniodawcy zdjęcia i pomiary spękania, dzięki czemu miejsce to zostało w porę zabezpieczone.

• To przyszłość!

Opisane przykłady pokazują, że stosowanie bezzałogowych systemów powietrznych wpływa pozytywnie nie tylko na wizerunek firmy. Pozwala na realizację zadań, którym tradycyjne techniki nie mogą tak łatwo sprostać. Do tego dochodzi szybkość wykonywania prac i zwiększone bezpieczeństwo. Ich niewątpliwą zaletą jest też nieinwazyjność, która pozwala na kontynuację pracy maszyn czy ruchu pociągów. Korzyści nie płyną więc stąd, że nasze usługi są tańsze, bo bywają droższe od wykonywanych tradycyjnymi technikami. Niestety, nadal często spotykamy się z podejściem: „Nasz geodeta zrobi to taniej”. Tylko czy aby na pewno, biorąc pod uwagę podane wyżej argumenty oraz szeroki wachlarz dostarczanych przez nas produktów?! Mamy nadzieję, że czytelnicy podzielą nasze podejście i po przeczytaniu artykułu łaskawiej spojrzą na wykorzystanie bezzałogowców w swoich codziennych pracach.

Patryk Kajdrowicz
RTK System



Zasięg osuwiska przy linii kolejowej zaznaczony na numerycznym modelu terenu (NMT)

Wykorzystanie płatowca Sensefly eBee X do stworzenia cyfrowego modelu miasta Opola

Trójwymiarowe Opole

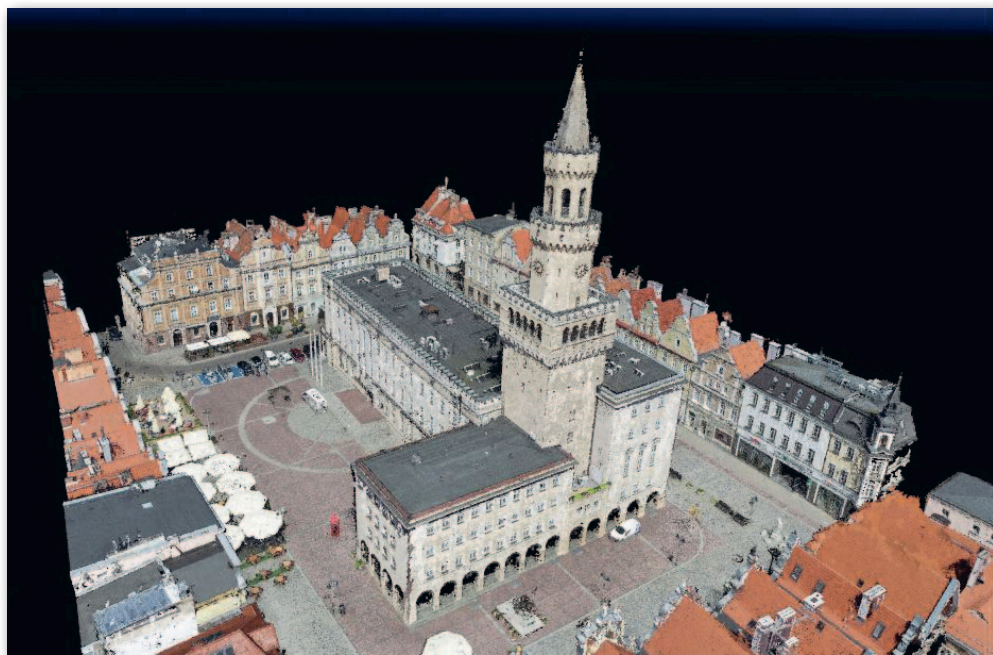
Urząd Miasta Opola zdecydował się w ubiegłym roku na zakup drona. Co skłoniło magistrat do tej inwestycji i jakie przyniosła już korzyści? Na te pytania odpowiadają pracownicy urzędu, którzy wykorzystują bezzałogowca w codziennej pracy.

Zamawiane przez nas dotychczas produkty (ortofotomapy, chmury punktów) spełniały wprawdzie nasze wymogi jakościowe, jednak czas, jaki upływał od ich zamówienia w ramach postępowania przetargowego do dostarczenia, pozostawiał wiele do życzenia. Posiadanie własnego sprzętu pozwala nam szybko reagować na potrzeby chwili, jak np. weryfikacja zasięgu wezbrania rzeki Odry czy przygotowanie aktualnej ortofotomapy do sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

• Jakiej platformy używamy?

Opole, miasto o powierzchni 149 km², to nie lada wyzwanie dla bezzałogowca. Biorąc pod uwagę warunki pogodowe, w ciągu dnia znajdziemy 2-3 godzin równomiernego nasłonecznienia miasta na wykonanie nalołów. Do takiego zadania potrzebny jest wydajny system. Dlatego też zdecydowaliśmy się na płatowca z modułem RTK, który umożliwia mapowanie stosunkowo dużego obszaru w krótkim czasie.

W ogłoszonym przetargu najkorzystniejszym rozwiązaniem okazał się płatowiec szwajcarskiej firmy Sensefly – model eBee X RTK BVLOS z kamerą S.O.D.A 3D. Dron ten pozwala na obfotografowanie około 250-hektarowe-



Opolski rynek w chmurze punktów

go obszaru podczas jednego lotu. Dzięki pozycjonowaniu RTK możemy ograniczyć liczbę markowanych w terenie fotopunktów, a nawet w niektórych przypadkach w ogóle z nich zrezygnować (wtedy kontrolowane są jedynie elementy o znanych już współrzędnych). Bardzo zwiększa to efektywność naszej pracy.

Ważnym kryterium wyboru UAV (*unmanned aerial vehicle*) do naszej pracy była kamera. Producent, jako jedyny na świecie, posiada rozwiązanie przeznaczone do modelowania 3D – kamerę S.O.D.A 3D. Sensor ten zamiast jednego zdjęcia pionowego wykonuje trzy – 1 pionowe oraz 2 ukoś-

ne. Dzięki temu zyskujemy większe pokrycie terenu oraz gęstszą chmurę punktów w takich miejscach, jak elewacje budynków. W obszarze bez gęstej zabudowy można zmniejszyć pokrycie poprzeczne nalołu, gdyż zdjęcia ukośne pozwalają obfotografować znacznie większy obszar. Płatowiec wyposażony jest też w moduł BVLOS do wykonywania misji poza zasięgiem wzroku.

• Postprocessing danych

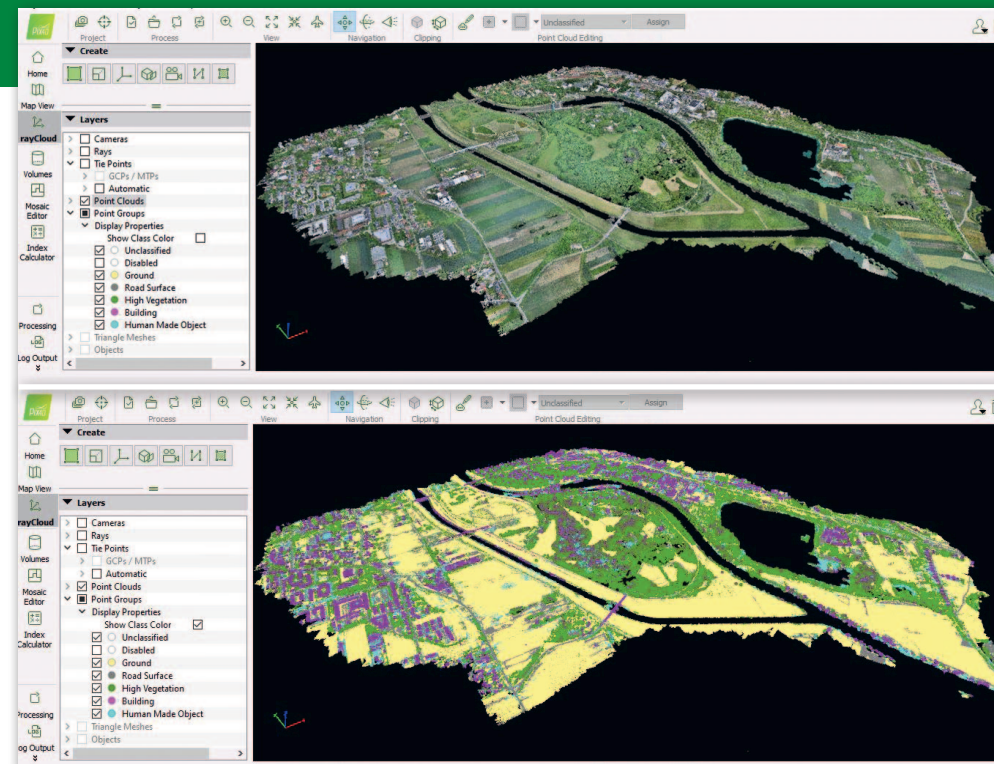
Do przetworzenia danych wykorzystujemy oprogramowanie Pix4Dmapper. Geotagowane zdjęcia (dzięki modułowi RTK oraz strumieniowi popra-

wek ze stacji TPI Opole) mają dobrze zlokalizowane środki rzutów i określone błędy położenia. Obliczenia w programie Pix4D można podzielić na trzy zasadnicze etapy:

- I – tzw. proces inicjalny polegający na wpasowaniu zdjęć wraz z automatycznym określeniem punktów wspólnych i ewentualnym wczytaniem GCP (fotopunktów i punktów kontrolnych);

- II – generowanie chmury punktów, jej automatyczna klasyfikacja oraz, ewentualnie, tworzenie modelu *mesh*;
- III – tworzenie NMT, NMPT oraz ortofotomapy.

W naszym przypadku podczas jednego dnia nalołów po-



Fragment Opola na niesklasyfikowanej (górna ilustracja) i sklasyfikowanej chmurze punktów (dolna)

zyskujemy zazwyczaj od 4 do 6 tys. zdjęć, choć zdarzyło się i 8 tys. Następnie wczytujemy je do oprogramowania i uruchamiamy etap I. Do etapów II i III przechodzimy po kilku kolejnych dniach nalołów i zebraniu większej ilości materiału, z których tworzymy jeden projekt. Obejmuje on zazwyczaj obręb, dzielnicę czy obszar tworzenia MPZP. Dla takiego terenu generujemy sklasyfikowaną chmurę punktów, NMT, MNPT oraz ortofotomapy. Obecnie zazwyczaj nie tworzymy modelu *mesh*. Warto zauważyć, że 1 zdjęcie zajmuje około 20 MB, a cały projekt po przetworzeniu i wytworzeniu produktu końcowego „waży” 3-4 razy więcej niż same fotografie źródłowe. Ortofoto-

mapa jest następnie udostępniana na portalu miasta Opola znajdującym się pod adresem <https://arcgisportal.um.opole.pl> oraz planistom, a także wydziałom UM Opola, w porozumieniu z którymi dany obszar został odwzorowany.

Ze względu na potrzeby i charakter naszej pracy zwykle nie weryfikujemy i nie poprawiamy manualnie klasyfikacji chmury punktów. Na początku poświęciliśmy spo-

ro czasu na wypracowanie optymalnych scenariuszy lotów w celu uzyskania dobrej jakości generowanych automatycznie produktów przy jednoczesnym pokryciu nalołem możliwie dużego obszaru. Nasz referat składa się z 4 pracowników (w tym 2 pilotów), którzy poza czynnościami związanymi z lotami i opracowywaniem wyników zajmują się wieloma innymi

zadaniami. Dlatego dodatkowe prace manualne są niemal niemożliwe.

• Co dalej?

Obecnie skupiamy się na zakończeniu wykonywania ortofotomapy dla całego miasta. Opracowanie nie będzie miało jednolitego wyglądu, nie powstanie w ciągu jednego dnia lub dwóch, czy nawet kilku tygodni. Jest ono wyko-



nywane na bieżąco w ramach zgłaszanych potrzeb. Przy sprzyjających warunkach atmosferycznych na drugi dzień po zgłoszeniu możemy przekazać gotowy produkt (ortofotomapę, zdjęcia ukośne, NMT itp.). To jest główna zaleta posiadania własnego drona. Ortofoto-

mapę całego miasta i inne „globalne” opracowania można pozyskać z GUGIK-u, dublowanie zamówień publicznych jest bezcelowe. Po utworzeniu ortofotomapy i pozyskaniu chmury punktów dla całego miasta będziemy mogli pomyśleć o wykonaniu modeli 3D budynków i budowli, np. w standardzie LoD 2. Dane z projektu CA-PAP w tym zakresie pozostawiają wiele do życzenia (brakuje choćby symbolu Opola, jakim jest Wieża Piastowska).

Ponadto posiadanie aktualnej ortofotomapy umożliwia – w połączeniu z danymi z ewidencji gruntów i budynków oraz z Wydziału Budownictwa, do którego trafiają wnioski o wydanie pozwoleń na budowę oraz zgłoszenia zamiaru budowlanego – wykręcie samowoli budowlanej już na wczesnym etapie ich powstawania. Na większą skalę, lecz mniej dokładnie, takie opracowania wykonujemy na podstawie całościowych danych z GUGIK-u.

Posiadamy ponadto kamerę multispektralną, z której na ogólnodostępnym portalu nie prezentujemy opracowań, lecz zebrane dane zamierzamy wykorzystać w procesach uczenia maszynowego. Chcemy w ten sposób dalej zgłębiać wiedzę o naszym mieście i zachodzących w nim procesach (zwłaszcza o kondycji roślinności i „zabetonowywaniu” przestrzeni). Zebrane na przestrzeni lat dane pozwolą na wyciągnięcie wniosków i ewentualne przeciwdziałanie tym procesom, o ile faktycznie takie w Opolu zachodzą.

Marcin Jałoszyński
kierownik produktu UAV w firmie TPI
Maciej Sznabel
pełnomocnik ds. GIS UM Opola

Pionowzlot Trinity F90+ w ofercie ProGea Sky

Albatros w geodezji

Innowacyjne rozwiązania geoinformatyczne stymulują m.in. zmiany w technikach pomiarowych wykorzystujących drony. W ostatnich latach odnotowano także ugruntowanie pozycji płatowców typu VTOL (*Vertical Take-Off and Landing*), czyli tzw. pionowzlotów.



VTOL Trinity F90+ wykonujący start lub lądowanie w pionie

Bezałogowe statki powietrzne (BSP) typu VTOL charakteryzują się możliwością precyzyjnego, w pełni automatycznego pionowego startu oraz lądowania. Jest to szczególnie przydatne na terenach zabudowanych czy zadrzewionych. Podczas startu i lądowania wszystkie trzy silniki odchylane są do pionu, a następnie płynnie opuszczane do poziomu, co pozwala na przejście z lotu pionowego w poziomy (przy starcie) i odwrotnie (przy lądowaniu).

• W górę!

Trinity F90+ to przykład pionowzlotu o napędzie elektrycznym (eVTOL). Dron ten charakteryzuje się również

bardzo długim czasem szybowania podczas wykonywania misji fotogrametrycznych (powyżej 90 min), co przy prędkości 17-20 m/s przekłada się na bezkonkurencyjną efektywność w swojej klasie. W trakcie lotu ciąg wytwarzany jest przez ruch śmigieł tylnego silnika umieszczonego na stateczniku pionowym, podczas gdy dwa przednie silniki na skrzydłach są automatycznie wyłączane, zapewniając maksymalną oszczędność zużycia akumulatora.

Duża rozpiętość skrzydeł (2,4 m) i długi czas szybowania w powietrzu dzięki dopracowanemu na Uniwersytecie Technicznym w Monachium właściwościom aerodyna-

micznym (doskonałość aerodynamiczna 14:1) powodują, że pionowzlot Trinity F90+ porównywany jest z albatrosem zmagającym się z wiatrem. Bezpieczny lot możliwy jest przy prędkości wiatru do 9 m/s podczas startu i 12 m/s w powietrzu. Trinity F90+ ma bardzo lekki (< 5 kg), a zarazem trwały korpus wykonany z materiału Elapor na sztywnej konstrukcji z włókna węglowego. Wprowadzony do produkcji pod koniec 2019 roku model VTOL Trinity F90+ (producent: Quantum-Systems, Monachium, Niemcy) oferowany jest na polskim rynku przez autoryzowanego przedstawiciela – spółkę ProGea Sky z Krakowa.

• Klik-klik i najlepiej już niczego nie dotykać

Producent VTOL Trinity F90+ wyszedł z założenia, że ograniczając ingerencję operatora do minimum (wymagany jest oczywiście jego nadzór i sprawdzenie wszystkich podzespołów), będzie można stworzyć bezpieczny i niezawodny w obsłudze statek powietrzny. Pilot nie potrzebuje żadnych narzędzi do szybkiego złożenia Trinity F90+ – umożliwia to przemysłowa konstrukcja i system zatrzasków. Montaż trwa zaledwie kilkadziesiąt sekund. Dron jest łatwy w obsłudze, a oprogramowanie QBase3D (Quantum-Systems) pozwala na:

- wybór konkretnego modelu BSP oraz kamer (niemiecki producent oferuje jeszcze inne modele),
- wybór map bazowych,
- dodawanie i łączenie ze sobą obszarów do nalołów korytarzowych i powierzchniowych,
- zaprogramowanie automatycznej misji fotogrametrycznej – miejsca startu i lądowania,
- aktualizację danych meteorologicznych (kierunek i siła wiatru) importowanych z najbliższych stacji pomiarowych,
- śledzenie BSP podczas lotu na ekranie monitora wraz ze wszystkimi informacjami niezbędnymi do monitorowania nalołu (prędkość wiatru dzięki wbudowanej rurce Pitota, prędkość przelotowa BSP, liczba dostępnych satelitów GNSS, pozycja XYZ, czas lotu, stan baterii, liczba wykonanych zdjęć); większość tych parametrów wyświetlana jest również na kontrolerze (RC), którego zasięg wynosi aż 7,5 km.

To samo oprogramowanie QBase3D pozwala na użycie modeli wysokościowych – automatyczne wczytanie modeli DTED pozyskanych w czasie misji SRTM lub import własnych opracowań czy NMPT z projektu ISOK. Dodatkowo w oprogramowaniu zaimplementowano moduł do korekcy w postprocessingu zapisanej trajektorii oraz geotagowania zdjęć. Zestaw Trinity F90+ zawiera również własną stację bazową (dwusystemowy odbiornik GNSS) iBase umożliwiającą realizację misji w trybie PPK.

• Oczy Trinity F90+, czyli szybka wymiana kamer

W pracach geodezyjnych z zakresu opracowań fotogrametrycznych w zasadzie największe znaczenie ma dokładność pozyskiwanych danych. Niewątpliwie elementem decydującym o doborze właściwego BSP jest możli-



Zaplanowana misja fotogrametryczna w oprogramowaniu QBase3D

wość stosowania kamer o odpowiednio zaawansowanych matrycach. Do VTOL Trinity F90+ proponowany jest system wymiennych kamer zintegrowanych z przedziałem ładunkowym (montaż na jeden zatrzask, maksymalna waga do 700 g). Sensorem steruje komputer pokładowy, realizując założenia zaprogramowanej misji z uwzględnieniem prędkości wiatru, zadanej wysokości, pokrycia podłużnego i poprzecznego, wysokości powyżej powierzchni terenu (AGL) czy wielkości piksela terenowego. Rejestracja środków rzutów zdjęć odbywa się automatycznie w odpowiednio zaplanowanych lokalizacjach. Czytniki kart SD montowane są na zewnętrznej stronie obudowy przedziału ładunkowego, co umożliwia szybką ich wymianę bez konieczności jego demontażu.

VTOL Trinity F90+ przystosowany jest do obsługi kamer:

• ADS-B OUT, czyli gdzie jest Trinity F90+

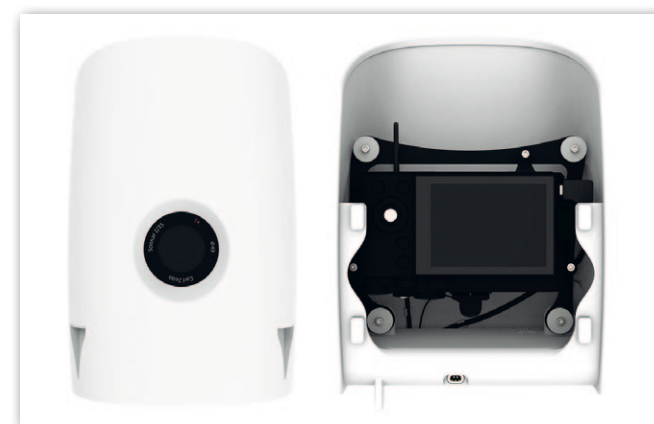
Dzięki standardowemu wyposażeniu w transponder typu ADS-B In oraz opcjonalnemu aktywnemu transponderowi ADS-B Out piono-

- Sony RX1R-II (42 Mpix; 1,3 cm GSD przy 100 m AGL) – kamera najczęściej wykorzystywana w profesjonalnej geodezji, pozwalająca na pokrycie 200 ha przy zasięgu lotu do 100 km,
- Sony UMC-R10C (20,1 Mpix; 2,6 cm GSD przy 100 m AGL),
- Sony UMC-R10C + MicaSense RedEdge-MX – zestaw kamer: RGB + 5 kanałów spektralnych (R, G, B, RedEdge, NIR),
- MicaSense Altum (5 kanałów spektralnych + sensor termalny),
- MicaSense Dual Camera System (10 kanałów spektralnych dla projektów wykorzystujących dane Sentinel-2).

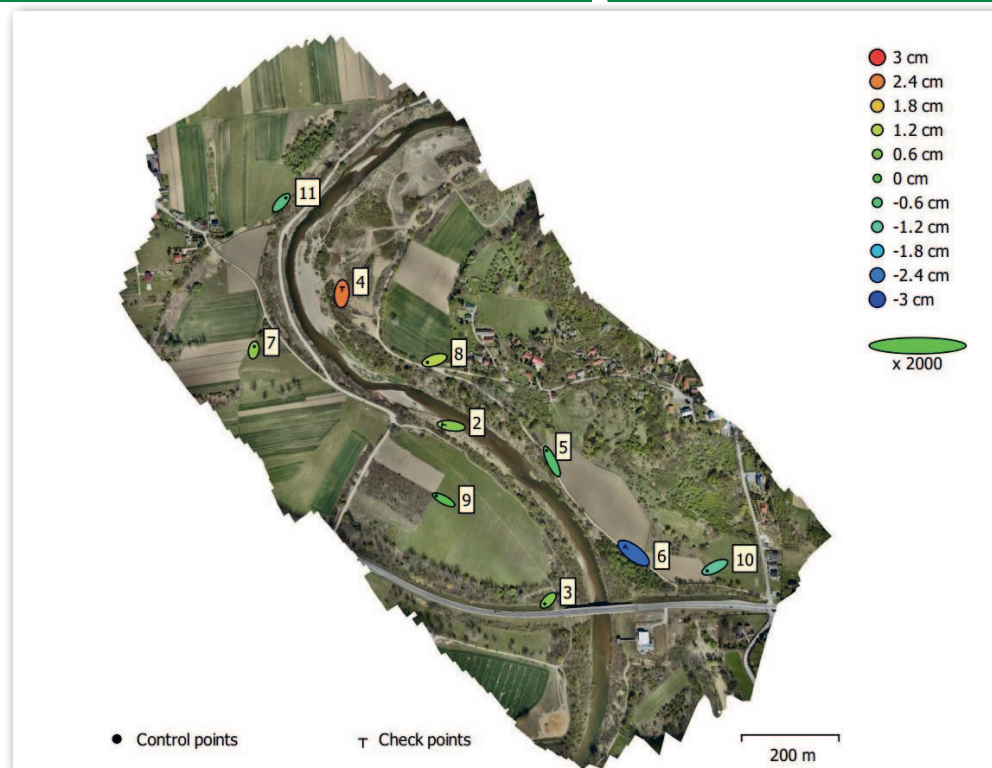
wzlot Trinity F90+ idealnie nadaje się do nalołów wykonywanych w misjach poza zasięgiem wzroku (BVLOS). System Live-Air-Traffic-Info jest automatycznie integrowany z oprogramowaniem QBase3D po podłączeniu klucza ping USB i pozwala na śledzenie „na żywo” ruchu lotniczego w promieniu kilkadziesiąt kilometrów od realizowanej misji. Transponder aktywny ADS-B Out nadaje natomiast identyfikator i pozycję Trinity F90+, co zwiększa bezpieczeństwo innych użytkowników przestrzeni powietrznej (pozycja dostępna jest m.in. w aplikacji Flightradar24).

• Dokładność opracowań i czas nalołu

Lokalnie uruchamiana przez pilota stacja bazowa iBase (w standardowym wyposażeniu) zapewnia niezależność i niezawodność w sytuacji awarii innych serwisów poprawek GNSS lub dużej odległości do najbliższej stacji referencyjnej. W trybie PPK precyzyjnie zarejestrowane środki rzutów zdjęć oraz dane z IMU pozwalają na osiągnięcie dokładności opracowania ortofotomapy na poziomie 2-5 cm (bez pomiaru fotopunktów GCP, z użyciem lokalnej stacji iBase). Zastosowanie odpowiednio rozmieszczonych w obszarze nalołu sygnalizowanych fotopunktów podnosi znacząco jakość opracowa-



Sony RX1R-II – przykład kamery montowanej na Trinity F90+



Położenie GCP i punktów kontrolnych oraz rozkład błędów pomiarowych (RMSE) na przykładzie ortofotomapy dla obszaru położonego koło Bochni

nia ortofotomapy cyfrowej (tab. 1 i 2).

Podczas ponad 90-minutowego lotu na jednej baterii (wymieny dziób samolotu z akumulatorem 12 000 mAh) Trinity F90+ może pozyskać z wysokości 120 m zdjęcia do opracowań fotogrametrycznych (kamera RGB, piksel 3,2 cm GSD) dla aż 700 ha.

Przy czasie ładowania akumulatora około 60 minut do realizacji większych projektów wystarczą w zasadzie 2 baterie.

• A co poza geodezją?

VTOL Trinity F90+ idealnie sprawdza się w nalołach korytarzowych (obiekty liniowe) na potrzeby monitoringu linii energetycznych, rurociągów

czy infrastruktury kolejowej. Przykładem może być realizowany w Niemczech projekt polegający na monitorowaniu uszkodzeń trakcji energetycznej linii kolejowych (Deutsche Bahn) powstałych w wyniku nagłych zjawisk atmosferycznych. W takich sytuacjach dron startuje automatycznie

ze specjalnego hangaru do misji autonomicznej w celu pozyskania zdjęć obrazujących rozmiar szkód. Pozwala to na podjęcie szybkich działań w zakresie oceny zniszczeń i przywrócenia zablokowanego ruchu kolejowego.

Szerokie zastosowanie VTOL Trinity F90+ znajduje również w rolnictwie precyzyjnym, leśnictwie i ochronie przyrody, czyli wszędzie tam, gdzie potrzebna jest informacja spektralna o kondycji zdrowotnej roślinności lub o jej stanie fenologicznym. Pionowzlot okazuje się przydatny w monitoringu szkodników czy zniszczeń w uprawach powodowanych przez zwierzęta. Z wykorzystaniem nalołó Trinity F90+ powstają platformy obliczeniowe bazujące na zaawansowanych algorytmach uczenia maszynowego (ML), jak np. rozwiązanie firmy Hummingbirds Technologies. W tym celu wykorzystywane są kamery wielospektralne MicaSense, a niebawem także termalne.

Więcej szczegółów technicznych i przykładów projektów znaleźć można na stronie www.progeasky.pl.

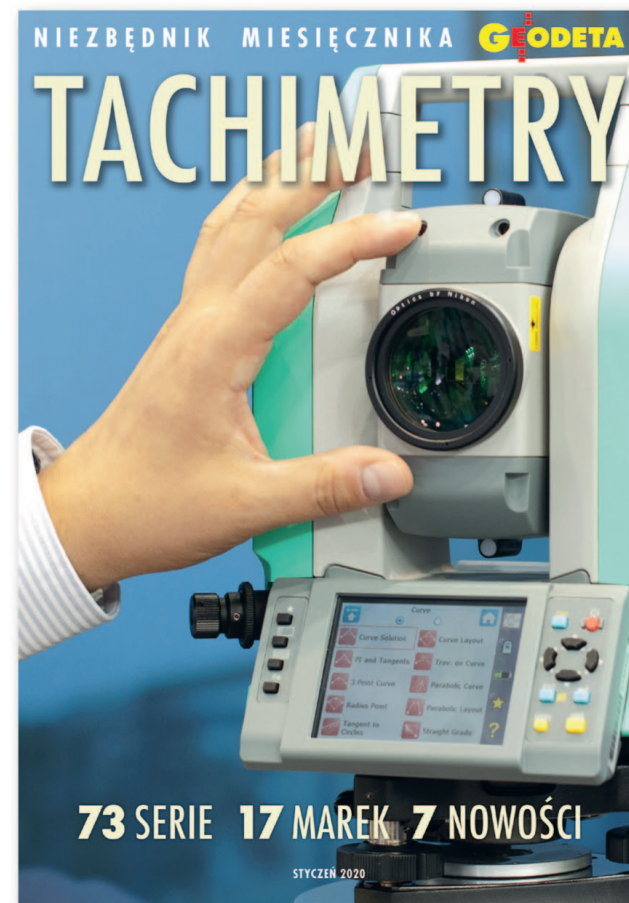
Piotr Wężyk,
Ewelina Lara-Lobenstein
ProGea Sky Sp. z o.o.

Tab. 1. Dokładność opracowania ortofotomapy cyfrowej, projekt Bochnia, kamera Sony UMC-R10C, 20 Mpix

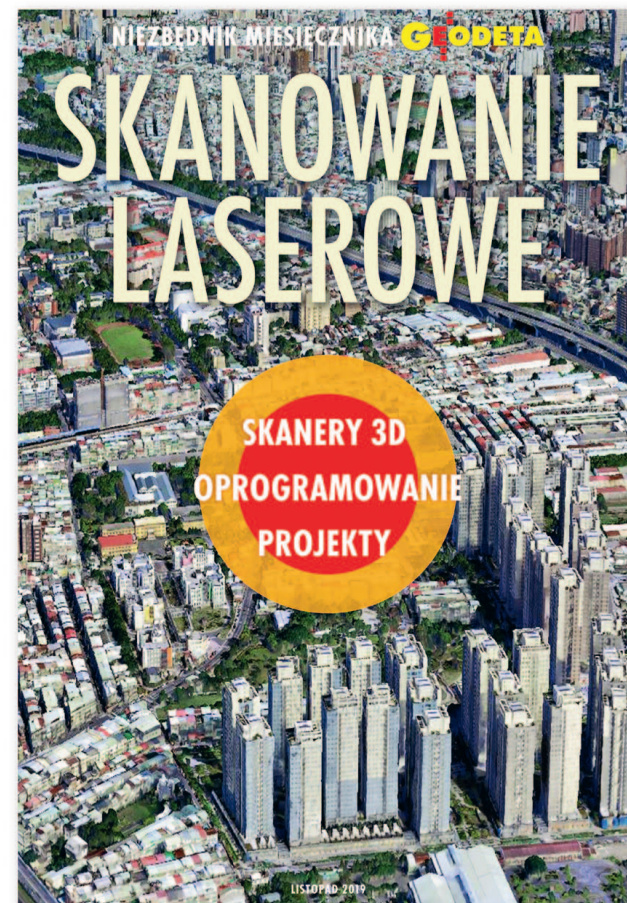
Średni błąd wpasowania kamery					
	RMS X (m)	RMS Y (m)	RMS Z (m)	RMS XY (m)	RMS XYZ (m)
	0,027	0,0325	0,0219	0,0423	0,0476
RMSE punktów kontrolnych według użytej liczby GCP					
Liczba GCP	RMSE X (m)	RMSE Y (m)	RMSE Z (m)	RMSE XY (m)	RMS XYZ (m)
0	0,0215	0,0179	0,0296	0,0280	0,0408
1	0,0206	0,0183	0,0306	0,0276	0,0412
3	0,0184	0,0193	0,0327	0,0267	0,0422
5	0,0204	0,0210	0,0266	0,0293	0,0396
7	0,0151	0,0112	0,0213	0,0188	0,0284

Tab. 2. Dokładność opracowania ortofotomapy cyfrowej, projekt Monachium, kamera Sony RX1-II, 42 Mpix

Średni błąd wpasowania kamery				
RMS X (m)	RMS Y (m)	RMS Z (m)	RMS XY (m)	RMS XYZ (m)
0,0097	0,0145	0,0122	0,0174	0,0213
RMSE na punktach kontrolnych bez użycia GCP, wyłącznie PPK				
RMSE X (m)	RMSE Y (m)	RMSE Z (m)	RMSE XY (m)	RMS XYZ (m)
0,0090	0,0305	0,0234	0,0318	0,0389



Pobierz na Geoforum.pl niezbędniki dla zawodowców



3Dsurvey w praktyce:

Wykorzystanie dronów w Mota-Engil Central Europe S.A. (MECE)

Drony przejmują plac budowy

Mota-Engil Central Europe to jeden z największych generalnych wykonawców na polskim rynku budowlanym specjalizujący się m.in. w budownictwie drogowo-mostowym. O tym, jak bezzałogowce usprawniły pracę w tej firmie, opowiada koordynator ds. geodezji Paweł Andrzejewski.

Dron? A po co nam taki gadżet? Szybko jednak przekonaliśmy się, że w geodezji bezzałogowce potrafią wiele i zaczęliśmy chętnie z nich korzystać podczas realizacji kontraktów drogowych. Wybór padł na wirnikowiec z modulem RTK. Przy obecnych przepisach dotyczących wykorzystywania dronów w celach komercyjnych oraz charakterystyce kontraktów liniowych tego typu bezzałogowiec okazał się trafionym zakupem.

● Zlecenie na Dolnym Śląsku

Pierwszy raz mogliśmy przetestować możliwości dronów na jednym z naszych kontraktów w zachodniej Polsce. Po pierwotnym wykonawcy, którego zastąpiliśmy, na placu budowy zostało wiele materiałów. Największy „problem” stanowiły hałdy kruszywa, humusu czy materiałów z rozbiórki rozrzucone po całym obszarze objętym inwestycją. Konieczna była ich szybka inwentaryzacja. Tradycyjny pomiar GNSS

zająłby zbyt dużo czasu i stanowił zagrożenie dla osoby poruszającej się z instrumentem po hałdach. I tu pojawiło się pole do popisu dla drona.

Opisywana inwestycja jest dość specyficzna. Zlokalizowana jest na Dolnym Śląsku na terenach poddanych wpływom eksploatacji górniczej. Ze względu na dość długi czas realizacji kontraktu (pierwotny wykonawca rozpoczął prace w 2015 r., a MECE w grudniu 2019 r.) wszystkie zadania wyko-

nywane są obecnie w układach lokalnych, bazujących na wysokościowym układzie PL-KRON86-NH i poziomym 1965/4. Nie stanowi to jednak żadnego problemu przy opracowywaniu wyników pomiarów w 3Dsurvey.

● Jakie wyniki?

W pierwszej kolejności z wykorzystaniem drona wykonaliśmy inwentaryzację 210 hałd. Pozyskanie zdjęć oraz opracowanie wyników zajęło około 8 dni. Może się to wydawać długo, ale w wyniku przetworzenia zdjęć otrzymaliśmy dużo więcej niż „suche” współrzędne z metody GNSS. Te ekstra produkty to numeryczny model terenu wykraczający swoim zasięgiem poza obrys hałd oraz ortofotomapa. Pozwoliły nam one spojrzeć na obszar inwestycji z innej perspektywy. Zauważyliśmy, że niektóre hałdy tak bardzo „wrosły” w plac budowy, że ciężko je dostrzec z poziomu ziemi. Ponadto lepiej ogląda się wyniki pomiarów na ortofotomapie niż na białej kartce

z naniesionym projektem. Należy też podkreślić, że na wyniki przetworzeń nie wpłynęła roślinność, która wyrosła na hałdach. Algorytm klasyfikacji chmury punktów poradził sobie z tym problemem. Potwierdziła to wrywkowa kontrola wygenerowanego modelu 3D przeprowadzona w terenie z wykorzystaniem odbiornika GNSS.

● Materiały pod kontrolą

W dalszej kolejności przyszedł czas na uprzątnięcie terenu budowy i start prac związanych z realizacją inwestycji. Rozpoczęliśmy przewóz hałd materiałów na plac składowy, który wcześniej cały pomierzyliśmy. Obecnie cyklicznie (raz w tygodniu) wykonujemy oblot tego placu, monitorując postęp w przewożeniu materiałów. Kontrolujemy kubaturę kruszywa, kostki brukowej, liczbę przepustów rurowych czy betonowych studni. Na ortofotomapie jednoznacznie widać przybywający materiał, a na chmurze punktów ze zdjęć można np. zliczyć przepusty rurowe.

Do wykonania kolejnego zadania – bilansu humusu i przedstawienia wyników pomiarów na rozbudowanych przekrojach poprzecznych – potrzebny był AutoCAD Civil 3D (w tym środowisku wykonywane są obliczenia w opisywanym kontrakcie drogowym). Wygenerowany model 3D możemy od razu wyeksportować do formatu LandXML. Pozwala to ominąć etap tworzenia powierzchni w aplikacjach dotychczas używanych do wykonywania obliczeń.

● Sprawdźmy dokładność

Aby przekonać się o dokładności wyników otrzymanych z takiego opracowywania, wykonaliśmy model 3D warstwy wiążącej drogi. Na badanym odcinku na potrzeby inwentaryzacji związanej



Plac składowy w chmurze punktów

z realizacją kontraktu zostały zamarkowane gęsto punkty kontrolne (*checkingi*) – co 5 metrów przekrój składający się z 5 punktów.

Lot wykonaliśmy na wysokości 40 m, kamera ustawiona była pod kątem -85°, szeregi przecinały się pod kątem prostym. Pozyskanie zdjęć trwało 90 minut. Do połączenia zdjęć wykorzystaliśmy 38 *checkin*gów pomierzonych kątowno-liniowo, z których 6 przyjęliśmy za kontrolne. W wyniku opracowania wygenerowana została chmura licząca prawie 159 mln punktów. Oszacowany błąd nawiazania – po odrzuceniu pojedynczych błędów grubych – dla współrzędnych XY wyniósł 2 cm, a dla H – 1 cm. Na podstawie otrzymanej chmury punktów wygenerowaliśmy model 3D o boku trójkąta 10 cm. Następnie na 200-metrowym odcinku

warstwy wiążącej wykonaliśmy pomiar kątowno-liniowy między *checkingami*. W 70% przypadków ΔH na modelu 3D i w terenie różniły się od siebie nie więcej niż o 1 cm.

● Pomysłów przybywa

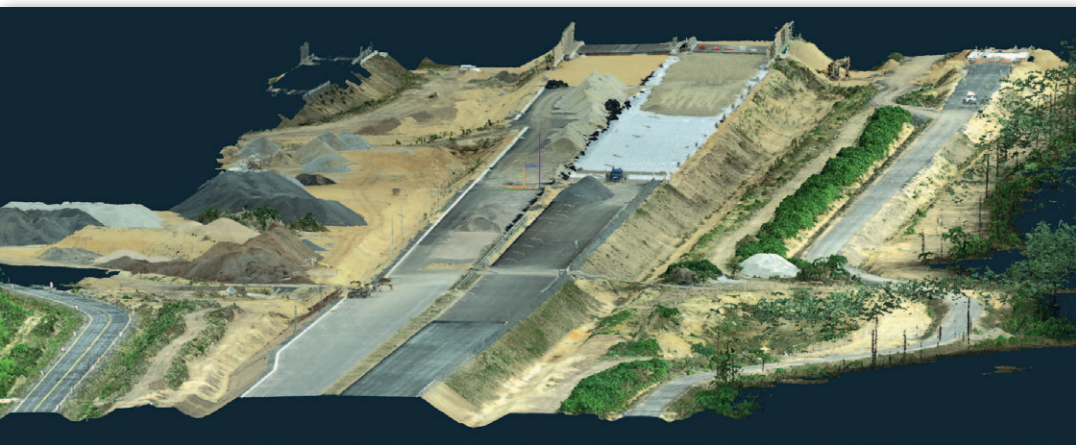
Mota-Engil Central Europe to nie tylko budowa dróg. Posiadamy m.in. własne wytwórnie mas bitumicznych. Dotychczas do pomiaru materiałów na ich terenie wykorzystywaliśmy odbiornik GNSS. W lipcu br. w jednej z naszych wytwórni zdecydowaliśmy się sięgnąć po drona. Obliczenia wykonaliśmy w 3Dsurvey, a nie jak dotychczas w środowisku AutoCAD. W aplikacji powstał NMT i ortofotomapa całej wytwórni. Dodatkowo przekazaliśmy zdjęcia z powietrza oraz film z przelotu.

To dopiero początki dronów w MECE, ale pomysłów

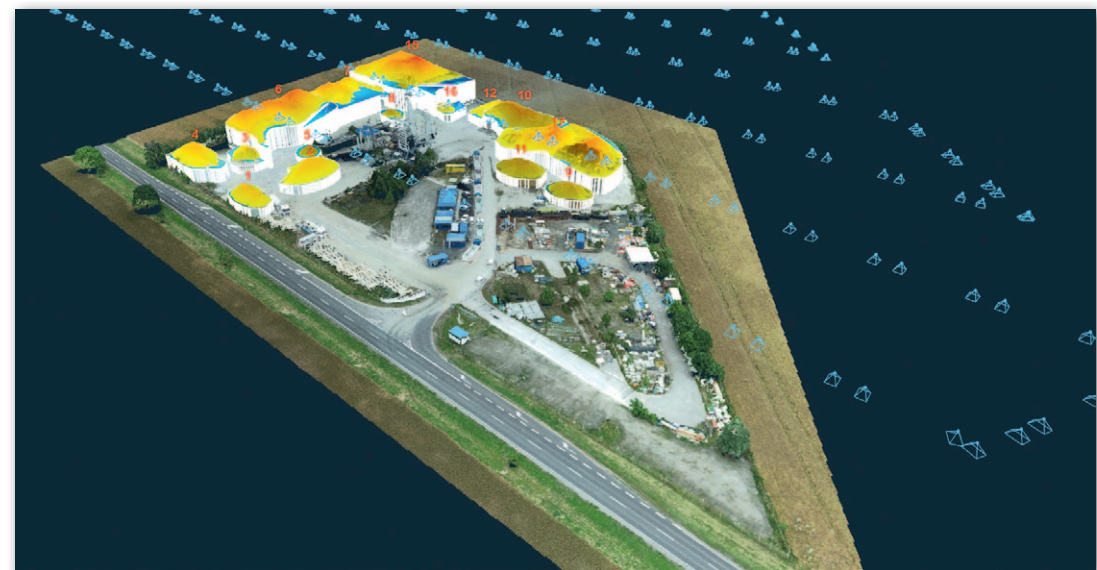
na ich wykorzystanie przybywa z tygodnia na tydzień, zdecydowanie usprawniając naszą pracę.

Na zakończenie pozwolę sobie na osobiste przemówienie. Jako geodeta już dzisiaj widzę, że sprzęt taki jak drony (nie tylko latające) to narzędzia przyszłości. Nie skonstruujemy już bardziej innowacyjnych odbiorników GNSS, tachimetrów czy skanerów laserowych. W końcu ich miejsce zajmą bezzałogowe maszyny do pozyskiwania danych. Obecnie jest to jeszcze technologia, do której większość podchodzi sceptycznie, nie będąc do końca przekonanym, że zdjęcie może być lepsze od ruletki, tachimetru czy odbiornika GNSS. Myślę jednak, że to tylko kwestia czasu

Paweł Andrzejewski
Mota-Engil Central Europe S.A.



Model 3D fragmentu terenu budowy



Pomiar materiałów w wytwórni mas bitumicznych

Praktyczne wykorzystanie zdjęć z drona,
czyli o aplikacji 3Dsurvey w zagadnieniach pomiarowych

Więcej niż orto

Niektórzy myślą, że ortofotomapa to jedyny produkt, jaki można uzyskać z pokładu drona. Opisując możliwości 3Dsurvey – aplikacji do przetwarzania zdjęć z BSP do zastosowań geodezyjnych – pokażemy, że jest inaczej.

Aplikacja 3Dsurvey powstała w słoweńskiej firmie Modri Planet, która jeszcze kilka lat temu świadczyła usługi geodezyjne. Na własne potrzeby Słoweńcy zaczęli tworzyć narzędzie, które miało ułatwić i przyspieszyć pracę. Produkt spotkał się z gorącym przyjęciem użytkowników, był więc stale rozwijany, aż w końcu stał się siłą napędową firmy.

3Dsurvey to intuicyjne, kompletne oprogramowanie do przetwarzania zdjęć z bezzałogowych systemów powietrznych (BSP). Aplikacja jest kompatybilna ze sprzę-

tem różnych producentów. Oferuje wiele opcji importu i eksportu, a także bogaty zestaw narzędzi pomiarowych.

•Ważne podstawy

W 3Dsurvey obowiązujące układy płaskie dostępne są z rozwijalnej listy (obejmują Polskę i świat, zgodnie z klasyfikacją EPSG). Układy wysokościowe definiujemy poprzez odpowiednie pliki geoidy (analogicznie do pracy z GNSS), np. *Kronsztad 86* czy nowy Amsterdam.

Dane z drona (w tym informacje o położeniu kamery) możemy zaimportować bez-

pośrednio z pliku zdjęć EXIF (stosowanego przez większość dronów DJI, Parrot czy eBee) lub pliku zewnętrznego (dotyczy np. skrzydła firmy FlyTech). Podczas wgrywania punktów osnowy nie musimy martwić się formatem zapisu – na etapie importu dowolnie zmienimy separatory czy kolejność kolumn. Aplikacja poza klasycznym wskazaniem punktów osnowy oferuje automatyczny proces rozpoznawania tarcz pomiarowych. Oczywiście wymaga to zastosowania w terenie predefiniowanych znaków. Również wyrównanie bloku zdjęć i generowanie chmury

punktów odbywa się automatycznie. W wyniku przetworzeń powstaje bardzo gęsta, praktycznie pozbawiona szumów chmura.

•Możliwości chmury

Dla tych, którzy chcą pomierzyć tylko „kilka” pikiet, chmura punktów może być produktem docelowym. Narzędzia do pracy z chmurą w 3Dsurvey pozwalają na szybką klasyfikację i np. stworzenie warstwy terenu. W zakładce CAD znajdziemy funkcje pomiaru pikiet, linii czy okręgów. Bezpośrednio w 3D pozyskamy wymiary czy spi-

kietujemy teren. Stworzymy też przekroje – czy to ręcznie, czy na podstawie wczytanego pliku DXF. I właśnie w takich sytuacjach widać praktyczne podejście autorów. Wygenerujemy przekroje nie tylko wzdłuż linii, ale także „poprzeczki” co zadany metraż. Następnie możemy je wyeksportować w postaci 2D (raport PDF) lub 3D (np. plik CAD).

Aplikacja pozwala też na pomiar wysokości dodatkowych punktów znajdujących się między punktami istniejącymi. Ułatwia to narzędzie do generowania punktów CAD, dzięki któremu po wskazaniu obszaru zainteresowania i zadaniu gęstości tworzone są nowe pikiety.

Czy ktoś z Państwa mierzył zwis przewodów? Na pewno. Na chmurze punktów jest to bardzo proste. A pomiar wysokości budynku? To raptem dwa kliknięcia. Równie łatwo

wyznamy spadki dachu czy nachylenia skarp. Chmura punktów to dyskretny zapis przestrzeni, z którego możemy wydobyć wiele informacji.

•NMT i mesh 3D

Poza chmurą punktów w 3Dsurvey wygenerujemy numeryczny model terenu albo modele typu *mesh*, czyli siatki trójkątów tworzące powierzchnie. Mesh 3D może posłużyć do wizualizacji albo wygenerowania prawdziwej ortofotomapy. Z kolei modele terenu są niezbędne w procesie tworzenia ortofotomozaiki/ortofotomapy.

Producenci zapewnili użytkownikom liczne narzędzia do edycji modeli. Możemy usuwać elementy, wygładzać powierzchnie czy – robiąc np. symulacje zmiany poziomów odniesienia – liczyć bilanse mas. Dodajmy tu, że pomiar objętości w 3Dsurvey jest

Funkcja RTG wspomaga np. pomiary naroży budynków na ortofotomapie

nie tylko bardzo dokładny, ale przede wszystkim prosty i szybki. Wystarczy narysować obwiednię lub zastosować gotową obwiednię CAD pozwalającą na pomiar zawsze tych samych miejsc. Porównamy też dwa modele (wtedy otrzymamy bardzo dokładną informację o zmianach) lub model z projektem.

Co ważne, wszystkie pomiary są automatycznie zapisywane i w dowolnym momencie możemy jednym kliknięciem wygenerować raport z graficzną prezentacją lokalizacji, bilansem mas oraz powierzchnią 2D i 3D. W jednym raporcie zawrzemy jeden lub wiele obiektów.

Warto jeszcze wspomnieć o opcji eksportu modelu do pliku LandXML, co ułatwia realizację projektów. Podobnie zresztą jak możliwość generowania poziomicy, które wyeksportujemy w postaci 2D lub 3D. Jest to również forma eksportu modelu dla niektórych starszych środowisk pracy, gdzie LandXML nie zawsze jest czytany.

•Ortofotomapa i prawdziwa ortofotomapa

Mając wyrównany blok zdjęć i model terenu, jednym kliknięciem wygenerujemy ortofotomapę. Jest ona wspinałym materiałem do wielu prac, w tym do weryfikacji aktualności lub nawet tworzenia mapy. Wszystkie obiekty na poziomie gruntu charakteryzują się dokładnością naszego modelu – na ogół 2-3 cm.

A co jeśli chcemy odrysować np. budynek i nie widzimy jednego z narożników? Są dwa wyjścia. Pierwsze, częściej stosowane, to podmiana zdjęcia. Po wskazaniu nieczytelnego obszaru program automatycznie wyświetla zdjęcia, na których ten fragment jest widoczny. Wybieramy wtedy inne ujęcie i podmieniamy fragment. Drugie wyjście to wykorzystanie narzędzia RTG (tak, nazwa celowo nawiązuje do badania rentgenowskiego). Pojawia się wtedy wygenerowana z chmury punktów warstwa przypominająca prześwietlenie, na której widzimy głównie krawędzie.

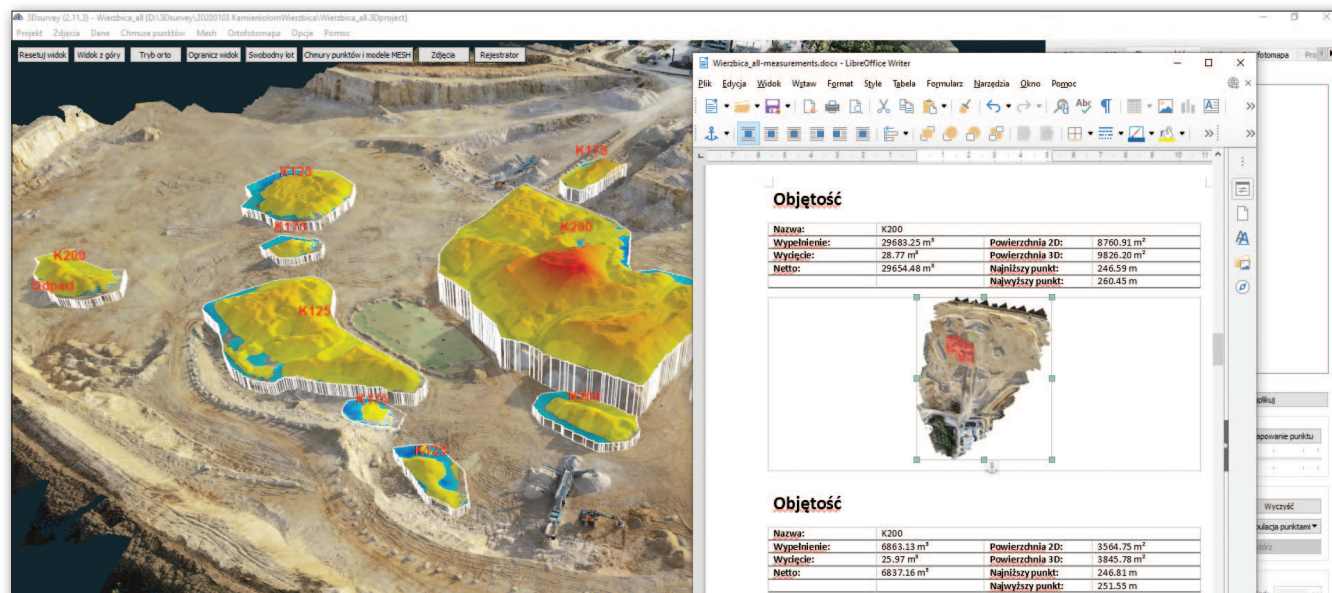
Inną formą prezentacji przestrzeni, z czytelnym widokiem dachów i obiektów wysokich, jest prawdziwa ortofotomapa. Obydwa produkty wyeksportujemy do różnych formatów – np. TIFF z georeferencją czy popularnego JPG z plikiem lokalizacyjnym. Dla aplikacji, które nie radzą sobie z tymi formatami, przygotowano opcję eksportu ramki CAD w DXF – wystarczy dociągnąć obrazek do ramki.

•Dokumentowanie wyników i raporty

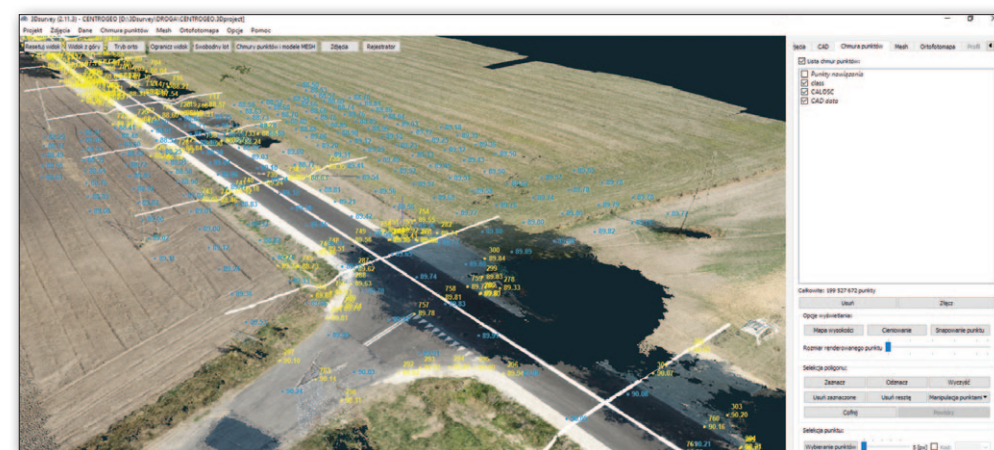
W 3Dsurvey oprócz raportu z przeprowadzanych prac (w którym przedstawione są etapy wyrównania i dokładności, parametry modeli terenu i ortofotomapy) wygenerujemy też raporty z pomiarów. Powstaje plik DOC, który możemy dalej edytować. Aplikacja pozwala też na nagrywanie filmów z wirtualnego przelotu nad modelem. W ten sposób atrakcyjnie zaprezentujemy produkt, bo przecież naszą pracę musimy sprzedać.

Niestety, artykuł ma swoje ograniczenia i nie wszystko da się opisać na dwóch stronach. Mamy jednak nadzieję, że ten tekst pozwoli Państwu spojrzeć inaczej na drony. To narzędzie dla nowoczesnych geodetów i nowoczesnych odbiorców, które jednak nie zwalnia nas z dbania o jakość oferowanych produktów.

Tomasz Czerni
Czerski Trade Polska



Pomiar objętości w 3Dsurvey wraz z raportem wygenerowanym w edytowalnej formie. Obok: Wizualizacja przekrojów i pikiet w trzech wymiarach

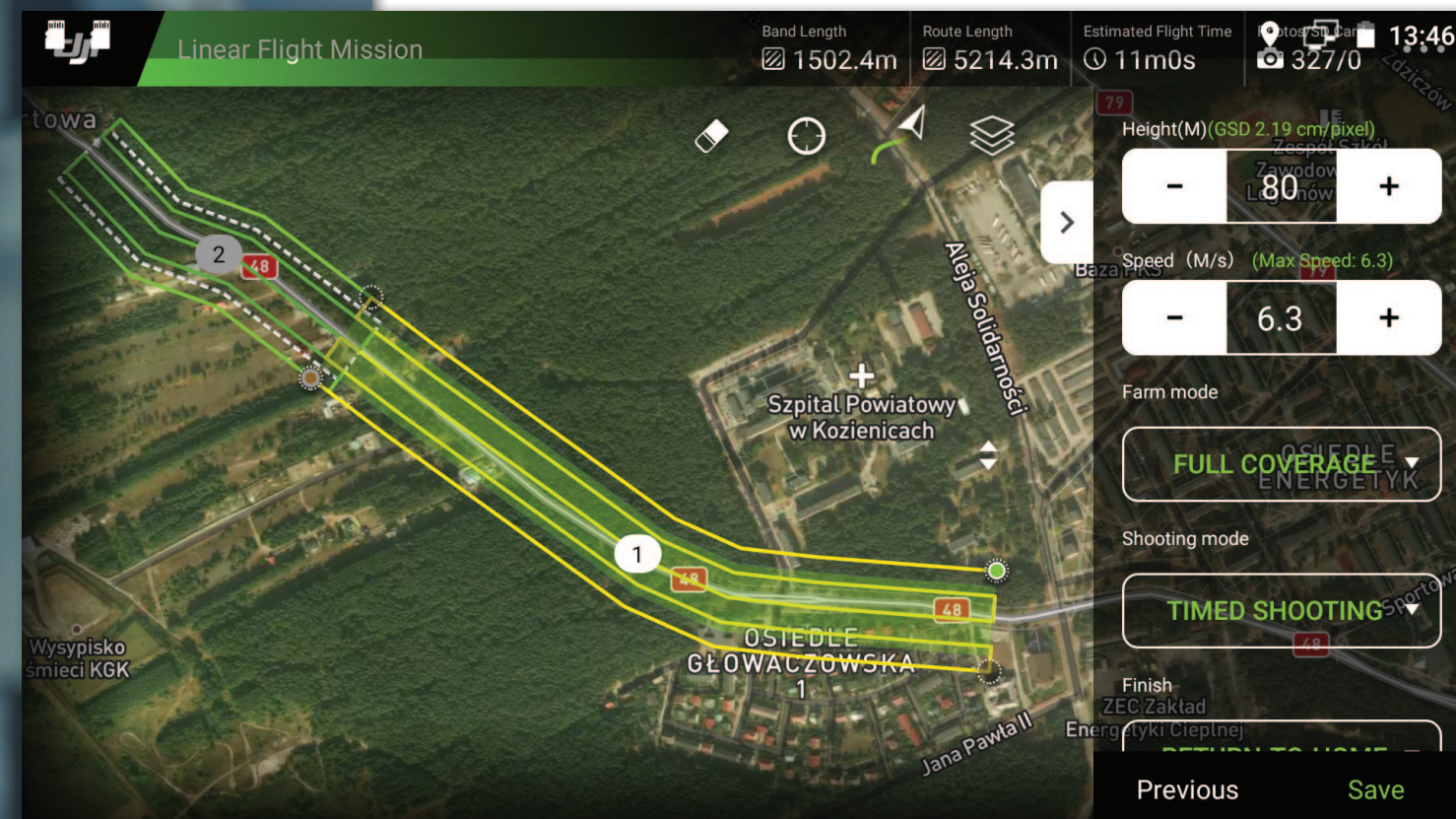


Firma Czerski Trade Polska o wykorzystaniu drona DJI Phantom 4 RTK w geodezji



Gdzie wyślemy drona?

Bezzałogowce to nowa technologia, która już zdążyła się zdomować w wielu firmach geodezyjnych. Dron stał się pełnoprawnym narzędziem pracy geodety. Sprzyjają temu zmieniające się przepisy oraz rozwój technologiczny, za czym idą coraz dokładniejsze techniki pomiarowe.



Planowanie nalogu w intuicyjnym oprogramowaniu DJI

nych prac geodezyjnych. Platformę tę charakteryzuje niewielka waga, szybki montaż, spory czas lotu na jednej baterii oraz wbudowany odbiornik RTK. Wszystko to w zestawie z oprogramowaniem do projektowania misji, systemami unikania kolizji i dwuczęstotliwościową łącznością. Jednak o samym dronie pisać więcej tu nie będziemy – skupmy się na zastosowaniach.

Proces projektowania nalogu jest wyjątkowo prosty – wystarczy kilka kliknięć, żeby w aplikacji DJI GS-RTK stworzyć misję – czy to powierzchniową, czy liniową. Przygotowanie nalogu nad kompleksem miejskim i drogą jest więc tak samo łatwe. Znając zakres opracowania, wskazujemy go (lub importujemy z pliku) i ustawiamy parametry. W przypadku obiektu liniowego wskazujemy lub importujemy oś. Dalej podstawowe ustawienia i lot. To naprawdę chwila. Ale mieliśmy mówić o zastosowaniach. Na początek kilka podstawowych spraw.

• Mapa – aktualizacja, pomiar, weryfikacja

Nakładając mapę wektorową na aktualną ortofotomazajkę/ortofotomapę będącą produktem naszego nalogu dronem, możemy szybko zweryfikować aktualność mapy. Następnie wystarczy domierzyć brakujące elementy lub poprawić błędy. Ortofotomapa to także materiał, dzięki któremu opracujemy mapę „od zera”. Czy to zawsze metoda szybsza od pomiarów klasycznych? Wszystko zależy od obszaru i jego zagospodarowania. Ale przy kilku działkach na terenie zurbanizowanym ortofotomapa pozyskana ze zdjęć z drona może okazać się nieocenioną pomocą.

A otrzymywane dokładności pikiet? W przypadku DJI Phantom 4 RTK to 1-2 cm sytuacyjnie i 2-3 cm wysokościowo przy zachowaniu niewygórowanych parametrów. Jeśli jednak założymy dodatkowe punkty osnowy, dokładności mogą zejść poniżej 1 cm.

• Pomiar objętości i bilanse mas

Nalot automatyczny, chwila na przetworzenie danych w komputerze i trójwymiarowy model hałdy gotowy! Co ważne, proces pomiaru dronem jest szybki i nie wymaga wstrzymania prac na odwzorowywanym obszarze jak w przypadku tradycyjnego pomiaru. Przykładowo obfotografowanie 2-hektarowego składowiska z 12 hałdami trwa 7-8 minut. I dosłownie moment zajmie pomiar objętości po wskazaniu interesującego nas obiektu w aplikacji 3Dsurvey, czyli w najlepszym naszym zdaniem oprogramowaniu do pomiarów geodezyjnych (patrz s. 32).

Tego typu prace wykonujemy jednorazowo lub cyklicznie. Przy pomiarach cyklicznych możemy odnieść się do poprzednich wyników – automatycznie liczyć różnice mas i otrzymywać raporty po kilku kliknięciach. Dodajmy, że w przypadku bilansowania mas w kopalniach pozyskany materiał

W naszym artykule zajmujemy się najpopularniejszym obecnie bezzałogowym statkiem powietrznym (BSP) – wirnikowcem DJI Phantom 4 RTK. Ten dron to kompromis – za relatywnie niską cenę otrzymujemy sprzęt do codzien-

wykorzystamy również do aktualizacji mapy. Skarpy mierzymy bez konieczności chodzenia po nich. Jest to sposób nie tylko szybszy, ale i bezpieczniejszy.

Na dokładność opisywanych analiz wpływa przede wszystkim poziom „zero” (model, z którym porównujemy nasze odwzorowania). Jeśli jednak dysponujemy pomiarami w dwóch okresach (np. przed i po pobraniu materiału ze składowiska), to dokładność dla średniej wielkości hałdy wynosi 1-3%. Z własnego doświadczenia wiemy, że jest to wynik lepszy niż w przypadku pomiarów klasycznych. A przy zachowaniu odpowiedniej staranności wynik ten można jeszcze poprawić!

• Aktualizacja stanu robót i nadzory

Rozliczanie materiałów w procesie inwestycyjnym to dla części Czytelników codzienność, podobnie jak latający nad głową dron. Wiele firm zastępuje pomiary klasyczne nalotami BSP. Wszyscy uczestnicy procesu budowlanego gromadzą zdjęcia, filmy, które następnie udostępniane są przez specjalne portale lub wykorzystywane do dokumentacji. Dzięki materiałom z pokładu drona inspektorzy nadzoru stają się wszechobecni i na bieżąco kontrolują sytuację, jakby byli na miejscu budowy.

Coraz częściej słyszymy, że z bezzałogowcem się nie dyskutuje, bo prawidłowo wykonana praca daje

centymetrowe dokładności, a trójwymiarowe produkty dostarczają odbiorcy wiele dodatkowych informacji, których nie uchwyci klasyczny pomiar geodezyjny. Precyzyjny model z dopasowania zdjęć to coś więcej niż geometria, długość czy objętość.

• Nie tylko geodezja

W artykule skupiliśmy się na pracach dość silnie związanych geodezją, takich „typowych”. Ale możliwych zastosowań dronów jest dużo więcej. Dzisiaj, po kilkudziesięciu wdrożeniach w różnych branżach, mamy coraz więcej pomysłów. Wystarczy się rozejrzeć, a dostrzeżemy potrzeby innych branż. Pozyskanie danych 3D dla projektantów, pomiary po-

wierzchni dachów oraz ich spadków na potrzeby montażu instalacji fotowoltaicznych, przygotowanie podkładów pod projekty ogrodów, analizy przewozu ładunków ponadwymiarowych w miejscach kolizyjnych, dokumentacja ubezpieczeniowa szkód wyrządzonych przez siły natury i zwierzęta – to tylko wybrane przykłady.

Obecnie widzimy nieustanny wzrost zapotrzebowania na sprzęt i technologię BSP. Wychodząc temu naprzeciw, prowadzimy nie tylko sprzedaż sprzętu i oprogramowania, ale także przeprowadzamy pełne wdrożenia systemów i szkolenia przyszłych użytkowników.

Dział Handlowy
Czerski Trade Polska Sp. z o.o.

Przegląd bezzałogowców do celów geodezyjnych w ofercie krajowych dystrybutorów

Na prawo patrz!

Śledząc dynamicznie rozwijający się rynek dronów, warto zwracać uwagę nie tylko na fascynujące nowinki technologiczne, ale także na kwestię zdecydowanie mniej porywającą – przepisy.

Jerzy Królikowski

• Utrzymać pion

Analizując tegoroczną ofertę krajowych dystrybutorów BSP, nie sposób nie dostrzec nagłego wysypu płatowców pionowzlotów, określanych także skrótem VTOL (*Vertical Take Off and Landing*). W tabelach znajdziemy ich już 10. Możliwość pionowego startu i lądowania znacznie ułatwia rozpoczęcie i zakończenie misji, bo nie potrzebujemy do tego rozległego otwartego terenu. Z powodzeniem możemy zatem operować np. na obszarze zabudowanym lub porośniętym wysoką roślinnością, a nawet z ruchomego obiektu, np. łodzi. Nie bez znaczenia jest także bezpieczeństwo. Wypadki płatowców najczęściej zdarzają się podczas lądowania. W przypadku maszyn VTOL ryzyko ich uszkodzenia na tym etapie jest znacznie mniejsze. Do zalet pionowzlotów zalicza się także łatwiejszą obsługę.

Oczywiście „nie ma róży bez kolców”. Kluczową wadą tego typu maszyn jest ich większa waga oraz gorsza aerodynamika, co przekłada się na mniejszy udźwieg lub/i krótszy zasięg. Producenci pionowzlotów nie ustają jednak w wysiłkach, by polepszyć te parametry.

Skoro o zasięgu mowa, warto zauważyć, że dzięki coraz pojemniejszym bateriom cały czas jest on systematycznie

wydłużany. Widać to szczególnie dobrze w tabeli z wirnikowcami. Jeszcze kilka lat temu ich misja mogła trwać zazwyczaj około kwadransa, a dziś nie brak helikopterów, które mogą się utrzymać w powietrzu nawet godzinę.

• Era lasera?

Kolejny coraz wyraźniejszy trend technologiczny to popularyzacja dronów wyposażonych w skaner laserowy. W ostatnich miesiącach jesteśmy świadkami istnego wysypu lekkich, a jednocześnie precyzyjnych systemów skanujących, które można łatwo integrować z różnymi modelami maszyn. Niestety, ich zasadniczą wadą wciąż pozostaje cena. Koszt kompletnego systemu oferującego geodezyjną dokładność pomiaru liczony

jest w setkach tysięcy złotych. Intensywne prace nad samochodami autonomicznymi wskazują, że ceny te powinny wkrótce zacząć spadać, choć drastycznych przecen raczej się nie spodziewamy. Przecież taki system to nie tylko skaner, ale także zaawansowana jednostka IMU. Na marginesie dodajmy, że rychły spadek cen tego typu platform zdaje się potwierdzać wiadomość opublikowaną tuż przed zamknięciem tego wydania „DRONÓW DLA GEODETY”. Otóż własne bezzałogowce z przystępnym cenowo skanerem wkrótce znacznie sprzedawać potęat rynku dronów – chińska firma DJI. Koszt jej systemu nie jest na razie znany.

Już teraz nie brak jednak polskich przedsiębiorstw geodezyjnych, dla których wy-

soka cena tej technologii nie stanowi problemu. Na łamach GEODETY pisaliśmy chociażby o doświadczeniach firm Geoxy (12/2019), Geosystem (4/2020) oraz Geodimex (7/2020), ale lista krajowych użytkowników lidarów jest dłuższa. Atutem tej technologii jest penetrowanie warstwy roślinności, co przecież w kraju, który w 1/3 jest pokryty lasami, ma niebagatelne znaczenie. Użytkownicy zwracają także uwagę na wysoką dokładność danych, ich bardziej przewidywalną jakość czy znacznie szybsze generowanie chmur niż w przypadku dopasowania zdjęć.

Oczywiście nie jest tak, że przez lidar drony z kamerami wkrótce skończą na śmietniku historii. Przecież na liście ich zalet jest nie tylko niższa



DJI Phantom 4 wraz z walizką transportową i panelem sterującym



Pionowzlot Atmos Marylin – jedna z nowości w tegorocznym zestawieniu



Fot. GeoCue

Dron wyposażony w system TruView łączący 2 kamery i lidar

cena. Jak udowodniliśmy niedawno w przeglądzie artykułów naukowych (GEODETA 2/2020), dopasowanie zdjęć pozyskać chmurę pokolorowaną, gęstszą i bardziej szczegółową, a czasem nawet dokładniejszą niż z lidar. W niektórych projektach kamera jest zatem niezastąpiona.

Skoro i lidar, i dopasowanie zdjęć mają swoje zalety oraz ograniczenia, to czy nie najlepiej połączyć te rozwiązania? To kolejny trend, jaki daje się zauważyć na rynku dronów. Odpowiedzią na to zapotrzebowanie są platformy integrujące w jednej obudowie skaner i cyfrową kamerę, czego przykładem jest chociażby system TrueView o wadze raptem 2 kg.

• W kierunku autonomii

Inny coraz popularniejszy termin w branży dronowej to BVLOS (*Beyond Visual Line of Sight*) oznaczający loty poza zasięgiem wzroku. Możliwość wykonywania takich misji sta-

je się już powoli standardem w maszynach dostępnych na rynku. Oferują one bowiem nie tylko coraz bardziej zaawansowanego autopilota czy rozbudowane opcje łączności, ale także funkcje bezpieczeństwa (np. awaryjnego powrotu do bazy). Dla branży geodezyjnej takie rozwiązania są szczególnie ważne, bo pozwalają znacznie łatwiej kartować rozległe obszary. Trudno przecież pozyskać w jednym nalocie zdjęcia dla kilku kilometrów kwadratowych, utrzymując nieprzerwany kontakt wzrokowy z maszyną.

Wykonywaniu lotów BVLOS oraz autonomicznych w geodezji dodatkowo sprzyja rozwój oprogramowania do planowania nalogu. Najbardziej rozwinięte aplikacje pozwalają uwzględniać coraz więcej parametrów, takich jak ukształtowanie terenu czy warunki pogodowe, by do minimum ograniczyć konieczność powtarzania misji w celu uzupełnienia danych.

• Co na to prawo?

Oczywiście opisane nowości są ekscytujące, ale po konfrontacji z przepisami entuzjazm przygasa. A przecież my, w Polsce, i tak mamy mniej powodów do narzekania, bo nasze „prawo dronowe” jest uznawane za jedno z najbardziej liberalnych w Europie. Szczęśliwie w ostatnich miesiącach podjęto ważne inicjatywy legislacyjne, które rozwiążą przynajmniej część problemów sygnalizowanych przez użytkowników BSP.

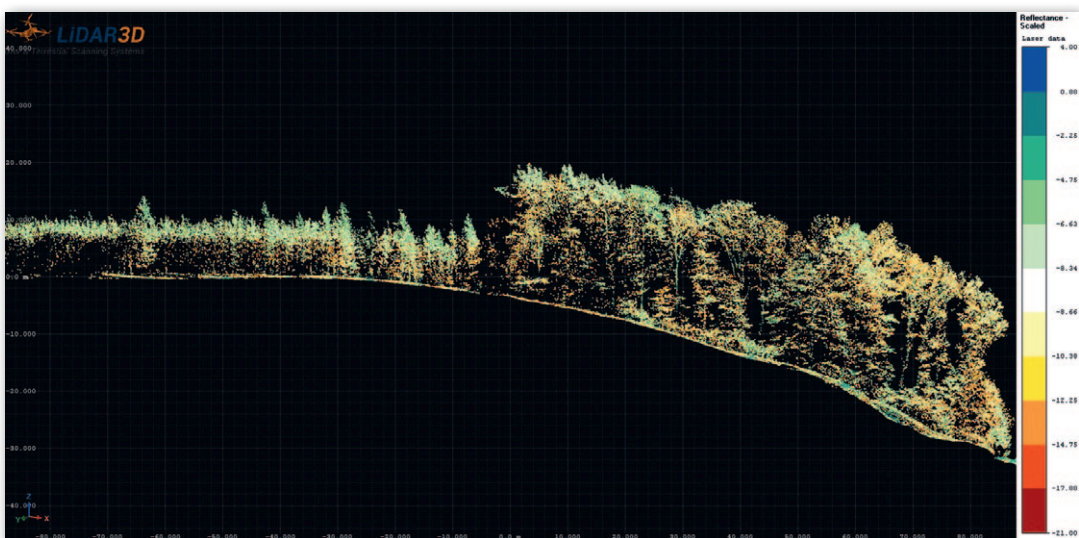
Z punktu widzenia geodezji najważniejsze jest nowe rozporządzenie o standardach geodezyjnych, które obowiązuje od 22 sierpnia br. Wprawdzie ani razu nie pada w nim słowo dron czy nawet fotogrametria, ale na tym właśnie polega zaleta tych regulacji. To kierownik pracy geodezyjnej decyduje, jaką technologię chce wykorzystać, i nie musi się tłumaczyć ani z użytej platformy czy sensora, ani z metodyki ob-

róbki danych – byle spełnione zostały wymagania dokładnościowe. Niewątpliwie znacząco przyczyni się to do popularyzacji dronów w geodezji, choć na pewno nie we wszystkich ośrodkach dokumentacji geodezyjnej ten postęp będzie równie szybki.

Kolejne ważne zmiany legislacyjne wejdą w życie 31 grudnia br., i to od razu w całej Europie, bo wprowadzają je dwa unijne rozporządzenia – 2019/945 oraz 2019/947. Przepisy przewidują m.in. obowiązek rejestrowania operatorów dronów, co wiąże się z koniecznością odbycia szkolenia (dla osób posiadających ważne świadectwo kwalifikacji przewidziano konwersję uprawnień). Wprowadzają też 3 kategorie lotów – otwartą, szczególną i certyfikowaną. Pierwsza obarczona jest najmniejszymi restrykcjami, ale dotyczy lotów w zasięgu wzroku, tylko do wysokości 120 metrów oraz jedynie wtedy, gdy ryzyko dla osób postronnych jest bardzo małe. Jeśli nasza misja nie spełnia tych warunków, musimy zorganizować lot w kategorii szczególnej lub certyfikowanej, co wiąże się z potrzebą zdobycia odpowiednich zezwoleń. Po szczegóły odsyłamy do obszernych wyjaśnień na stronie Urzędu Lotnictwa Cywilnego.

Czy te nowe przepisy ułatwią loty BVLOS oraz autonomiczne? Z pewnością ujednolicią ich wykonywanie w całej UE, natomiast wielu użytkowników z branży geodezyjnej życzyłoby sobie bardziej liberalnych regulacji. Nie dziwny się jednak, że są one wprowadzane tak opornie, wszak na szali leży tu bezpieczeństwo ludzi zarówno na ziemi, jak i w powietrzu. Nie pozostaje więc nic innego jak uzbroić się w cierpliwość i przygotować technologicznie w oczekiwaniu na bardziej odważne regulacje. Bo to, że takie wejdą w życie, jest tylko kwestią czasu.

Jerzy Królikowski



Fot. LIDAR 3D

Przykład chmury punktów z lotniczego skaningu pozyskanej przez drona

DRONY - PŁATOWCE

PRODUCENT	ATMOS UAV	ATMOS UAV	Delair
NAZWA	Marlyn (MSC)	Marlyn (RGB)	DT18
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2020	2020	2012
PLATFORMA			
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	160 x 82 x 70	160 x 82 x 70	1200 dł. x 1800 rozp.
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	plecak 80 x 75 x 43	plecak 80 x 75 x 43	waliza 1250 x 450 x 300
waga całkowita [kg]	5,7 z bateriami	5,7 z bateriami	2,0
maksymalny udźwig [kg]	1	1	brak danych
maksymalna prędkość [km/h]	95	95	61
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	start i lądowanie: 45, lot: 55	start i lądowanie: 45, lot: 55	50
liczba i rodzaj silników	4 elektryczne	4 elektryczne	1 elektryczny
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	55	55	120
metoda startu	VTOL	VTOL	z ręki lub z wyrzutni
POZYCJONOWANIE			
typ odbiornika GNSS	GPS (L1, L2, L5), GLONASS (L1, L2, L3)	GPS (L1, L2, L5), GLONASS (L1, L2, L3)	dwuczęstotliwościowy GNSS (L1, L2)
obsługa korekt	tak	tak	opcja: PPK
IMU	tak	tak	Applanix o dokładności 0,025"
SENSORY			
cyfrowa kamera	MicaSense RedEdge-MX/Altum	Sony UMC-R10C/Sony RX1RII	zintegrowana kamera przemysłowa Delair (RGB) lub multispektralna (Micasense RedEdge)
matryca [Mpx]	1,2/3,2	20,1/42,4	21,4 (RGB)
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	nie	nie	nie
dodatkowe informacje	możliwość zamontowania FLIR Duo Pro R	możliwość wymiany obiektywów w zależności od długości ogniskowej, możliwość zamontowania FLIR Duo Pro R	kanały spektralne Micasense RedEdge: niebieski, zielony, czerwony, red edge, bliska podczerwień
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	MX: 8 dla 120 m, Altum: 5,2 dla 120 m	RX1RII: 1,5 cm dla 120 m, 2 dla 155 m	1,1 dla 80 m, 2,1 dla 150 m, 9,7 dla 700 m
przykładowa produktywność w nalocie [pow. dla określonej rozdzielczości]	około 200 ha dla 8 cm (MX) i 5,2 cm (Altum)	140 ha dla 1 cm, 250 ha dla 1,5 cm	1,8 km kw. dla 1,1 cm, 3,6 km kw. dla 2,1 cm, 19,5 km kw. dla 9,7 cm
skaner laserowy	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanow. [pkt/m kw. dla okr. pułapu]			
zasięg [m]			
dodatkowe informacje			
inne sensory	-	-	-
STEROWANIE			
pulpit kontrolny	aparatura RC + komputer/tablet z Windows 10	aparatura RC + komputer/tablet z Windows 10	tablet
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI			
częstotliwość	2,4 GHz	2,4 GHz	brak danych
możliwość przesyłania obrazów	nie	nie	tak
zasięg w terenie otwartym [km]	20	20	20
OPROGRAMOWANIE			
do planowania nalogów (funkcje)	ATMOS Marlynk - nalogi powierzchniowe, nalogi liniowe, nalogi z uwzględnieniem krzywizny terenu	ATMOS Marlynk - nalogi powierzchniowe, nalogi liniowe, nalogi z uwzględnieniem krzywizny terenu	Solapp - intuicyjne planowanie, nalogi wieloblokowe, kontrola każdego elementu systemu przed startem, nalog z uwzględnieniem NMT
do przetwarzania danych	Pix4Dmapper, Agisoft Metashape, 3Dsurvey	Pix4Dmapper, Agisoft Metashape, 3Dsurvey	Delair-Stack, Pix4D, Trimble Business Center Aerial Photogrammetry, Trimble Inpho UAS Master, Agisoft Metashape Professional Edition i inne
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	Modem Marlynkm kontroler, dwa zestawy baterii, podwójna ładowarka, plecak, walizka do akcesoriów, zestaw zapasowych części, narzędzia, oprogramowanie, instrukcja użytkownika PL	Modem Marlynkm kontroler, dwa zestawy baterii, podwójna ładowarka, plecak, walizka do akcesoriów, zestaw zapasowych części, narzędzia, oprogramowanie, instrukcja użytkownika PL	waliza transportowa, tablet, kamera cyfrowa, oprogramowanie, kable i ładowarki, baterie
DODATKOWE INFORMACJE	możliwość zamontowania transpondera, modułu Beacon oraz kamery FPV	możliwość zamontowania transpondera, modułu Beacon oraz kamery FPV	wydajny płatowiec dalekiego zasięgu idealny do mapowania obiektów liniowych (zasięg nawet 100 km), krótki czas przygotowania do lotu, loty BVLOS
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	NaviGate	NaviGate	Geotronics Dystrybucja






DRONY - PŁATOWCE

PRODUCENT	Delair	Delair	Delair		Delair	FlyTech UAV	FlyTech UAV	GeoPixel
NAZWA	DT26M	DT26X LiDAR	UX11		UX11AG	UAV BIRDIE	UAV BIRDIE VTOL	GeoPixel MTD
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2015	2015	2018		2018	2017	2019	2016
PLATFORMA								
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	1600 dł. x 3300 rozp.	1600 dł. x 3300 rozp.	750 x 350 x 1100		750 x 350 x 1100	560 x 140 x 1400	720 x 140 x 1660	1500 x 300 x 1800
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	waliza 1150 x 650 x 680	waliza 1150 x 650 x 680	brak danych		brak danych	skrzynia 630 x 597 x 315	skrzynia 630 x 597 x 315 + pokrowiec na zasobniki VTOL	1500 x 300 x 300
waga całkowita [kg]	15	17	1,4		1,6	2,5	3,9	2,0
maksymalny udźwig [kg]	5	5	brak danych		brak danych	0,6	0,6	2
maksymalna prędkość [km/h]	57	60	54		54	90	61	72
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	50	36	45		45	54	36	40
liczba i rodzaj silników	1 elektryczny	1 elektryczny	1 elektryczny		1 elektryczny	1 elektryczny	5 elektrycznych	2 elektryczne
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	135	110	59		52	60	30	70 (bateria Li-po), 120 (Li-Ion)
metoda startu	z wyrzutni	z wyrzutni	z ręki		z ręki	z ręki	automatyczny start pionowy (VTOL)	z ręki
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	dwuczęstotliwościowy GNSS (L1, L2)	dwuczęstotliwościowy GNSS (L1, L2)	GPS + GLONASS + SBAS (L1, L2)		GPS + GLONASS + SBAS (L1, L2)	jednoczęstotliwościowy lub wieloczęstotliw. fazowy GPS + GLONASS + Galileo	jednoczęstotliwościowy lub wieloczęstotliw. fazowy GPS + GLONASS + Galileo	PPK GPS + GLONASS (L1)
obsługa korekt	nie	PPK	PPK		PPK	DGNSS, PPK, RTK/RTN	DGNSS, PPK, RTK/RTN	tak
IMU	nie	Applanix APX15 o dokładności 0,025°	tak		tak	zintegrowane z autopilotem	zintegrowane z autopilotem	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	InPixal ASIO 155 Gimbal – sensor EO lub IR do wizji dziennej i nocnej	zintegrowana kamera przemysłowa Delair (RGB)	zintegrowana kamera przemysłowa Delair (RGB)		Micasense RedEdge MX	Sony A6000/Sony RX1R II	Sony A6000/Sony RX1R II	Sony A6000/Sony NEX 5/Sony NEX 7
matryca [Mpx]	EO: 720 x 576 px, IR: 640 x 480 px	21,4 (RGB)	21,4		5 x 1,22	24/42 (pełna klatka)	24/42 (pełna klatka)	24
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	0-90	nie	nie		nie	nie	nie	nie
dotatkowe informacje	EO: zoom opt. x36 i FOV 1,7-56°, IR: zoom cyf. i FOV 17,7°, dł. fali 8-14 µm; śledzenie wideo	podgląd i możliwość korekcji parametrów zdjęcia w trakcie lotu	podgląd i korekcja parametrów zdjęcia w trakcie lotu		podgląd i korekcja parametrów zdjęcia w trakcie lotu	obiektyw Voigtlander 40 lub 21 mm/obiektyw Carl Zeiss 35 mm	obiektyw Voigtlander 40 lub 21 mm/ obiektyw Carl Zeiss 35 mm	-
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	brak danych	brak danych	1 dla 75 m, 2 dla 150 m, 7 dla 500 m		5 dla 75 m, 8 dla 122 m, 34 dla 500 m	A6000: 1 dla 105 m, 3 dla 160 m; RX1RII: 2 dla 155 m, 1,5 dla 120 m	A6000: 1 dla 105 m, 3 dla 160 m; RX1RII: 2 dla 155 m, 1,5 dla 120 m	2,5 dla 120 m, 3,1 dla 150 m
przykładowa produktywność w nalicie [pow. dla określonej rozdzielczości]	brak danych	11 km kw. dla 1,6 cm	1,0 km kw. dla 1 cm, 2,1 km kw. dla 1,7 cm, 8,4 km kw. dla 7 cm		90 ha dla 5 cm, 150 ha dla 8 cm, 600 ha dla 34 cm	A6000: 1,8 km kw. dla 2 cm, 2,7 km kw. dla 3 cm, 4,5 km kw. dla 5 cm; RX1R II: 1,7 km kw. dla 1,3 cm, 2,4 km kw. dla 2 cm, 4,1 km kw. dla 3,5 cm	A6000: 0,9 km kw. dla 2 cm, 1,4 km kw. dla 3 cm; RX1R II: 1,2 km kw. dla 2 cm, 1,8 km kw. dla 3 cm	1,7 km kw. dla 1,3 cm, 2,4 km kw. dla 2 cm, 4,1 km kw. dla 3,5 cm
skaner laserowy	brak	RIEGL miniVUX-TDL	brak		brak	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	100 000	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanow. [pkt/m kw. dla okr. pułapu]		36 pkt dla 120 m						
zasięg [m]		200 przy odbiciu 60%						
dotatkowe informacje		liczba rejestrowanych odbić: 5						
inne sensory	-	-	-		-	Rededge-MX, Sequoia+, Flir Vue Pro, Flir Tau 2, inne		opcja
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	odporny tablet + kontroler	odporny tablet + kontroler	tablet (Android)		tablet (Android)	stacja naziemna z wbudowanym tabletem: łączność radiowa i telemetryczna, aplikacja do planowania nalotu		tablet, laptop
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot		start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot, nalot powierzchniowy i liniowy	start, lądowanie, lot, nalot powierzchniowy i liniowy	start, autolądowanie, lot autonomiczny, krążenie/oczekiwanie, Return to home, FailSafe
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI	odporna antena Mama Bear + 3G/4G	odporna antena Mama Bear + 3G/4G	radio + 3G/4G		radio + 3G/4G			
częstotliwość	pasmo C (opcja: L i S)	brak danych	2,4 GHz		2,4 GHz	433 MHz, 2,4 GHz oraz 4G LTE	433 MHz, 2,4 GHz oraz 4G LTE	868 MHz, 2,4 GHz
możliwość przesyłania obrazów	tak	tak	tak		tak	nie	nie	tak
zasięg w terenie otwartym [km]	50	20	nieograniczony dla 3G/4G		nieograniczony dla 3G/4G	nieograniczony w zasięgu 4G LTE	nieograniczony w zasięgu 4G LTE	3
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	Solapp – intuicyjne planowanie, naloty wieloblokowe, kontrola każdego elementu systemu przed startem, nalot z uwzględnieniem NMT	Solapp – intuicyjne planowanie, naloty wieloblokowe, kontrola każdego elementu systemu przed startem, n alot z uwzględnieniem NMT	Delair Aerial Imaging – intuicyjne planowanie nalołów, naloty wieloblokowe, nalot z uwzględnieniem NMT, kontrola parametrów pozyskiwanych zdjęć, checklista		Delair Aerial Imaging – intuicyjne planowanie nalołów, naloty wieloblokowe, nalot z uwzględnieniem NMT, kontrola parametrów pozyskiwanych zdjęć, checklista	Mission Manager Lite – planowanie misji liniowych i obszarowych, wsparcie lotów nad pochyłymi terenami, checklista, informacje o warunkach pogodowych, integracja z aplikacją DroneRadar	Mission Manager Lite – planowanie misji liniowych i obszarowych, wsparcie lotów nad pochyłymi terenami, checklista, informacje o warunkach pogodowych, integracja z aplikacją DroneRadar	Mission Planner
do przetwarzania danych	brak danych	Delair-Stack, Pix4D, Trimble Business Center Aerial Photogrammetry, Trimble Inpho UAS Master, Agisoft Metashape Professional Edition i inne	Delair After Flight (zarządzanie danymi po nalicie, obl. PPK); opcja: Delair-Stack, Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape itd.		Delair After Flight (zarządzanie danymi po nalicie, obl. PPK); opcja: Delair-Stack, Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape itd.	Agisoft Metashape, 3Dsurvey, SimActive	Agisoft Metashape, 3Dsurvey, SimActive	Pix4D, Agisoft Metashape
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	waliza transportowa, tablet, kamera cyfrowa, oprogramowanie, kable i ładowarki, baterie	waliza transportowa, tablet, kamera cyfrowa, skaner, oprogramowanie, kable i ładowarki, baterie	lekka torba transportowa, zintegrowana kamera, 2 baterie z ładowarką, programy Delair Flight Deck i After Flight, akcesoria i części zamienne		lekka torba transportowa, zintegrowana kamera, 2 baterie z ładowarką, programy Delair Flight Deck i After Flight, akcesoria i części zamienne	pulpit sterujący wraz z aplikacją, szelki dla operatora, 3 inteligentne akumulatory Li-Ion, ładowarki, skrzynia transportowa	jak w systemie UAV BIRDIE, dodatkowo: 2 zasobniki VTOL (demontowalne)	oprogramowanie, kable, tablet, aparatura RC, 4 akumulatory, ładowarka, futerał lub skrzynia, szkolenie dla 2 os., zapasowe śmigła, tester akum., instrukcja
DODATKOWE INFORMACJE	taktyczny, odporny UAV pozwalający uzyskać obraz wysokiej jakości; automatyczne śledzenie obiektów poprzez wskazanie ich na ekranie, cicha praca (< 80 dB)	wydajny UAV o ogromnym zasięgu wyposażony w wysokiej klasy skaner laserowy; dokładność chmury punktów 4 cm poziomo, 2 cm pionowo	delikatne lądowanie BTOL z wykorzystaniem czujnika odległości; start z ręki bez kontaktu ze śmigłem; zaawansowany komputer pokładowy otwarty na rozwój technologiczny		delikatne lądowanie BTOL z wykorzystaniem czujnika odległości; start z ręki bez kontaktu ze śmigłem; zaawansowany komputer pokładowy otwarty na rozwój technologiczny	precyzyjne lądowanie (wsteczny ciąg silnika), transponder ADS-B, łączność GSM, możliwość stworzenia dedykowanej konfiguracji, opcja update’u do VTOL	automatyczny pionowy start i lądowanie, możliwość elastycznego wyboru sposobu startu i lądowania poprzez zasobniki VTOL	instalacja innych kamer, bezpłatny przegląd, wsparcie e-mail/telefon, szkolenie do UAVO VLOS
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	od 59 900	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja		Geotronics Dystrybucja	Leica Geosystems, Navigate	Leica Geosystems, Navigate	GeoPixel

DRONY - PŁATOWCE

PRODUCENT	Intel	MSP	MSP		Novelty RPAS	Quantum-Systems GmbH	Satlab Geosolutions	Satlab Geosolutions
NAZWA	Sirius PRO R2 INT	NEO2	NEO3		Albatros	Trinity F90+ (VTOL)	SLA-1 (mark 3)	SLA-2
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2017	2015	2016		2013	2019	2018	2019
PLATFORMA								
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	1200 x 220 x 1630	2075 x 500 x 3765	2375 x 505 x 3765		1700 x 480 x 4000	1500 dł. x 2394 rozp.	1350 dł. x 1800 rozp.	1500 dł. x 2400 rozp.
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	brak danych	1350 x 350 x 275	1650 x 350 x 275		1000 x 350 x 400	1002 x 830 x 270	brak danych	brak danych
waga całkowita [kg]	2,7	11	15		6,5	5,0	2,7	3,5
maksymalny udźwig [kg]	0,7	1,5	5,5		2	0,7	brak danych	7,5
maksymalna prędkość [km/h]	100	120	120		120	72	50	90
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	65	50	50		60	43	50	60
liczba i rodzaj silników	1 elektryczny	1 elektryczny	1 elektryczny		1 elektryczny BLDC	3 elektryczne	1 elektryczny	3 elektryczne
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	45	90 (start z ręki) lub 150 (start z wyrzutni)	60		120 z modułem GeoScanner Standard	>90	60 (z wymienną baterią 8000 mAh)	70 (z baterii i 1 kg obciążenia)
metoda startu	z ręki	z ręki (opcja z wyrzutni)	z katapulty pneumatycznej		z ręki	automatyczny start pionowy (VTOL)	automatycznie z ręki	automatyczny start pionowy (VTOL)
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	U-blox M8T	U-blox M8T		GPS + GLONASS (opcja: dwuczęstotliw. RTK)	u-blox ZED-F9P, dwuczęstotliwościowy GNSS (L1, L2), GPS + GLONASS + Galileo + BeiDou	RTK z LTE/4G, 2 ant. GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo	GNSS PPK GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo
obsługa korekt	RTK, RTN	DGNSS, RTK, opcja: PPP	DGNSS, RTK, opcja: PPP		RTK (przez RTCM 3 i CMR)	PPK	DGNSS, NTRIP, RTK, PPP (przez modem 4G i UHF)	PPK
IMU	tak, z kompasem	tak	tak		tak	tak	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	Sony RX1RII	Sony A7R/Sony A7R II/Sony A6000	Sony A7R/Sony A7R II/Sony A6000		moduł GeoScanner Standard z kamerą Sony A6000	opcje: Sony RX1R II lub UMC-R10C, MicaSense Red-Edge-MX lub Altum, podwójny payload MicaSense Red-Edge-MX+UMC-R10C, MicaSense RedEdge-MX Blue	sensor Sony	Sony RX1RM2 pełna klatka
matryca [Mpx]	42	36,4/42,4/24,3	36,4/42,4/24,3		24	42 (Sony RX1RII), 20,1 (Sony UMC-R10C)	20,1	42,2
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	nie	opcja	opcja		0-90	nie	brak danych	brak danych
dodatkowe informacje	mechaniczna stabilizacja obrazu	współpraca z fotowyzwalaczem (wyzwalanie zdjęć, zapis parametrów zdjęć), kompensacja kąta yaw, montowanie 2 aparatów (np. RGB + NIR) lub zespołów (np. RGB + multispektralna), integrowanie innych aparatów			-	MicaSense RedEdge-MX – 5 kanałów, MicaSense Red-Edge-MX Blue – 10 kanałów, podwójny payload – wysokorozdzielcze RGB i 5 kanałów w jednym nalocie	zintegrowana skalibrowana kamera 16 mm, moduł wi-fi do podglądu zdjęć na smartfonie, karta microSD	obiektyw Zeiss 35 mm, F. 2.0, 64 GB pamięci z rozbudową do 128 GB
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	do 1,1	2,5 dla 250 m/2,3 dla 250 m/2,8 dla 250 m	2,5 dla 250 m/2,3 dla 250 m/2,8 dla 250 m		1,5 dla 150 m	1,0 dla 80 m, 1,3 dla 100 m, 1,5 dla 120 m	brak danych	brak danych
przykładowa produktywność w nalocie [pow. dla określonej rozdzielczości]	5 km kw. dla 5 cm	7,5 km kw. dla 2,3 cm, 9 km kw. 2,8 cm, 17,3 km kw. dla 4,4 cm	4,3 km kw. dla 2,3 cm, 4,4 km kw. dla 2,8 cm, 8,3 km kw. dla 4,4 cm		18 km kw. dla 5 cm	do 600 ha przy 1,3 cm do 700 ha przy 1,5 cm	brak danych	3,6 km kw. dla 3 cm, 10 km kw. dla 7 cm
skaner laserowy	brak	brak	Riegl miniVUX/Yellowscan Surv./Surv. Ultra/Vx		brak	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	100 000/300 000/600 000/100 000	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanow. [pkt/m kw. dla okr. pułapu]			8,5 dla 75 m/20 dla 50 m/20 dla 100 m/8,5 dla 75 m					
zasięg [m]			100/50/150/75					
dodatkowe informacje			do 5 odbić/do 2 odbić/do 2 odbić/do 5 odbić					
inne sensory	Sony A6300, Micasense RedEdge-M	kamera multispektralna, hyperspektralna, termalna, inne sensory na zamówienie	kamera multispektralna, hyperspektralna, termalna, inne sensory na zamówienie		moduły robocze z kamerami średnioformatowymi, termowizyjnymi, multispektralnymi i obserwacyjnymi	możliwe odpowiednie dopasowanie na zlecenie klienta	-	-
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	komputer PC	notebook, tablet, dedykowany pulpit zintegrowany z notebookiem lub tabletem (typu rugged, np. Getac)	notebook, tablet, dedykowany pulpit zintegrowany z notebookiem lub tabletem (typu rugged, np. Getac)		tablet lub laptop z opcjonalnymi manipulatorami umożliwiający automatyczne planowanie i nadzór misji	laptop + kontroler	tablet 10 cali z Windows PC z radiotransmiterem, osłoną przeciwsłoneczną, statywem i kontrolerem	tablet 10 cali z Windows PC z radiotransmiterem, osłoną przeciwsłoneczną, statywem i kontrolerem
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot	pełen lot w trybie automatycznym (w tym start i lądowanie), tryby mieszane (z manualnym), zmiana parametrów lotu podczas misji, sterowanie sensorami, współpraca z fotowyzwalaczem			tryby: lot automatyczny, automatyczny powrót (RTL), krążenie, manualny	w pełni autonomiczny: start, lot po zadanej trasie, lądowanie, z możliwością przejścia kontroli w trakcie misji i późniejszego na nią powrotu, opcja RTH	w pełni autonomiczny: start, lot po zadanej trasie, lądowanie (z dokładnością RTK)	w pełni autonomiczny: start, lot po zadanej trasie, lądowanie (z dokładnością RTK)
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI								
częstotliwość	2,4 GHz	433 MHz	433 MHz		2,4 lub 5 GHz i inne	2,4 GHz	433 MHz	900 MHz
możliwość przesyłania obrazów	nie	opcja	opcja		tak	nie	nie	nie
zasięg w terenie otwartym [km]	4	10	10		do 10 (bez przeszkód i zakłóceń)	7,5	brak danych	do 10
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	MaVinci Desktop – intuicyjne planowanie nalołów, moduły nalołów powierzchniowych, spiralnych, liniowych, City Mapping, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, dzielenie obszaru nalołu na misje	FlightPlanner MSP – zautomatyzowane, intuicyjne planowanie tras dla poligonów, uwzględnianie siły i kierunku wiatru, podawanie czasu i dystansu misji, możliwość podziału i łączenia obszarów	FlightPlanner MSP – zautomatyzowane, intuicyjne planowanie tras dla poligonów, uwzględnianie siły i kierunku wiatru, podawanie czasu i dystansu misji, możliwość podziału i łączenia obszarów		Novelty RPAS Flight Manager – planowanie i nadzór misji, parametry fotogrametryczne, geofencing, transponder, rejestrowanie obrazu, footprint, automatyczna siatka fotogrametryczna, waypoints, sterowanie manualne, click&go	QBase 3D – trasy w kształcie poligonów, korytarzy, wgranie SHP lub KML z obszarem misji, uwzględnianie siły i kierunku wiatru oraz ukształtowania terenu; podawanie czasu i wielkości obszaru nalołu, łączenie kilku obszarów, naloły krzyżowe	Planner – planowanie nalołów, dobór trasy, wysokości i prędkości, wyznaczenie miejsca lądowania, określanie prędkości i wysokości zniżania, automatyczne obliczanie wielkości piksela oraz optymalnej trasy	Planner – planowanie nalołów, dobór trasy, wysokości i prędkości, wyznaczenie miejsca lądowania, określanie prędkości i wysokości zniżania, automatyczne obliczanie wielkości piksela oraz optymalnej trasy
do przetwarzania danych	Pix4D, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture i itd.	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci		Pix4D, Agisoft PhotoScan, WeMapo i inne	QBase 3D (do GeoTagowania metodą PPK), Agisoft Metashape, Pix4D itd.	Pix4D, AgiSoft Photoscan, Satlab PPK Go, ContextCapture itd.	Pix4D, AgiSoft Photoscan, Satlab PPK Go, ContextCapture itd.
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki, stacja referencyjna GNSS	zasobnik fotograficzny z kompensacją kąta yaw, aparat, fotowyzwalacz MSP, system RC, system łączności, 2 zestawy akumulatorów, wyposażenie operacyjne (ładowarka, zestaw podstawowych narzędzi), pojemniki transportowe, oprogramowanie do planowania lotu, oprogramowanie stacji bazowej, szkolenie z obsługi			brak danych	QBase 3D, PPK, iBase – naziemna stacja ref., bateria + ładowarka, światła antykolizyjne, kontroler, system ADS-B in, walizka, gwarancja, wsparcie techniczne	waliza transportowa kompaktowych rozmiarów oprogramowanie, kable, tablet, statyw, części zamienne, oprogramowanie do planowania misji	waliza transportowa kompaktowych rozmiarów oprogramowanie, kable, tablet, statyw, części zamienne, oprogramowanie do planowania misji
DODATKOWE INFORMACJE	wbudowana w stację nadawczą stacja referencyjna GNSS, możliwość współpracy z sieciami stacji referencyjnych	wersja obserwacyjna z dwukamerową głowicą (RGB + IR) ze stabilizacją; opcja łączy radiowego z przesyłem obrazu	komora ładunkowa ok. 10 l; wersja z 2-kam. głowicą; rampa startowa; dłuższy lot tylko z kamerami; opcja: system spadochronowy, łączy radiowe z przesyłem obrazu, zrealizowane liczne misje z LiDAR-em		kompozytowa konstrukcja, doskonałość aerodynamiczna d = 31, możliwość przenoszenia kilku sensorów, możliwość rozbudowy o dodatkowe wyposażenie i funkcje	wydajny, precyzyjny, wysokiej jakości, płatowiec VTOL; ponad 90 minut lotu, zasięg do 100 km, krótki czas przygotowania do lotu, loty BVLOS, transponder ADS-B	pełny UAV RTK z podwójną anteną GNSS, elektroniczny kompas, czujniki temperatury i wysokości, całkowicie z trwałego kompozytu, bezserwisowa wymiany części zamiennych	automatyczny pionowy start i lądowanie na przestrzeni tylko 4 m x 4 m, obudowa z kompozytów wysokiej jakości (nie z pianki), praca w temp. od -10 do 45°C, bateria 22 000 mAh
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych		od 47 000	od 64 500	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	TPI	MSP	MSP		Novelty RPAS oraz autoryzowani partnerzy	ProGea SKY	Satlab Polska, Cubic Orb, Geobudserwis, Akgeo	Satlab Polska, Cubic Orb, Geobudserwis, Akgeo

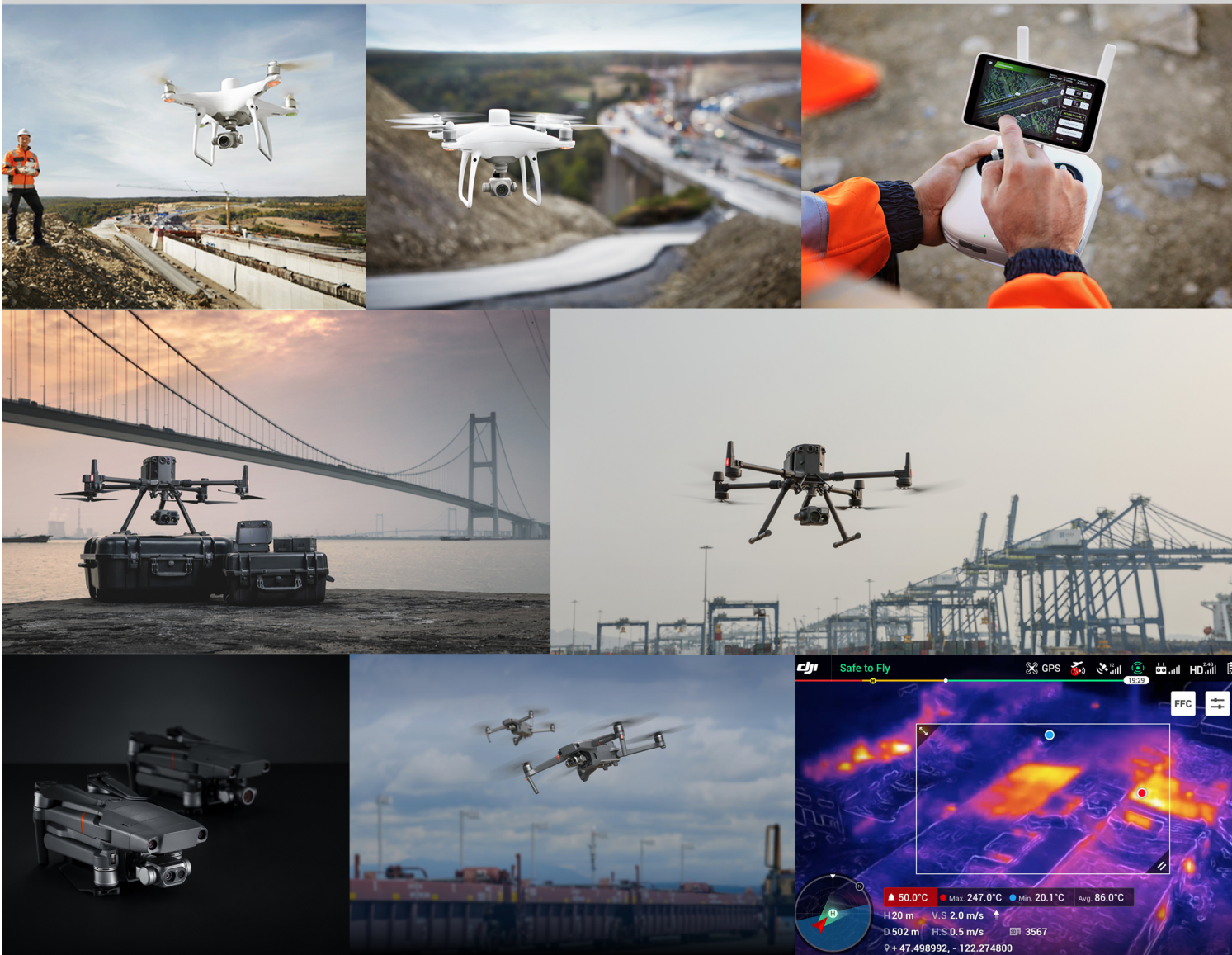
DRONY - PŁATOWCE

								
PRODUCENT	SenseFly	SenseFly	SenseFly		SenseFly	South	Trigger Composites	WingtraONE
NAZWA	eBee SQ	eBee X	eBee X RTK/PPK		eBee X RTK/PPK BVLOS	SkyCruiser MF250	EasyMap UAV	MicaSense Altum
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2016	2018	2018		2020	2020	2014	2020
PLATFORMA								
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	1100 x 100 x 1100	1100 x 100 x 1100	1100 x 100 x 1100		1100 x 100 x 1100	1480 dł. x 2500 rozp.	950 x 200 x 950	680 x 120 x 1250
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	waliza 560 x 570 x 280	waliza 750 x 480 x 330	waliza 750 x 480 x 330		waliza 750 x 480 x 330	brak danych	950 x 100 x 950	waliza 1412 x 740 x 260
waga całkowita [kg]	1,4	1,4	1,4		1,4	11	2,8	3,7
maksymalny udźwig [kg]	0,7	0,7	0,7		0,7	1-2	0,4	0,8
maksymalna prędkość [km/h]	110	110	110		110	75	100	57
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	45	46	46		46	50	54	45
liczba i rodzaj silników	1 elektryczny	1 elektryczny	1 elektryczny		1 elektryczny	5 elektrycznych	1 elektryczny	2 elektryczne
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	55	90	90		90	150	40	55
metoda startu	z ręki	z ręki	z ręki		z ręki	start pionowy (VTOL)	z ręki lub z lin gumowych	z ziemi
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	GPS + GLONASS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS		dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	RTK/PPK	U-blox lub Septentrio	GPS + GLONASS (L1, L2), gotowy na Galileo i BeiDou
obsługa korekt	nie	opcja (RTK, RTN, PPK)	RTK, RTN, PPK		RTK, RTN, PPK	tak	DGNSS, PPK	PPK
IMU	tak	tak	tak		tak	nie	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	Sequoia+	Aeria X	Aeria X		Aeria X	DLSR/double-lens/5-lens/360° full perspective	Sony RX100 M2/Parrot Sequoia	MicaSense Altum
matryca [Mpx]	RGB: 16; wielospektralna - 4 x 1,2	24	24		24	42,18/36,15/24/bd.	Sony RX100 M2: 20	wielospektralna: 5 x 3,2; termowizyjna: 0,02
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	nie	opcja: S.O.D.A 3D	opcja: S.O.D.A 3D		opcja: S.O.D.A 3D	nie	nie	nie
dodatkowe informacje	czujnik oświetlenia	migawka globalna, matryca APS-C	migawka globalna, matryca APS-C		migawka globalna, matryca APS-C	-	stabilizacja obrazu	kanały spektralne Micasense RedEdge: niebieski, zielony, czerwony, red edge, bliska podczerwień, kanał termalny
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	2,1 dla 120 m	2,5 dla 122 m	2,5 dla 122 m		2,5 dla 122 m	5 dla 387 m, 10 dla 775 m/ 3,5 dla 251 m, 5 dla 358 m/3,5 dla 178 m, 5 dla 255 m	3,5 dla 140 m	wielospektralna: 3,4 dla 50 m, termowizyjna: 54 dla 800 m
przykładowa produktywność w nalicie [pow. dla określonej rozdzielczości]	2 km kw. dla 2,1 cm	2,5 km kw. dla 2,5 cm	2,5 km kw. dla 2,5 cm		2,5 km kw. dla 2,5 cm	24 km. kw dla 5 cm; 46 km. kw dla 10 cm/ 7 km. kw dla 3,5 cm; 11 km. kw dla 5 cm/ 12 km. kw dla 3,5 cm; 18 km. kw dla 5 cm	2 km kw. dla 5 cm	130 ha dla 5,1 cm
skaner laserowy	brak	brak	brak		brak	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanow. [pkt/m kw. dla okr. pułapu]								
zasięg [m]								
dodatkowe informacje								
inne sensory	czujnik światła, czujnik zbliżania się ziemi	kamera multispektralna Parrot Sequoia+, termalna Duet-T, multispektralna RedEdge-MX, kamera do zdjęć ukośnych S.O.D.A 3D, czujnik zbliżania się do ziemi, czujnik światła	kamera multispektralna Parrot Sequoia+, termalna Duet-T, multispektralna RedEdge-MX, kamera do zdjęć ukośnych S.O.D.A 3D, czujnik zbliżania się do ziemi, czujnik światła		kamera multispektralna Parrot Sequoia+, termalna Duet-T, multispektralna RedEdge-MX, kamera do zdjęć ukośnych S.O.D.A 3D, czujnik zbliżania się do ziemi, czujnik światła	autopilot, prędkościomierz, akcelerometr, barometr, magnetometr, żyroskop	-	-
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	komputer PC	komputer PC	komputer PC		komputer PC	dowolny PC	laptop + nadajnik	aparatura RC + tablet
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot, return to home, FailSafe, naloł liniowy, naloł powierzchniowy, sterowanie sensorami	start, lądowanie, lot, return to home, FailSafe, naloł liniowy, naloł powierzchniowy, sterowanie sensorami	start, lądowanie, lot, return to home, FailSafe, naloł liniowy, naloł powierzchniowy, sterowanie sensorami		start, lądowanie, lot, return to home, FailSafe, naloł liniowy, naloł powierzchniowy, sterowanie sensorami	tak	start, lądowanie, lot, funkcje bezpieczeństwa	start, lądowanie, lot
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI								
częstotliwość	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz		2,4 GHz	brak danych	433 MHz i 2,4 GHz	radio, telemetria 868 Mhz
możliwość przesyłania obrazów	nie	nie	nie		nie	brak danych	nie	nie
zasięg w terenie otwartym [km]	8	8	8		8	20	10	8
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołóó (funkcje)	senseFly eMotion AG - intuicyjne planowanie nalołóó, moduł nalołóó powierzchniowych, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misje	senseFly eMotion 3 - intuicyjne planowanie nalołóó, moduł nalołóó powierzchniowych, moduł nalołóó liniowych, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misje, wykorzystywanie własnych modeli terenu, sterowanie wieloma platformami w tym samym momencie z poziomu jednego komputera			senseFly eMotion 3 - intuicyjne plan. nalołóó, moduł nalołóó pow. i liniowych, loty z uwzgl. ukształtowania terenu, dzielenie obszaru nalołu na misje, użycie własnych NMT, jednoczesne ster. wieloma platformami	VTOL UAV - automatyczny start, lot, zbieranie danych i lądowanie, automatyczny powrót przy słabej baterii, anomalii prędkości lotu bądź nietypowego ustawienia	GCS - planowanie tras, funkcje bezpieczeństwa, telemetria, zmiany parametrów lotu	WingtraPilot - planowanie nalołóó, naloł z uwzględnieniem NMT, checklista
do przetwarzania danych	Pix4D, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture i itd.	Pix4D, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture i itd.	Pix4D, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture i itd.		Pix4D, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture i itd.	South SkyPhoto	Pix4D Mapper (opcja)	Wingtra Hub (obliczenia PPK), przetwarzanie zdjęć: Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, 2 baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, 2 baterie, ładowarki		waliza transportowa, oprogramowanie, kable, 2 baterie, ładowarki	brak danych	waliza, oprogramowanie, stacja bazowa, nadajnik RC, liny gumowe do startu, aparat fotograficzny, szkolenie	torba transportowa, tablet, aparatura, 4 baterie, ładowarka, części zamienne, oprogramowania do postprocesingu Wingtra
DODATKOWE INFORMACJE	system unikania przeszkód, możliwość rozbudowy do wersji RTK/PPK, możliwość rozbudowy do wersji BVLOS, steep landing - lądowanie w ograniczonej przestrzeni	system unikania przeszkód, możliwość rozbudowy do wersji RTK/PPK, możliwość rozbudowy do wersji BVLOS, steep landing - lądowanie w ograniczonej przestrzeni, możliwość współpracy z sieciami stacji referencyjnych			system unikania przeszkód, wbudowany oraz zintegrowany moduł BVLOS, steep landing - lądowanie w ograniczonej przestrzeni, możliwość współpracy z sieciami stacji referencyjnych	-	super slow landing mode - tryb powolnego podejścia do lądowania i sytuacji awaryjnych	start i lądowanie w pionie, wymagane miejsce do staru/lądowania 2 x 2 m, możliwość kontynuacji misji po przerwaniu, kierunek lotu nieuwarunkowany kierunkiem wiatru, wymienne kamery
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	od 29 900	brak danych
DYSTRYBUTOR	TPI	TPI	TPI		TPI	Geomatix	Trigger Composites	Geotronics Dystrybucja

DRONY - PŁATOWCE

PRODUCENT	WingtraONE	WingtraONE	WingtraONE
NAZWA	QX1-20mm	Rededge MX	RX1
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2018	2019	2018
PLATFORMA			
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	680 x 120 x 1250	680 x 120 x 1250	680 x 120 x 1250
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	waliza 1411 x 740 x 260	waliza 1412 x 740 x 260	waliza 1410 x 740 x 260
waga całkowita [kg]	3,7	3,7	3,7
maksymalny udźwig [kg]	0,8	0,8	0,8
maksymalna prędkość [km/h]	57	57	57
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	45	45	45
liczba i rodzaj silników	2 elektryczne	2 elektryczne	2 elektryczne
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	55	55	55
metoda startu	z ziemi	z ziemi	z ziemi
POZYCJONOWANIE			
typ odbiornika GNSS	GPS + GLONASS (L1, L2), gotowy na Galileo i BeiDou	GPS + GLONASS (L1, L2), gotowy na Galileo i BeiDou	GPS + GLONASS (L1, L2), gotowy na Galileo i BeiDou
obsługa korekt	PPK	PPK	PPK
IMU	tak	tak	tak
SENSORY			
cyfrowa kamera	Sony QX1	Micasense RedEdge MX	Sony RX1
matryca [Mpx]	19,8	5 x 1,22	42,4
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	nie	nie	nie
dotatkowe informacje	dwa obiektywy – 20 mm i 15 mm	kanaty spektralne Micasense RedEdge: niebieski, zielony, czerwony, red edge, bliska podczerwień	-
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	1,5 dla 71 m, 3,0 dla 141 m, 6,0 dla 282 m	6,7 dla 98 m	0,7 dla 57 m, 1,5 dla 120 m, 3,0 dla 240 m, 8,0 dla 640 m
przykładowa produktywność w nalicie [pow. dla określonej rozdzielczości]	160 ha dla 1,5 cm, 310 ha dla 3,0 cm, 610 ha dla 6,0 cm	160 ha dla 98 m	100 ha dla 0,7 cm, 210 ha dla 1,5 cm, 400 ha dla 3,0 cm, 1010 ha dla 8 cm
skaner laserowy	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanow. [pkt/m kw. dla okr. pułapu]			
zasięg [m]			
dotatkowe informacje			
inne sensory	-	-	-
STEROWANIE			
pulpit kontrolny	aparatura RC + tablet	aparatura RC + tablet	aparatura RC + tablet
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI	radio, telemetria 868 Mhz	radio, telemetria 868 Mhz	radio, telemetria 868 Mhz
częstotliwość	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
możliwość przesyłania obrazów	nie	nie	nie
zasięg w terenie otwartym [km]	8	8	8
OPROGRAMOWANIE			
do planowania nalotów (funkcje)	WingtraPilot – planowanie nalotów, nalot z uwzględnieniem NMT, checklista	WingtraPilot – planowanie nalotów, nalot z uwzględnieniem NMT, checklista	WingtraPilot – planowanie nalotów, nalot z uwzględnieniem NMT, checklista
do przetwarzania danych	Wingtra Hub (obliczenia PPK), przetwarzanie zdjęć: Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape	Wingtra Hub (obliczenia PPK), przetwarzanie zdjęć: Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape	Wingtra Hub (obliczenia PPK), przetwarzanie zdjęć: Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	torba transportowa, tablet, aparatura, 4 baterie, ładowarka, części zamienne, oprogramowania do postprocesingu Wingtra	torba transportowa, tablet, aparatura, 4 baterie, ładowarka, części zamienne, oprogramowania do postprocesingu Wingtra	torba transportowa, tablet, aparatura, 4 baterie, ładowarka, części zamienne, oprogramowania do postprocesingu Wingtra
DODATKOWE INFORMACJE	start i lądowanie w pionie, wymagane miejsce do startu/lądowania 2 x 2 m, możliwość kontynuacji misji po przerwaniu, kierunek lotu nie uwarunkowany kierunkiem wiatru, wymienne kamery	start i lądowanie w pionie, wymagane miejsce do startu/lądowania 2 x 2 m, możliwość kontynuacji misji po przerwaniu, kierunek lotu nie uwarunkowany kierunkiem wiatru, wymienne kamery	start i lądowanie w pionie, wymagane miejsce do startu/lądowania 2 x 2 m, możliwość kontynuacji misji po przerwaniu, kierunek lotu nie uwarunkowany kierunkiem wiatru, wymienne kamery
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja

dji ENTERPRISE



DJI Enterprise - sprzęt dostosowany do potrzeb

CZERSKI
SINCE 1928



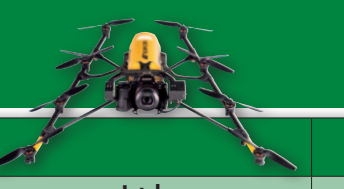
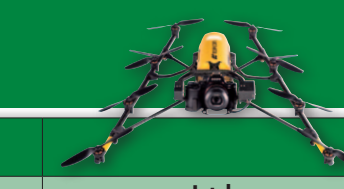
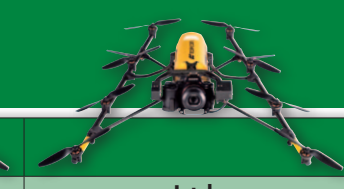


Autoryzowany sprzedawca produktów DJI Enterprise
w ramach sieci sprzedaży:

INNPRO

DRONY - WIRNIKOWCE

								
PRODUCENT	DJI	DJI	DJI		DJI	DJI	DJI	DJI
NAZWA	Inspire 2	Matrice 200 V2	Matrice 210 V2		Matrice 210 RTK V2	Matrice 300 RTK	Matrice 600 Pro	Phantom 4 Pro V2.0
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2016	2019	2019		2019	2020	2017	2016
PLATFORMA								
wymiary platformy gotowej do lotu [dł. x wys. x szer. w mm]	620 (przekątna)	883 x 886 x 398	883 x 886 x 398		883 x 886 x 427	810 x 670 x 430	1668 x 1518 x 727	370 (przekątna)
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	605 (przekątna)	722 x 247 x 242	722 x 282 x 242		772 x 282 x 242	430 x 420 x 430	437 x 402 x 553	350 (przekątna)
waga całkowita [kg]	3,4	4,69 + 2 akumulatory TB55	4,8 + 2 akumulatory TB55		4,91 + 2 akumulatory TB55	6,3 z dwiema bateriami TB60	9,5 z baterią TB47S lub 10 z TB48S	1,39
maksymalny udźwig [kg]	0,85	1,45	1,34		1,23	2,7	6	brak danych
maksymalna prędkość [km/h]	94	81	81		81	83	65	72
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	36	43,2	43,2		43,2	54	28,8	36
liczba i rodzaj silników	4 x DJI 3512	4 x DJI 3515	4 x DJI 3515		4 x DJI 3515	4 x DJI 6009	6 x DJI 6010	4 x DJI Motor
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	23 (z kamerą Zenmuse X7)	24 przy wadze startowej 6,14 kg	34 bez ładunku; 24 przy wadze 6,14 kg		34 bez ładunku; 24 przy wadze 6,14 kg	31 z pełnym obciążeniem; 43 z kamerą H20T, 55 bez ładunku	TB47S: 16, TB48S: 18 (z ładunkiem); TB47S: 35, TB48S: 40 (bez ładunku)	brak danych
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	GPS + GLONASS	GPS + GLONASS	GPS + GLONASS		GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo	GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo	potrójny GPS + GLONASS	GPS + GLONASS
obsługa korekt	nie	nie	nie		tak	tak	tak	nie
IMU	nie	nie	nie		tak	tak	nie	nie
SENSORY								
cyfrowa kamera	możliwość podłączenia m.in. Zenmuse X5S, X7	możl. podłączenia m.in. Zenmuse X7, X5S, XT, XT2, Z30, FLIR, MicaSense RedEdge-M, RedEdge-MX, Altum	możl. podłączenia m.in. Zenmuse X7, X5S, XT, XT2, Z30, FLIR, MicaSense RedEdge-M, RedEdge-MX, Altum		możl. podłączenia m.in. Zenmuse X7, X5S, XT, XT2, Z30, FLIR, MicaSense RedEdge-M, RedEdge-MX, Altum	możl. podłączenia m.in. Zenmuse H20, H20T, XT S, XT2, Z30, MicaSense RedEdge-MX, MX-blue, Altum	możl. podłączenia m.in. Zenmuse X5, Phase One, FLIR, MicaSense RedEdge-MX, Altum, Z30, XT2	dedykowana podłączona kamera
matryca [Mpx]	24, 20 lub 20,8	20 lub 20,8 (w zależności od modelu)	20 lub 20,8 (w zależności od modelu)		20 lub 20,8 (w zależności od modelu)	12 (szeroki kąt), 20 (zoom), 0,33 (termowizja) przy H20T	od 20 do 101 (w zależności od modelu)	20
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	-90 do 30	-90 do 30	-90 do 30		-90 do 30	-120 do 30	-90 do 30	-90 do 30
dodatkowe informacje	-	obsługa kamer termowizyjnych i multispektralnych	obsługa kamer termowizyjnych i multispektralnych, możliwość podłączenia kamery na górze		obsługa kamer termowizyjnych i multispektralnych, możliwość podłączenia kamery na górze	obsługa kamer RGB, termalnych, multispektralnych, możliwość podłączenia 3 kamer jednocześnie (2 na dole, 1 na górze), system czujników 360° w zależności od ustawionego zoomu	obsługa kamer RGB, termalnych, multispektralnych	-
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	1 dla 45 m	1 dla 45 m	1 dla 45 m		1 dla 45 m		pojedyncze mm przy zastosowaniu kamery Phase One	1 dla 40 m, 2,7 dla 100 m
przykładowa produktywność w nalocie [pow. dla rozdż.]	30 ha dla 120 m	40 ha dla 120 m	40 ha dla 120 m		40 ha dla 120 m	40 ha dla 120 m	50 ha dla 120 m	25 ha dla 120 m
skaner laserowy	brak	brak	brak		brak	YellowScan	NAVI-LiDAR	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		nie dotyczy	w zależności od modelu	600 000	nie dotyczy
gęstość skanowania [pkt/m kw. dla okr. pułapu]							brak danych	
zasięg [m]							100	
dodatkowe informacje							waga 590 g, 16 kanałów, pole widzenia 360°	
inne sensory	barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z przodu, z góry i z dołu	barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z przodu, z góry i z dołu, opcja: dookólna dioda LED, kamera FPV, kamery termowizyjne i multispektralne	-		barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z przodu, z góry i z dołu, opcja: dookólna dioda LED, kamera FPV, kamery termowizyjne i multispektralne	barometr, żyroskop, opcja: kamera termowizyjna, kamera multispektralna, czujnik dymu, czujniki 360°	barometr, żyroskop, opcja: kamera termowizyjna, kamera multispektralna, czujnik dymu	barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z każdej strony i z dołu
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	tablet, laptop lub smartfon	tablet, laptop lub smartfon	tablet, laptop lub smartfon		tablet, laptop lub smartfon	dedykowany kontroler DJI Smart Controller Enterprise	tablet, laptop lub smartfon	tablet, laptop lub smartfon
możliwości autopilota	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)		tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI	Lightbridge 2 HD	OcuSync 2.0	OcuSync 2.0		OcuSync 2.0	OcuSync Enterprise	Lightbridge 2 HD	Lightbridge 2 HD
częstotliwość	2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz	2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz	2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz		2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz	2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz	2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz	2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz
możliwość przesyłania obrazów	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
zasięg w terenie otwartym [km]	3,5	5	5		5	15	3,5	3,5
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	DJI GS Pro, DJI Pilot, Pix4Dcapture - lot po wyznaczonej trasie, wykonywanie zdjęć pionowych (pod ortofotomapy) i ukośnych (pod modele 3D)	DJI GS Pro, DJI Pilot, Pix4Dcapture - lot po wyznaczonej trasie, wykonywanie zdjęć pionowych (pod ortofotomapy) i ukośnych (pod modele 3D)	DJI GS Pro, DJI Pilot, Pix4Dcapture - lot po wyznaczonej trasie, wykonywanie zdjęć pionowych (pod ortofotomapy) i ukośnych (pod modele 3D)		DJI GS Pro, DJI Pilot, Pix4Dcapture - lot po wyznaczonej trasie, wykonywanie zdjęć pionowych (pod ortofotomapy) i ukośnych (pod modele 3D)	DJI Pilot - lot po wyznaczonej trasie, wykonywanie zdjęć pionowych (pod ortofotomapy) i ukośnych (pod modele 3D); zaawansowane opcje śledzenia	DJI GS Pro - możliwość lotu po wyznaczonej trasie, ustalenie prędkości lotu, liczby zdjęć, pokrycia poprzecznego i podłużnego, obszaru wykonania nalołu, pułapu	
do przetwarzania danych	Pix4D, Agisoft, 3DSurvey, Inpho UASMaster, Leica Inifinity, DJI Terra							
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	kontroler, 4 śmigła, 2 akum. TB50, ładow., hub do ładowania 4 akum., kabel zasil., kabel USB (2 porty A), microSD 16 GB, walizka, 3 amortyzatory gimbała, mocowanie śmigieł, mata do kalibracji sensorów, 4 naklejki termoizolacyjne do akumulatora	kontroler, 2 nogi podwozia, 2 bat. TB55, ładow., hub do ładowania 4 bat. TB50/TB55, 4 śmigła, kabel zasilający, kabel USB (dwa porty A), karta microSD, walizka, 3 amortyzatory gimbała, mocowanie śmigieł, mata do kalibracji sensorów, 4 naklejki termoizolacyjne	kontroler cendence, 2 nogi podwozia, monitor crystal-sky, hub do ładowania baterii WB37, 2 bat. WB37, 2 bat. TB55, ładowarka do 4 baterii TB50/TB55, 4 śmigła, kabel zasilający, kabel USB, microSD, walizka, 3 amortyzatory gimbała, mata do kalibracji, mocowanie GPS, górne i dolne mocowanie gimbała		kontroler cendence, 2 nogi podwozia, monitor crystal-sky 7,85 cala, hub do ładowania baterii WB37, 2 baterie WB37, 2 baterie TB55, ładowarka do ładowania 4 baterii TB50/TB55, 4 śmigła, kabel zasilający, kabel USB (dwa porty A), karta microSD, walizka, 3 amortyzatory gimbała, mocowanie śmigieł, mata do kalibracji sensorów, 4 naklejki termoizolacyjne, mocowanie GPS, górne mocowanie gimbała, dolne mocowanie gimbała		2 nogi, 2 płozы, 2 sprężyny podwozia, kontroler, 6 akumulatory TB47S, ładowarka, kabel zasilający, kabel RC, kabel micro-USB, 6 blokad ramienia, taśmy dwustronne, naklejki na baterie, komplet śrub	kontroler, 4 śmigła, bateria, ładowarka, kabel zasilający, blokada gimbała, kabel USB OTG, kabel micro-USB, karta microSD, walizka ochronna
DODATKOWE INFORMACJE	wysoka stabilność lotu, możliwość podłączenia kamery na górze, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód terenowych, możliwość śledzenia wybranego obiektu	wysoka stabilność lotu, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód terenowych, możliwość śledzenia wybranego obiektu	wysoka stabilność lotu, możliwość podłączenia kamery na górze, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód teren., śledzenie wybranego obiektu		wysoka stabilność lotu, możliwość podłączenia kamery na górze, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód terenowych, śledzenie wybranego obiektu	wysoka stabilność lotu, powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia, czujniki 360°, możliwość lotu z 3 kamerami (2 na dole, 1 u góry), zaawansowane tryby śledzenia, możliwość przełączania sterowania dronem pomiędzy 2 pilotów	wysoka stabilność lotu, powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia	wysoka stabilność lotu, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód terenowych, możliwość śledzenia wybranego obiektu
CENA [ZŁ NETTO]	od 12 190	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	od 19 900	5 900
DYSTRYBUTOR/AUTORYZOWANY SPRZEDAWCA	Innprow/Czerski Trade Polska, NaviGate, Solectric/Leica Geosystems	Innprow/Czerski Trade Polska, NaviGate, Solectric/Leica Geosystems, TPI	Innprow/Czerski Trade Polska, NaviGate, Solectric/Leica Geosystems, TPI		Innprow/Czerski Trade Polska, NaviGate, Solectric/Leica Geosystems, TPI	Innprow/Czerski Trade Polska, NaviGate, TPI	Innprow/Czerski Trade Polska, NaviGate	Innprow/Czerski Trade Polska, NaviGate, Solectric/Leica Geosystems

DRONY – WIRNIKOWCE

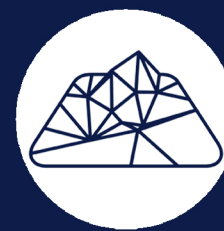
								
PRODUCENT	DJI	DJI	Intel		Intel	Intel	Leica	MSP
NAZWA	Phantom 4 Multispectral	Phantom 4 RTK	Falcon 8+ INS		Falcon 8+ SUR A7R	Falcon 8+ SUR RX1R II	Aibot	geoBZYG
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2019	2018	2017		2017	2020	brak danych	2017
PLATFORMA								
wymiary platformy gotowej do lotu [dł. x wys. x szer. w mm]	370 (przekątna)	370 (przekątna)	770 x 125 x 820		770 x 125 x 820	770 x 125 x 820	1668 x 1518 x 759	330 x 200 x 285
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	350 (przekątna)	350 (przekątna)	waliza 1000 x 200 x 1200		waliza 1000 x 200 x 1200	waliza 1000 x 200 x 1200	540 x 582 x 623	330 x 200 x 285
waga całkowita [kg]	1,49	1,39	2,3		2,3	2,3	9,1	1,6
maksymalny udźwig [kg]	brak danych	brak danych	0,8		0,8	0,8	6	0,3
maksymalna prędkość [km/h]	58	58	60		60	60	70	40
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	36	36	55		55	55	20	29
liczba i rodzaj silników	4 x DJI Motor	4 x DJI Motor	8 elektrycznych		8 elektrycznych	8 elektrycznych	6 elektrycznych	4 elektryczne
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	30	30	22		22	22	30	20
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo	GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo	GPS + GLONASS		GPS + GLONASS	GPS + GLONASS	GNSS	U-blox M8
obsługa korekt	tak	tak	nie		nie	nie	tak	opcja: DGNSS, RTK, PPK
IMU	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	dedykowana podłączona kamera	dedykowana podłączona kamera	Inspection Payload TZ71 (RGB + IR)		Sony Alpha 7R	Sony RX1R II	tak	BASLER acA2440
matryca [Mpx]	2 lub 12 (RGB)	20	12		36	42	24,2 lub 42,2	5
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	-90 do 30	-90 do 30	-90 do 90		-90 do 90	-90 do 90	tak	nie
dodatkowe informacje	brak danych	brak danych	stabilizacja obrazu		stabilizacja obrazu	stabilizacja obrazu	-	-
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	10,5 dla 100 m (pojedyncze kanały), 3,5 dla 100 m	1 dla 40 m, 2,7 dla 100 m	brak danych		0,9 dla 65 m	0,8 dla 65 metrów	1 dla 70 m	2 dla 50 m, 4 dla 100 m
przykładowa produktywność w naloce [pow. dla rozdż.]	25 ha dla 120 m	25 ha dla 120 m	brak danych		brak danych	brak danych	64 ha dla 70 m	0,35 km kw. dla 3,2 cm
skaner laserowy	brak	brak	brak		brak	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanowania [pkt/m kw. dla okr. pułapu]								
zasięg [m]								
dodatkowe informacje								
inne sensory	barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z każdej strony i z dołu	barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z każdej strony i z dołu	Sony A7R, Sony RX1R II		TZ71 (Flir Tau 2 + RGB), Sony RX1R II	TZ71 (Flir Tau 2 + RGB), Sony A7R	-	opcja: kamera multispektralna, kamera termalna
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	tablet lub laptop	tablet (wbudowany) lub laptop	Mobile Ground Station, komputer PC		Mobile Ground Station, komputer PC	Mobile Ground Station, komputer PC	tak [sugeruję podać typ - laptop? smartfon?]	dedykowany
możliwości autopilota	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	start, ładowanie, lot, planowanie misji autonomicznych, planowanie misji do lotów 3D		start, ładowanie, lot, planowanie misji autonomicznych, planowanie misji do lotów 3D	start, ładowanie, lot, planowanie misji autonomicznych, planowanie misji do lotów 3D	tak [sugeruję podać funkcje]	pełen lot w trybie automatycznym, tryby mieszane, zmiana parametrów lotu podczas misji, sterowanie sensorami, współpraca z fotowyzwalaczem
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI	Ocusync 2.0	Ocusync 2.0						
częstotliwość	2,400 do 2,483 GHz	2,400 do 2,483 GHz	2,4 GHz		2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
możliwość przesyłania obrazów	tak	tak	tak		tak	tak	tak	nie
zasięg w terenie otwartym [km]	5	5	2		2	2	4	2
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	Ground Station Pro	GS RTK APP – tryb wolnego lotu + 8 trybów autonomicznych (lot po punktach, naloł 2D, Double Grid, Multi Oriented, naloł z uwzględnieniem NMT, naloł skośny, naloł fasady budynku, naloł liniowy); możliwość podgrania obszaru w pliku KML	Intel Mission Control Software – loty powierzchniowe, loty liniowe, loty wokół POI, loty cylindryczne		Intel Mission Control Software – loty powierzchniowe, loty liniowe, loty wokół POI, loty cylindryczne	Intel Mission Control Software – loty powierzchniowe, loty liniowe, loty wokół POI, loty cylindryczne	Leica QGC/Leica Infinity	MSP MissionPlanner – zautomatyzowane, intuicyjne planowanie tras dla obszarów, bieżące podawanie czasu i dystansu misji, możliwość podziału i łączenia obszarów
do przetwarzania danych	Pix4D, Agisoft, Inpho UASMaster, Leica Inifinity, DJI Terra	Pix4D, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture i inne			Pix4D, Agisoft Metashape, Bentley ContextCapture i inne		Leica QGC/Leica Infinity	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci, autorskie do obl. objętości
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	kontroler, 2 akumulatory 5870 mAh, zapasowy komplet śmigieł, ładowarka, karta 32 GB, okablowanie	kontroler z wbud. tabletem, 2 akumul. 5870 mAh, akumulator WB37 do kontrolera, zapasowy komplet śmigieł, 2 ładowarki (do akumulatorów do drona i kontrolera), modem GPRS, karta 32 GB, okablowanie	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki		waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	gimbal, kamera, radio, GSM, odbiornik GNSS, skrzynia transportowa, hub do ładowania, dwa komplety baterii, oprogramowanie	system RC, system łączności, 2 zestawy akumulatorów napędowych, wyposażenie operacyjne, pojemniki transportowe, oprogramowanie do planowania lotu, oprogramowanie stacji bazowej, szkolenie z obsługi
DODATKOWE INFORMACJE	tagowanie zdjęć z cm dokładnością, opcjonalnie możliwość zastosowania stacji bazowej, wysoka stabilność lotu, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód terenowych	tagowanie zdjęć z cm dokładnością, opcjonalnie możliwość zastosowania stacji bazowej, wysoka stabilność lotu, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód terenowych	zwielokrotnione układy sterujące (IMU, GPS/ GNSS), wysoka stabilność przy silnym wietrze ze względu na kształt		zwielokrotnione układy sterujące (IMU, GPS/ GNSS), wysoka stabilność przy silnym wietrze ze względu na kształt	zwielokrotnione układy sterujące (IMU, GPS/ GNSS), wysoka stabilność przy silnym wietrze ze względu na kształt	-	wersja systemu do szybkiego generowania orto i NMPT oraz automat. obliczeń objętości, wersja obserwacyjna z dwukamerową głowicą (RGB + IR) ze stabil.; opcja łączy radio. z przesyłem obrazu
CENA [ZŁ NETTO]	21 137	20 325	brak danych		brak danych	brak danych	od 99 000	brak danych
DYSTRYBUTOR/AUTORYZOWANY SPRZEDAWCA	Innpro/Czerski Trade Polska, NaviGate, Solectric/Leica Geosystems	Innpro/Czerski Trade Polska, NaviGate, Solectric/Leica Geosystems, TPI	TPI		TPI	TPI	Leica Geosystems	MSP

DRONY - WIRNIKOWCE

								
PRODUCENT	MSP	Novelty RPAS	Parrot		Riegl	Riegl	Riegl	Riegl
NAZWA	ZAWISAK	OGAR Mk2	Anafi Work		BathyCopter	RiCOPTER	RiCOPTER M	Riegl Kit 600 + DJI Matrice 600 Pro
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2015	2017	2018		2015	2014	2017	2018
PLATFORMA								
wymiary platformy gotowej do lotu [dł. x wys. x szer. w mm]	815 x 425 x 815	970 x 330 x 970	244 x 67 x 65		1920 x 470 x 1820	1920 x 470 x 1820	1920 x 470 x 1820	1668 x 1518 x 727
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	waliza 750 x 1000 x 680	850 x 150 x 250	175 x 240 x 65		624 x 986 x 470	624 x 986 x 470	624 x 986 x 470	437 x 402 x 553
waga całkowita [kg]	13	4,6	0,32		25	25	30	10,0 - dron z bateriami TB48S; 0,7 - Riegl kit 600 + waga systemu skanującego
maksymalny udźwig [kg]	4	1,5 (użyteczny, z baterią)	brak danych		14	6,5	10	6
maksymalna prędkość [km/h]	45	70	55		60	60	60	65
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	35	54	50		30	30	30	28,8
liczba i rodzaj silników	4 elektryczne	4 elektryczne BLDC	4 elektryczne		8 elektrycznych	8 elektrycznych	8 elektrycznych	6 x DJI 6010
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	15	25 z modułem GeoScanner Standard	25		30	30	30	17 z bateriami TB48S
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	U-blox M8T	2 x GPS + GLONASS (opcja: dwuczęstotliwościowy RTK)	GPS + GLONASS		zintegrowany z IMU	zintegrowany z IMU	zintegrowany z IMU	potrójny GPS + GLONASS
obsługa korekt	DGNSS, RTK; opcja: PPP	RTK (przez RTCM3 i CMR)	nie		DGNSS, RTK, PPP	DGNSS, RTK, PPP	DGNSS, RTK, PPP	tak
IMU	tak	tak	nie		tak	tak	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	Sony A7R/Sony A7R II/Sony A6000	moduł GeoScanner Standard z kamerą Sony A6000	dedykowana 4K HDR (opcja: termalna)		PhaseOne/2 x Sony Alpha 6000/Sony 7R III/kamera termalna			Sony Alpha 6000
matryca [Mpx]	36,4/42,4/24,3	24	21		100/2 x 24/42/bd.	100/2 x 24/42/bd.	100/2 x 24/42/bd.	24
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	opcja	0-90	0-90		0-160	0-160	0-160	0-160
dodatkowe informacje	montowanie 2 aparatów lub zespołów (np. RGB + multispektralna), integrowanie innych aparatów	3-osiowa elektromechaniczna stabilizacja obrazu z wi- broizolacją, georeferencja bezpośrednia, szybkotłzące	rozdzielczość 4K Cinema 4096 x 2160 px, 24 fps		absorpcja wstrząsów	absorpcja wstrząsów	absorpcja wstrząsów	-
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	0,7 dla 75 m, 0,7 dla 75 m, 0,8 dla 75 m	0,5 dla 50 m	brak danych		zależnie od kamery	zależnie od kamery	zależnie od kamery	zależnie od kamery
przykładowa produktywność w nalicie [pow. dla rozdź.]	0,1 km kw. dla 0,8 cm, 0,25 km kw. dla 1,5 cm	2 km kw. dla 5 cm	brak danych		zależnie od kamery	zależnie od kamery	zależnie od kamery	zależnie od kamery
skaner laserowy	Riegl miniVUX/Yellowscan Surveyor	GeoScanner VLP-16	brak		BDF-1	miniVUX-1UAV/miniVUX-2UAV/miniVUX-1DL/ VUX-1UAV/VUX-1LR	VQ-480II/VQ-580II/VQ-840-G/VUX-240	miniVUX-1UAV/miniVUX-2UAV/miniVUX-1DL
prędkość skanowania [pkt/s]	100 000/300 000	300 000	nie dotyczy		4 000	100 000/200 000/100 000/500 000/750 000	1 250 000/1 250 000/200 000/1 500 000	100 000/200 000/100 000
gęstość skanowania [pkt/m kw. dla okr. pułapu]	8,5 dla 75 m/38 dla 50 m	70 dla 40 m			zależna od planu nalogu i ustawień skanera	zależna od planu nalogu i ustawień skanera	zależna od planu nalogu i ustawień skanera	zależna od planu nalogu i ustawień skanera
zasięg [m]	100/50	80			50	330/330/260/1050/1540	2500/2850/250/2150	330/330/260
dodatkowe informacje	do 5 odbić/do 2 odbić	I klasa bezpieczeństwa			klasa bezpieczeństwa 2M, terenowa dokładność pomiaru 1-3 cm	I klasa bezpieczeństwa, terenowa dokładność pomiaru 1-3 cm	klasa bezpieczeństwa 3R/3B/3B/1, terenowa dokładność pomiaru 1-3 cm	I klasa bezpieczeństwa, terenowa dokładność pomiaru 1-3 cm
inne sensory	kamera multi-, hiperspektralna, termalna, video, inne	kamery termalna, multispektralna, obserwacyjna, video	-		np. do pomiaru promieniowania lub pola magnetycznego, sensor multispektralny	np. do pomiaru promieniowania lub pola magnetycznego, sensor multispektralny	np. do pomiaru promieniowania lub pola magnetycznego, sensor multispektralny	-
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	notebook, tablet, pulpit zintegrowany z notebookiem lub tabletem (rugged, np. Getac)	tablet lub laptop z opcj. manipulatorami umożliwiający automat. plan. i nadzór misji	tablet, laptop lub smartfon		remote control unit	remote control unit	remote control unit	brak danych
możliwości autopilota	pelen lot w trybie automatycznym, tryby mieszane, zmiana parametrów lotu podczas misji, sterowanie sensorami, współpraca z fotowyzwalaczem	2 autopiloty z układem przełączającym; tryby: automatyczny, stabilizacja, automatyczny powrót, zawis, lądowanie, manualny	start, lądowanie, lot		start, lądowanie, lot, autonomiczny pomiar	start, lądowanie, lot, autonomiczny pomiar	start, lądowanie, lot, autonomiczny pomiar	start, lądowanie, lot, autonomiczny pomiar
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI								
częstotliwość	2,4 GHz	2,4 lub 5 GHz i inne	2,4-5,8 GHz		brak danych	brak danych	brak danych	2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz
możliwość przesyłania obrazów	opcja	tak	tak		tak	tak	tak	tak
zasięg w terenie otwartym [km]	4	do 7 (bez przeszkód i zakłóceń)	5		1,5; 3 - Command and Control Link	1,5; 3 - Command and Control Link	1,5; 3 - Command and Control Link	3,5
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalogów (funkcje)	MSP MissionPlanner - zautomatyzowane, intuicyjne planowanie tras dla obszarów, bieżące podawanie czasu i dystansu misji, możliwość podziału i łączenia obszarów	Novelty RPAS Flight Manager - plan. i nadzor. misji, param. fotogram., geofencing, transponder, rejestr. obrazu, footprint, automat. siatka fotogram., waypointy, sterow. manual., click&go	Pix4D capture		Flight Planning Software	Flight Planning Software	Flight Planning Software	brak danych
do przetwarzania danych	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci	Pix4D, Agisoft PhotoScan, WeMapo (udostępnianie i analizowanie danych oraz tworzenie portfolio) i inne	X-PAD Fusion, Pix4D Mapper, Pix4Dcloud		RiACQUIRE, RiPROCESS, RiWORLD, RiMTA, RiPRECISION UAV, RiHYDRO	RiACQUIRE, RiPROCESS, RiWORLD, RiMTA, RiPRECISION UAV	RiACQUIRE, RiPROCESS, RiWORLD, RiMTA, RiPRECISION UAV, RiHYDRO	RiACQUIRE, RiPROCESS, RiWORLD, RiMTA, RiPRECISION UAV
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	system RC, system łączności, 2 zestawy akumulatorów napędowych, wyposażenie operacyjne, pojemniki transportowe, oprogramowanie do planowania lotu, oprogramowanie stacji bazowej, szkolenie z obsługi	autonomiczny system spadochronu (APDM), 2 pakiety zasilające, ładowarka, gwarancja ze wsparciem technicznym, zestaw walizek, naziemna stacja GCS2	stacja, 4 baterie, ładowarka, zapasowe śmigła, karta pamięci		waliza transportowa, oprogramowanie, kable, stacja naziemna	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, stacja naziemna	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, stacja naziemna	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, stacja naziemna
DODATKOWE INFORMACJE	system spadochronowy (działa z wys. min. 30 m); opcja łączą radiowego z przesyłem obrazu; wielowirnikowiec tylko z kamerami (bez LIDAR-u) lata znacznie dłużej (powyżej 0,8 godz.)	kompozyt. konstrukcja, spadochron ratunkowy, wy- miana głowic przez użytkownika, zasilanie głowic z głównej baterii, laserowy czujnik wys., dolna kamera opitcal flow, kamera przednia, implementacja algorytm.	stabilny, możliwość zdjęć zenit-nadir, gotowy do startu do 28 s, 320 g, kamera 180°		live stream video, zdublowany system sterowania	live stream video, zdublowany system sterowania	live stream video, zdublowany system sterowania	live stream video, zdublowany system sterowania
CENA [ZŁ NETTO]	brak danych	od 58 000	5300		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR/AUTOR. SPRZEDAWCA	MSP	Novelty RPAS oraz autoryzowani partnerzy	Geoline		Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl	Laser-3D.pl

DRONY - WIRNIKOWCE

PRODUCENT	Satlab Geosolutions	Yuneec
NAZWA	SLL-3	Typhoon H520
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2019	2018
PLATFORMA		
wymiary platformy gotowej do lotu [dł. x wys. x szer. w mm]	1620 x 1410 x 500	520 x 457 x 310
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	brak danych	brak danych
waga całkowita [kg]	12	1,6
maksymalny udźwig [kg]	5	0,5
maksymalna prędkość [km/h]	60	61
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	60	brak danych
liczba i rodzaj silników	6 elektrycznych	6 elektrycznych
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	60 z kamerą Sony RX1RM2, 54 z 2 kamerami Sony RX1RM2, 46 ze skanerem laserowym	25
POZYCJONOWANIE		
typ odbiornika GNSS	GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo	opcja (3 najlepsze z GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou)
obsługa korekt	PPK	RTK/PPK
IMU	tak	tak
SENSORY		
cyfrowa kamera	Sony RX1RM2 lub 2 x Sony RX1RM2	E90
matryca [Mpx]	42,2	20
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	45 przy 2 kamerach Sony RX1RM2	0-90
dodatkowe informacje	-	obiektyw 1-calowy, nagrywanie wideo 4K 60 FPS, 3-osiowy gimbal, możliwa wymiana na E50
przykładowa rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	brak danych	brak danych
przykładowa produktywność w nalicie [pow. dla rozdż.]	3,6 km kw. dla 3 cm, 10 km kw. dla 7 cm	brak danych
skaner laserowy	Satlab SUL-1	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	300 000	nie dotyczy
gęstość skanowania [pkt/m kw. dla okr. pułapu]	brak danych	
zasięg [m]	0,5 do 100 m	
dodatkowe informacje	I klasa bezpieczeństwa, dokł. 55 mm z pułapu 60 m	
inne sensory	-	-
STEROWANIE		
pulpit kontrolny	14 kanałowy kontroler Futaba	aparatura RC z wbudowanym ekranem
możliwości autopilota	autonomiczny: start, lądowanie, powrót po utracie łączności, lot po zaprogramowanej trasie, pomiar wg zaplanowanych ustawień	start, lądowanie, lot, inspekcje
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI		aparatura 16-kanałowa ST16S
częstotliwość	900 Mhz	2,4 lub 5,8 GHz
możliwość przesyłania obrazów	nie	tak
zasięg w terenie otwartym [km]	10	1,6
OPROGRAMOWANIE		
do planowania nalołów (funkcje)	Satlab Ground Control Station	DataPilot - planowanie nalołu, podgląd zdjęć, ustawianie parametrów zdjęć, ustawienia gimbała
do przetwarzania danych	Satlab PPK Go, kompatybilny z Pix4D, Agisoft, ContextCapture	brak danych
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	kamera, dwie kamery lub skaner laserowy, kontroler, oprogramowanie do planowania misji, uchwyty oraz gimbal (w zależności od opcji)	plecak transportowy, aparatura, 2 baterie, zapasowy komplet śmigieł, ładowarka
DODATKOWE INFORMACJE	automat. pionowy start i lądowanie tylko z pow. 4 x 4 m, obudowa z kompozytów, zasięg połączenia z kontrolerem do 10 km praca w temp. od -10 st do 45°C, bateria 22 000 mAh	6 silników gwarantuje większą stabilność lotu przy mocnym wietrze, podczas awarii jednego silnika można bezpiecznie wyłączyć, czujniki odległościowe, podnoszone nogi
CENA [Zł NETTO]	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR/AUTOR. SPRZEDAWCA	Satlab Polska, Cubic Orb, Geobudserwis, Akgeo	Geotronics Dystrybucja



3Dsurvey

OD GEODETOÓW - DLA GEODETOÓW

Kompletne oprogramowanie do pomiarów UAV

3Dsurvey TO:

- Łatwość obsługi
- Polska wersja językowa
- Gęste chmury punktów
- Obliczenia objętości i bilanse różnicowe
- Automatyczne raporty z pomiarów
- Funkcje CAD
- Export modeli do landXML



NARZĘDZIA POMIAROWE
pomiar odległości 2D i 3D



AUTOMATYCZNA KLASYFIKACJA
automatyczna klasyfikacja chmury punktów



PRZĘKROJE
tworzenie przekroi bezpośrednio z chmury punktów



VIDEO
twórz filmy z przelotu nad modelem i spersonalizowane prezentacje



WARSTWICE
automatyczne generowanie warstw



3D MESH
w łatwy sposób stworzysz teksturowany model 3D



RTK
pełne wsparcie RTK, nie potrzeba GCP



GCP
automatyczne wykrywanie punktów kontrolnych

CZERSKI
SINCE 1928

Al. Niepodległości 219, 02-087 Warszawa,
tel. (22) 825 43 65, fax (22) 825 06 04

Miej rękę na pulsie

W ostatnim czasie liczba aplikacji do dopasowania zdjęć nie rośnie już tak szybko jak dawniej. Sporo zmian pojawia się za to w samych programach i nie chodzi tu tylko o ich funkcje.

Jerzy Królikowski

W tym roku nowości jest mało – raptem 7. Do tego większość z nich (4) to nowe produkty znanego pakietu Pix4D. I tak Pix4Dsurvey ma być pomostem łączącym cyfrową fotogrametrię i projektowanie wspomagane komputerowo (CAD). Aplikacja pozwala przetwarzać da-

stronnego oprogramowania X-Pad Fusion firmy GeoMax (część grupy Hexagon). Na liście premier znalazło się również chmurowe rozwiązanie Magnet Collage Web firmy Topcon, choć warto podkreślić, że bazuje ono na dobrze już znanym oprogramowaniu ContextCapture rozwijanym przez Bentley Systems. Na rozpoznawalność musi sobie za to zasłużyć inna no-

Drugi priorytet producentów to wierniejsze odwzorowanie rzeczywistości, szczególnie najbardziej problematycznych obiektów, takich jak zbiorniki wodne czy infrastruktura o skomplikowanej geometrii (choćby maszty nadawcze).

Jeśli chodzi o nowe narzędzia, to coraz częściej oferowana jest możliwość łączenia chmur z dopasowania zdjęć

Wśród zmian w ofercie produktów SfM odnotowujemy także rosnącą popularność przetwarzania w chmurze w modelu SaaS (*Software as a Service*) – tego typu usługę uruchomiły chociażby firmy Pix4D czy Topcon. Jak zachwalają to rozwiązanie producenci, w niskiej cenie (już od kilku dolarów za godzinę) otrzymujemy dostęp do najnowszej wersji oprogramowania oraz dużych mocy obliczeniowych, co powinno być szczególnie korzystne, gdy obróbka danych z bezzałogowców nie jest naszym głównym zajęciem.

W rzeczywistości w tego typu ofertach jest jednak kilka haczyków, co szerszej opisaliśmy w *GEODECIE* 6/2020. Choć bez wątpienia wykorzystanie modelu SaaS będzie rosło, to raczej pozostanie swego rodzaju niszą.

ne punktowe do popularnych formatów CAD, a także wektoryzować obiekty. Pix4Dmatic ma z kolei umożliwić dokładne kartowanie przy użyciu bezzałogowych systemów latających w znacznie większej skali, tj. przetwarzanie tysięcy zdjęć przy zachowaniu geodezyjnej dokładności. Nowością jest też Pix4Dinspect – działająca w chmurze platforma analityczna do zarządzania danymi.

Dzięki modułowi X-Photo z technologii dopasowania zdjęć mogą już także korzystać użytkownicy wszech-

ność w naszym zestawieniu – EyeBase holenderskiej firmy Geodelta.

Jeśli chodzi o udoskonalenia dostępnych programów typu SfM (*Structure from Motion*), to ich producenci wciąż kładą duży nacisk na podnoszenie wydajności. Jeśli wierzyć ich zapewnieniom, nowe wersje przyspieszają dopasowanie zdjęć nawet do kilkudziesięciu procent, co przy każdym większym projekcie przekłada się na kilka godzin oszczędności.

oraz skanowania laserowego. Na przykład w programie Correlator3D kanadyjskiej firmy SimActive ma to zwalniać użytkownika z konieczności mierzenia fotopunktów.

W najbliższej przyszłości na popularności na pewno będą zyskiwać funkcje automatycznej klasyfikacji danych bazujące na technologii uczenia maszynowego. Na razie tego typu testowe narzędzie proponują chociażby Agisoft Metashape czy Pix4Dmapper, choć producenci sami przyznają, że funkcje te wymagają jeszcze doszlifowania.

Oprogramowanie do obróbki zdjęć z dronów

Nazwa	Producent	Platformy	Licencjonowanie (cena)	Wersja testowa
3DF Zephyr	DFlow	Windows	wieczysta (0-4000 euro)	dostępna
3Dsurvey	Modri planet	Windows	miesięczna (167 euro), wieczysta (3000)	14-dniowa
Agisoft Metashape	Agisoft	Windows, Linux, Mac OS	wieczysta (Standard: 179 dol., Prof.: 3499)	30-dniowa
APS	Menci	Windows	roczna (1200 euro)	dostępna
ATLAS Digital Stereo Plotter (DSP)	KLT Associates	Windows	wieczysta (bd.)	dostępna
ContextCapture	Bentley Systems	Windows	różne typy subskrypcji (bd.)	dostępna
ContextShare	Bentley Systems	chmura	brak danych	brak danych
Correlator 3D	SimActive	Windows	miesięczna-roczna (250-2500 euro), stanowiskowa (5000), pływająca (5450)	demo
DatuSite	Datamate	Windows	roczna, stanowiskowa, sieciowa (bd.)	dostępna
DatuSurvey	Datamate	Windows	roczna, stanowiskowa, sieciowa (bd.)	dostępna
Drone2Map	Esri	Windows	roczna (1500 dol.)	15-dniowa
DroneDeploy	DroneDeploy	chmura	miesięczna (99-299 dol.)	30-dniowa
EnsoMOSAIC Fusion	MosaicMill	Windows	wieczysta	brak
EyeBase	Geodelta	Windows	wieczysta	brak
GeoApp.UAS	Geosystems GmbH	chmura	brak danych	7-dniowa
GeoCloud Shop (Agisoft/Photomod UAS)	GeoCloud Shop	chmura	pay-per-use (1,7-20 dol za godz./1,7-25 dol. za godz.)	brak
Geomatica	PCI Geomatica	Windows, Linux, chmura	stanowiskowa, pływająca, w chmurze: 15 dol./godz.	dostępna
Global Mapper + Moduł LIDAR	Blue Marble Geo	Windows	stanowiskowa (549 + 549 dol.)	demo
Infinity	Leica Geosystems	Windows	brak danych	brak
Imagine UAV	Geosystems GmbH	Windows (wtyczka dla ERDAS)	brak danych	brak
Inpho UAS Master	Trimble	Windows	wieczysta, miesięczna (brak danych)	brak danych
LiveMap	DroneDeploy	iOS	stanowiskowa (w cenie pakietu DroneDeploy)	30-dniowa
MAGNET Collage Web	Topcon	chmura	brak danych	demo
Maps Made Easy	Automotive Data Research	chmura	zależnie od powierzchni (8-670 dol.)	dostępna
MicMac	IGN	Windows, Mac, Ubuntu	darmowa i otwarta	nie dotyczy
OpenDroneMap	otwarty projekt ODM	Windows, chmura	darmowa i otwarta	nie dotyczy
Orbit UAS Mapping	Orbit GT	Windows, Mac OS	wieczysta	brak danych
PhotoCapture	Carlson Software	chmura	brak danych	dostępna
PhotoMesh	Skyline Software Systems	Windows, chmura	brak danych	dostępna
Photomod UAS	Racurs	Windows	wieczysta	brak
PhotoModeler UAS Standard/Premium	Eos Systems	Windows	miesięczna (49/149 dol.), roczna (415/1255 dol.), wieczysta (995/225 dol.)	brak
Pix R3 Air	Gexcel	Windows	wieczysta	demo
Pix4Dcloud/cloud Advanced	Pix4D	chmura	subskrypcja (142/217 euro za miesiąc)	demo
Pix4Dfields	Pix4D	Windows, chmura	miesięczna (126 euro), stanowiskowa (2500 euro)	15-dniowa
Pix4Dinspect	Pix4D	chmura	brak danych	brak danych
Pix4Dmapper	Pix4D	Windows	subskrypcja (217 euro/miesiąc), wieczysta (3990)	15-dniowa
Pix4Dmatic	Pix4D	Windows	subskrypcja (306 euro/miesiąc)	15-dniowa
Pix4Dsurvey	Pix4D	Windows	subskrypcja (116 euro/miesiąc)	15-dniowa
PrecisionMapper	PrecisionHawk	chmura	miesięczna (0-450 dol.)	60 proj./rok
RealityCapture	Capturing Reality	Windows	miesięczna (249-750 euro), wieczysta (15 000 euro)	demo
ReCap Pro	Autodesk	Windows	miesięczna (241 zł), roczna (1891 zł)	30-dniowa
SkyPhoto	South	Windows	brak danych	brak danych
StereoCAD	Menci	Windows	roczna (800 euro)	dostępna
Sure Pro	nFrames	Windows, Linux	wieczysta (bd.)	14-dniowa
TBC Aerial Photogrammetry Module	Trimble	Windows	wieczysta (bd.)	brak danych
Terra	DJI	Windows	roczna (bd.)	brak
Terra Tools	Menci	Windows	roczna (400 euro)	dostępna
Terra Mapper	Terra Drone	Windows, chmura	wieczysta (3700 dol.), czasowa (500-1000 dol./miesiąc)	14-dniowa
UltraMap	Vexcel Imaging	Windows	część systemu UltraMap	brak danych
UnlimitedAerial UAV	Meixner Imaging	Windows	wieczysta (bd.)	demo
X-Photo	GeoMax	Windows	moduł oprogramowania X-Pad Fusion	dostępna

Oni czytają **GEODETĘ** i **geo**forum.pl

