

NIEZBĘDNIK MIESIĘCZNIKA **GEODETA**

DRONY DLA GEODETY

28 PŁATOWCÓW
21 WIRNIKOWCÓW
44 APLIKACJE

CZERWIEC 2019

Centymetrowe dokładności pomiaru z drona



Dron DJI PHANTOM 4 RTK i Pix4Dmapper w zestawie: -3075 zł

SPRAWDŹ

Pracuj na kompletnym rozwiązaniu dla geodezji, które pozwoli Ci uzyskać centymetrowe dokładności pomiaru z drona bez pomiarów punktów GCP. Tylko w firmie NaviGate otrzymasz zestaw z bezzałogowym statkiem powietrznym Phantom 4 RTK i oprogramowaniem Pix4Dmapper o 3075 zł taniej niż kupując każdy z produktów osobno.



Fot. Pixabay



Wyjątkowo gorący towar

Gdy niecałe 10 lat temu na targach Intergeo zaczęły pojawiać się pierwsze drony, przez speców od fotogrametrii były traktowane raczej jako ciekawostka, gwiazda jednego sezonu. Tych sezonów minęło już kilka, a na geodezyjnej liście przebojów bezzałogowce zajmują coraz wyższą pozycję. Według tegorocznego raportu sprzętowego miesięcznika GEO-DETA (3/2019) własnym dronem dysponuje na razie tylko 9% krajowych firm geodezyjnych, ale aż 11% ma zakup tego sprzętu w planach. Zainteresowanie tą technologią potwierdzają także statystyki Geoforum.pl, gdzie wiadomości o bezzałogowych rozwiązaniach nie tylko przyciągają coraz więcej czytelników, ale także inicjują ciekawe, merytoryczne dyskusje.

Nie powinno więc zaskakiwać, że w tym roku wybór dronów jest jeszcze większy niż w poprzednim wydaniu naszego niezbędnika. Każdy znajdzie coś dla siebie: zarówno ci, którzy chcą obrazować niewielkie obszary, jak i ci, co będą prowadzić specjalistyczne analizy dla rozległych terenów. Pamiętajmy jednak, że „bezzałogowa rewolucja” w geodezji jest zasługą nie tylko sprzętu, ale i oprogramowania do przetwarzania danych. Można nawet zaryzykować stwierdzenie, że wybór odpowiedniej aplikacji jest dziś ważniejszy niż dobór drona czy sensora. Co ciekawe, w porównaniu z ubiegłorocznym wydaniem niezbędnika liczba tego typu programów wzrosła aż o 1/3! Nie wiadomo tylko, czy się z tego bogactwa cieszyć, czy się nim martwić.

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)

PRAWO

Ująć w ryzyko rewolucję..... 4

Pracownicy Instytutu Lotnictwa prezentują zmiany prawne w zakresie wykonywania operacji lotniczych z wykorzystaniem BSP

PROJEKT

Wymagające drony..... 8

Firma Geoxy dzieli się swoimi doświadczeniami w zakresie opracowywania danych fotogrametrycznych w standardzie geodezyjnym

Zapanować nad placem budowy..... 12

Na przykładzie swoich zleceń firma SkySnap przekonuje, że drony są cennym narzędziem wspierającym na różne sposoby realizację projektów budowlanych

Budująca konkurencja..... 16

Jak coraz większa konkurencja wpływa na jakość i ceny usług na krajowym rynku fotogrametrycznym? Analiza firmy Colidrone

SPRZĘT

BSL z RTK. Czy warto?..... 18

Firma NaviGate analizuje, jak popularny wirnikowiec DJI Phantom 4

RTK radzi sobie z pozyskiwaniem dokładnych danych przestrzennych

Jakie akcesoria do skanowania?..... 22

TPI prezentuje swoją ofertę w zakresie rozwiązań LiDAR dla bezzałogowych statków powietrznych

ZESTAWIENIE

Parada innowacji..... 25

Przegląd bezzałogowych płatowców do celów geodezyjnych

Który dokładniejszy?..... 34

Zestawienie oprogramowania do obróbki zdjęć z dronów

Przebić się laserem..... 37

Przegląd bezzałogowych wirnikowców do celów geodezyjnych

Fot. na okładce: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa (ZT)

Prenumerata tradycyjna GEODETY

● Roczna z indywidualnym dostępem do internetowego

Archiwum GEODETY – 375,84 zł, w tym 5% VAT.

● Roczna studencka/uczniowska z indywidualnym dostępem

do Archiwum GEODETY – 246,24 zł, w tym 5% VAT.

● Pojedyncze wydanie – 31,32 zł, w tym 5% VAT.

Najwygodniej złożyć zamówienie, korzystając z formularza

w zakładce Prenumerata na portalu Geoforum.pl.

Realizujemy również zamówienia składane:

● mailowo: prenumerata@geoforum.pl

● telefonicznie: tel. (22) 646 87 44, (22) 849 41 63

(w godzinach 7.00-13.30)

● listownie: Geodeta Sp. z o.o., ul. Narbutta 40/20,

02-541 Warszawa.

W każdym przypadku prenumerata obejmuje koszty wysyłki.

Prenumerata GEODETY cyfrowego (egeodeta24.pl)

● Roczna – 279,00 zł, w tym 23% VAT.

● Półroczna – 149,46 zł, w tym 23% VAT.

● Kwartalna – 79,71 zł, w tym 23% VAT.

● Pojedyncze wydanie – 28,23 zł, w tym 23% 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). GEODETA cyfrowy jest dostępny zaraz po doko-

nananiu płatności elektronicznej.

Zmiany prawne w zakresie wykonywania operacji lotniczych z wykorzystaniem BSP – stan dzisiejszy oraz perspektywy

Ująć w ryzyko rewolucję

W ostatnich latach notowany jest dynamiczny wzrost liczby sprzedanych BSP, a tym samym – operatorów i operacji lotniczych wykonywanych z wykorzystaniem tego typu statków. „Zatłoczenie” nie tylko na polskim, lecz również na europejskim niebie wytworzyło potrzebę ustanowienia nowych reguł prawnych.

Obecnie każdy kraj Unii Europejskiej posiada swoje własne rozporządzenia dostosowane do regulacji opracowywanych przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA) i zatwierdzanych przez Komisję Europejską. Regulacje krajowe dają stosunkowo dużą swobodę organom związanym z lotnictwem cywilnym, przez co występują liczne rozbieżności pomiędzy państwami członkowskimi UE w zakresie: zarządzania przestrzenią powietrzną na użytek bezzałogowych statków powietrznych (BSP), ich certyfikacji oraz uprawnień i kompetencji personelu lotniczego. Komisja Europejska zamierza zmienić ten stan rzeczy, ujednolicając przepisy. Polska zatem – po wdrożeniu z końcem stycznia br. jednych z najbardziej zaawansowanych i przyjaznych użytkownikom roz-

wiązań legislacyjnych w zakresie wykonywania operacji z wykorzystaniem BSP – po raz kolejny będzie musiała dostosować prawo w tym zakresie. Czekają nas więc w najbliższym czasie, jeśli nie rewolucja, to na pewno znaczna zmiana w funkcjonowaniu w przestrzeni powietrznej.

• Na poziomie krajowym

Polskie przepisy dotyczące wykonywania operacji z wykorzystaniem BSP zyskały swoją obecnie obowiązującą formę 31 stycznia br. wraz z wejściem w życie nowelizacji rozporządzenia w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków. Wprowadziła ona bardzo istotne zmiany w użytkowaniu BSP w operacjach w zasięgu wi-

doczności wzrokowej (VLOS) oraz poza zasięgiem widoczności wzrokowej (BVLOS).

W przypadku lotów VLOS zmiany te objęły m.in.:

- wprowadzenie nowej kategorii operacji z wykorzystaniem „widoku z pierwszej osoby” FPV (First Person View; pilot steruje dronem, mając podgląd na żywo z kamery na pokładzie) dla BSP o MTOM (masie startowej) ≤ 2 kg, a także określenie zasad lotów FPV;
- wprowadzenie lotów szkoleniowych realizowanych podczas zajęć dydaktycznych;
- wprowadzenie zmian związanych z wykonywaniem lotów modeli latających w mieście, nad obiektami chronionymi, parkami, jednostkami wojskowymi;
- dopuszczenie możliwości chwilowej utraty kontaktu wzrokowego z BSP podczas przelotu za przeszkodą, pod warunkiem że przelot może



For. Marcin Gajewski

Przygotowanie misji fotogrametrycznej realizowanej przez Zakład Teledetekcji Instytutu Lotnictwa

odbyć się w sposób bezpieczny i z zachowaniem szczególnej ostrożności;

- zniesienie badań lotniczo-lekarskich dla operatorów BSP o MTOM ≤ 5 kg;
- zniesienie wymogu egzaminów państwowych przeprowadzanych przez egzaminatora dla BSP o MTOM ≤ 5 kg i wymogu ukończenia 18 lat do uzyskania świadectwa kwalifikacji.

Dla lotów BVLOS wprowadzono z kolei m.in. obowiązek ewidencjonowania BSP wykorzystywanych do tych celów oraz możliwość wykonywania tzw. niskich lotów BVLOS i lotów automatycznych bez konieczności wy-

dzielania specjalnych stref. Ponadto dodano do rozporządzenia załącznik 6b, w którym po raz pierwszy opisano szczegółowo zasady prowadzenia operacji poza zasięgiem widoczności wzrokowej.

• Na poziomie europejskim

Te krajowe przepisy w najbliższych latach będą musiały ulec zmianie i zostać dostosowane do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1139 (z 4 lipca 2018 r.). Akt ten dotyczy m.in. nowych zasad w dziedzinie lotnictwa cywilnego, utworzenia Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa

Lotniczego, a także zawiera propozycje ujednolicenia przepisów związanych z BSP. W rozporządzeniu zdefiniowano ponadto pojęcie RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) i to ono, a nie UAV (Unmanned Aerial Vehicle), któremu odpowiada polskie BSP, ma być stosowane w prawodawstwie.

Te normy prawne są w znacznej mierze wynikiem działania podmiotu o nazwie JARUS – organizacji zajmującej się tworzeniem wytycznych dla legislatorów, w celu wskazania optymalnych i jednolitych rozwiązań regulacyjnych w obszarze bezzałogo-

wych statków powietrznych. Do JARUS należą przedstawiciele instytucji eksperckich prawodawstwa lotniczego z niemal 60 krajów. W 2019 r. znaczący sukces zanotował Urząd Lotnictwa Cywilnego, stając się gospodarzem Konferencji JARUS, która odbyła się pod koniec marca w Katowicach.

Temat nowego prawodawstwa unijnego został także poruszony na seminarium ULC dla branży BSP (6 lutego br.) oraz konferencji „Eksploracja bezzałogowych systemów latających”. Obydwa te wydarzenia odbywały się w Instytucie Lotnictwa Warszawie.

Jedną z najbardziej istotnych zmian w omawianym rozporządzeniu unijnym w dziedzinie lotnictwa cywilnego jest objęcie wszystkich BSP zakresem stosowania tego aktu prawnego, niezależnie od masy operacyjnej. Wcześniej bezzałogowe statki powietrzne objęte były rozporządzeniem SERA C, z czego wynika większość stosowanych obecnie przepisów (m.in. możliwość lotów rekreacyjnych w miastach dronami o całkowitej masie startowej poniżej 0,6 kg).

Dla użytkowników końcowych BSP w tzw. kategorii otwartej (o której dalej) zmia-

ny nie wydają się być aż tak rewolucyjne. Zmieni się podział statków powietrznych (głównie ze względu na masę i energię), ale utrzymany zostanie dotychczasowy limit 25 kg w tej kategorii. Wprowadzone zostaną konkretne typy operacji lotniczych, w tym te, podlegające certyfikacji. Zmieni się także rodzaj i zakres licencjonowania personelu lotniczego.

Dużą nowinką wydaje się wprowadzenie dla operatorów najmniejszych statków bezzałogowych kursów e-learningowych zamiast tradycyjnych szkoleń. Może to znacząco zwiększyć potencjał wykorzystania najmniejszych dronów na użytek komercyjny.

• Kategorie, klasy i certyfikacja

Nowe regulacje unijne wprowadzają m.in. podział operacji BSP na odrębne ka-

ków powietrznych. Podziału tego dokonano na podstawie cech, jakie powinien posiadać BSP i które EASA uznała za odpowiednie do rozróżniania podstawowych możliwości operacyjnych BSP. Biorąc pod uwagę maksymalną wagę startową, możemy wyróżnić klasy:

- C0 (MTOM < 250 g),
- C1 (MTOM < 900 g),
- C2 (MTOM < 4 kg),
- C3 (MTOM < 25 kg),
- C4 (MTOM > 25 kg).

Inne cechy uwzględniane przy rozróżnianiu klas to: maksymalna prędkość, maksymalna wysokość lotu, charakterystyka zasilania silników.

Nowe przepisy unijne ujednolicają także sposób certyfikowania BSP poprzez opisanie procesu jego przeprowadzania, wskazują też konkretne czynności i działania, jakie należy przedsięwziąć w stosunku do danych kategorii.

Oprócz organów państwowych, takich jak Urząd Lotnictwa Cywilnego i Polska Agencja Żegludki Powietrznej, wymieniono w tym miejscu m.in. Instytut Lotnictwa.

• BSP a operacje fotogrametryczne

Po zapoznaniu się z wszystkimi nowymi zapisami rozporządzenia unijnego nasuwa się pytanie, co zmieni się dla osób wykonujących loty na potrzeby geodezji, np. naloty fotogrametryczne. Wśród tendencji technologicznych na pierwszym miejscu jest dalsza miniaturyzacja dronów i ich sensorów. Można więc przypuszczać, że statki powietrzne projektowane będą w taki sposób, aby mogły zabierać określony sprzęt i mieścić się w limitach wagowych poszczególnych kategorii określonych w prawie. Najszybszy

pozycjonowania. Można przypuszczać, że nawet najmniejsze drony już wkrótce posiadać będą odbiorniki RTK czy też PPK. Osobną kwestią jest jednak kalkulacja kosztów oraz dokładności, które można w ten sposób uzyskać.

• Wykorzystać szansę

Większość przepisów uszczegóławiających informacje zawarte w rozporządzeniu unijnym już zostało lub wkrótce zostanie zawartych w odpowiednich przepisach wykonawczych i zacznie obowiązywać w naszym kraju w ciągu roku lub dwóch od ich opublikowania (w zależności od okresów przejściowych). Należy zauważyć, że w ślad za prawodawstwem muszą zostać podjęte odpowiednie kroki mające na celu utworzenie krajowej infrastruktury teleinformatycznej oraz przygotowanie odpowiednich poligonów testowych (jak np. NOTTA powstały przy współudziale Instytutu Lotnictwa). Ma to umożliwić sprawny proces certyfikacji BSP, operatorów oraz operacji przez polskie podmioty.

Wymagania geodetów związane z tworzeniem ortofotomap, modeli 3D czy prowadzeniem prac ewidencyjno-katastralnych z wykorzystaniem BSP sprowadzają się, w kontekście sensorów, do wysokiej jakości pozyskiwanych zobrażeń, a w kontekście prowadzenia lotu – do precyzji i stabilności, które są tak ważne w pozyskiwaniu wysokiej jakości danych. Wprowadzone zmiany w prawie dają nowe możliwości i sprzyjają rozwojowi rynku BSP, a także szerszemu ich zastosowaniu w geodezji. Loty FPV, wyłączenie konieczności posiadania niektórych badań czy umożliwienie wykonywania niskich lotów BVLOS i lotów automatycznych bez wydzielania strefy – to tylko niektóre z ułatwień.

Marcin Spiralski,
Hubert Skoneczny, Karol Bęben
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa (Zakład Teledetekcji)



Inspekcja linii energetycznych z wykorzystaniem drona

tegorie, do których zaliczane są loty o konkretnym stopniu ryzyka: kategoria otwarta (niskie ryzyko), specjalna (zwiększone ryzyko) oraz certyfikowana (ryzyko wysokie – ramy regulacyjne podobne do lotnictwa załogowego).

Ponadto wprowadzono 5 klas bezzałogowych stat-

W Białej Księdze Rynku Bezzałogowych Statków Powietrznych opracowanej przez Ministerstwo Infrastruktury i Polski Instytut Ekonomiczny (zaprezentowanej w lutym br.) wskazano wstępnie jednostki zajmujące się dopuszczeniem urządzeń i systemów do eksploatacji.

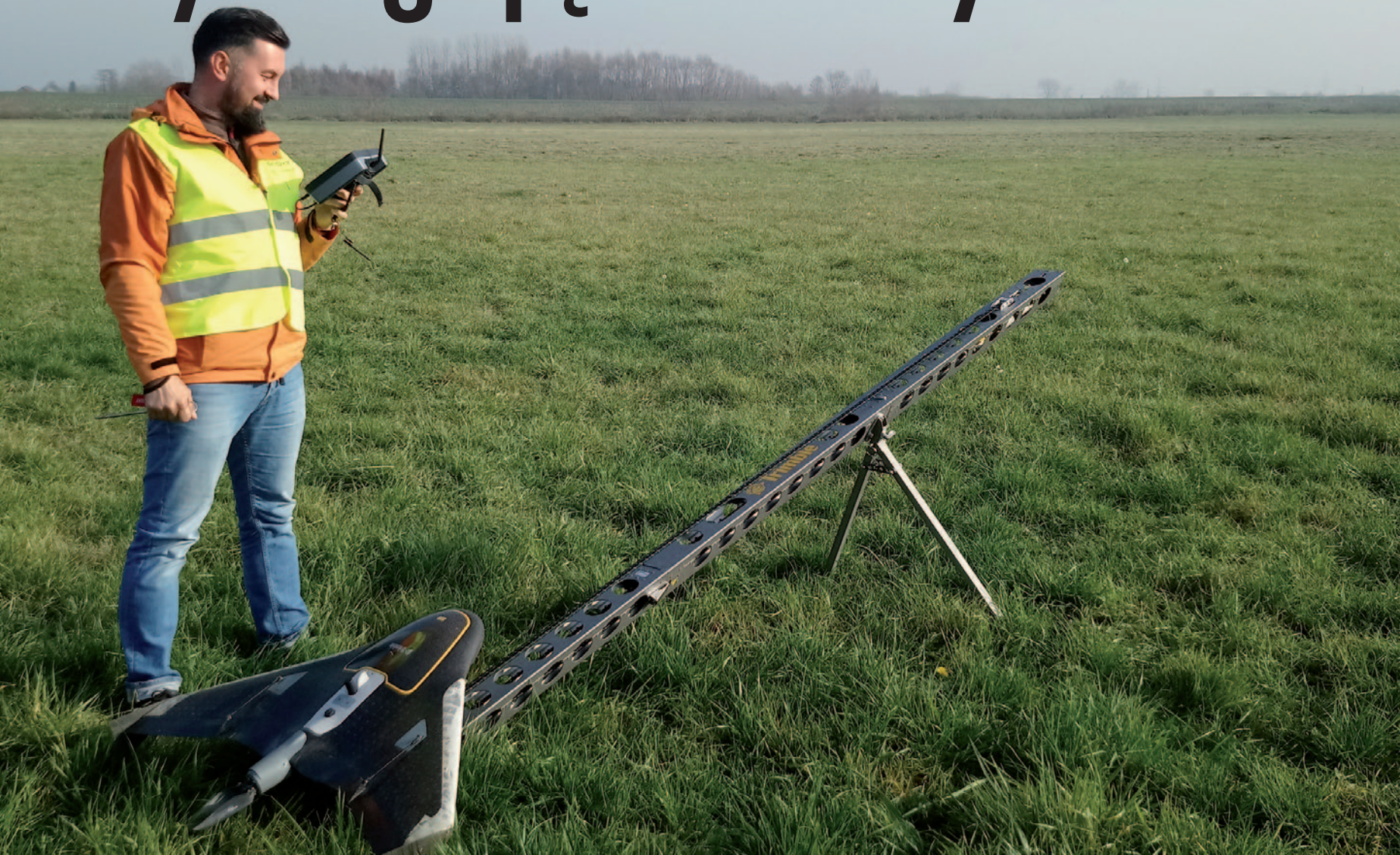
rozwój dotyczyć będzie zapewne dronów w kategoriach najbliższych, wobec których wymagania w zakresie certyfikacji sprzętu i operatorów będą najskromniejsze.

Na naszych oczach dokonuje się też znacząca poprawa parametrów lotnych (np. czasu, prędkości) czy systemów

Rozwiązania pomiarowe dla geodety

Wykorzystanie BSL w pracach geodezyjnych na przykładzie doświadczeń firmy GEOXY

Wymagające drony



Opracowanie danych fotogrametrycznych w standardzie geodezyjnym nie jest łatwe i zazwyczaj bywa czasochłonne. Dotyczy to również danych pozyskanych z wykorzystaniem bezzałogowych statków latających.

Prace bazujące na zdjęciach z BSL to prace fotogrametryczne, po prostu. Podkreślam to celowo, ponieważ często można się spotkać z określeniem – zupełnie niepoprawnym – „pomiar wykonywany dronem”. Wykorzystanie BSL w pomiarach geodezyjnych okazało się przełomem, ale w tym sensie, że przyczyniło się do bardziej intensywnego wykorzystania fotogrametrii.

W naszej firmie GEOXY fotogrametrią zajmujemy się już

od wielu lat. BSL traktujemy jako dopełnienie fotogrametrii tzw. wielkoformatowej. Posiadając duże doświadczenie w realizacji opracowań fotogrametrycznych, staramy się obiektywnie patrzeć na możliwości BSL. Nie licytujemy się z nikim, która fotogrametria jest lepsza: załogowa czy bezzałogowa. Naszym zdaniem jest miejsce dla każdej z nich. Uważamy jednak, że opracowanie danych fotogrametrycznych pozyskanych z wykorzystaniem BSL speł-

niających standardy geodezyjne wymaga znacznie większego nakładu pracy, niż jest to powszechnie przedstawiane.

• Ortofotomapa

Najbardziej oczywisty produkt fotogrametryczny, jaki przychodzi nam na myśl, gdy mówimy o wykorzystaniu BSL, to ortofotomapa. Mimo to opracowanie poprawnej ortofotomapy ze zdjęć pozyskanych z pokładu drona tylko pozornie jest zadaniem łatwym. Dotyczy to szczególnie

obszarów mocno zurbanizowanych i o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu. Bardzo ważne jest wtedy, aby program, który wykorzystujemy do tworzenia ortofotomapy, posiadał możliwość importu zewnętrznego numerycznego modelu terenu (NMT) – innego niż powstały automatycznie w procesie *matchingu* zdjęć. Taka funkcja pozwala na opracowanie produktu, na którym wszystkie krawędzie budynków i ich bezpośrednie sąsiedztwo mają rzeczywisty kształt (bez zniekształceń). Realizując własne zlecenia, automatycznie wygenerowany model edytujemy w innym oprogramowaniu (np. Terrascan), a następnie importujemy ponownie do oprogramowania typu UAS Master (Inpho) i generujemy ortofotomapę.

Walory geometryczne i interpretacyjne są dla nas kluczowe, jeżeli opracowanie ma być wykorzystywane do celów geodezyjnych. Niezależnie od sposobu pozyskania zdjęć wymagania, które stawiamy ortofotomapie, są takie same. Nie stosujemy taryfy ulgowej dla zdjęć pozyskanych z pokładu BSL.

• NMT

Numeryczny model terenu otrzymany automatycznie poprzez *matching* zdjęć daje oczekiwane rezultaty wyłącznie na obszarach niepokrytych wysoką roślinnością w postaci krzewów lub drzew. Na obszarach zakrzewionych

i zadrzewionych uzyskany w ten sposób NMT nie spełnia zazwyczaj wymagań dokładnościowych. W takim przypadku konieczne jest wykonanie dodatkowej, zazwyczaj manualnej klasyfikacji otrzymanej chmury punktów lub uzupełnienie otrzymanej chmury pomiarami stereoskopowymi. Tylko tak przygotowany NMT może spełnić wymagania dokładnościowe stawiane standardowym pracom geodezyjnym (RMSE < 0,10 m).

Niestety, nie wszyscy są świadomi tych ograniczeń i konieczności wykonania dodatkowych prac, przez co fotogrametria jest czasami niesłusznie eliminowana z procesu tworzenia dokładnego NMT. Potencjalnie niedoskonałości nie są bowiem wadą fotogrametrii, tylko wynikają z błędnego zastosowania tej technologii.

• Mapa do celów projektowych

Geodezyjny pomiar fotogrametryczny wykonujemy na stacji fotogrametrycznej przede wszystkim (ale nie tylko) metodą stereoskopową. Dlaczego w taki sposób? Według nas gwarantuje on najwyższą dokładność. Geodezyjny pomiar fotogrametryczny jest wykonywany w celu pozyskania szczegółów terenowych, które w dalszej kolejności stanowią treść mapy. Poza zastosowaniem punktów kontrolnych w pro-

cesie aerotriangulacji dodatkowo mierzymy wybrane szczegóły terenowe metodą GNSS. Ta podwójna kontrola upewnia nas, że rezultat geodezyjnego pomiaru fotogrametrycznego jest poprawny.

• Przyjmują wam w PODGiK operaty z drona?

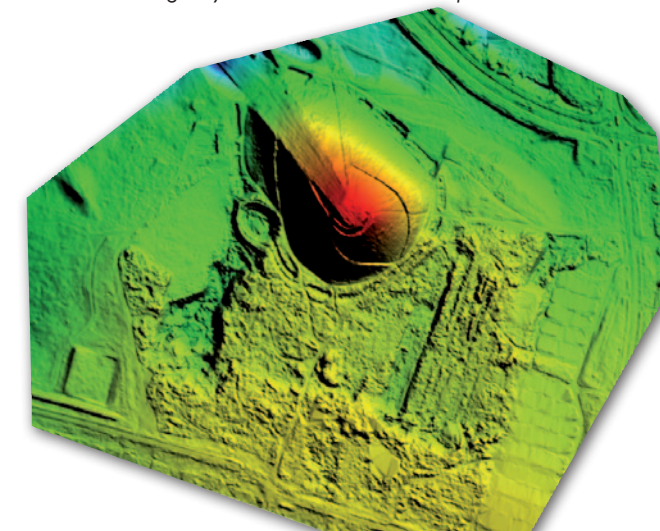
To pytanie nie jest żartem. Pojawia się ono bardzo często i świadczy o potrzebie doprecyzowania przepisów w zakresie stosowania BSL w geodezji. Pamiętam taką zabawną sytuację, kiedy wyceniając prace jednemu z klientów, zaoferowaliśmy operat techniczny autoryzowany przez osoby posiadające uprawnienia z zakresu 1 i 7. Nasz klient był zaskoczony, ponieważ spodziewał się, że będzie musiał „przerabiać” nasze pomiary „na pomiary GNSS lub tachymetryczne”. To, że oddajemy do PODGiK-u operaty, w których wprost przedstawiamy wyniki pomiarów fotogrametrycznych, było dla niego zaskoczeniem.

Tak właśnie robimy. Nie przerabiamy pomiaru fotogrametrycznego na inny. Uważamy, że w myśl obowiązujących przepisów możemy taki pomiar wykonywać, stosując zdjęcia pozyskane z wykorzystaniem BSL. Trzymamy się jednak żelaznej zasady, że wszystkie prace fotogrametryczne będące źródłem dla geodezyjnych pomiarów fotogrametrycznych muszą być zatwierdzone przez osoby z uprawnieniami z zakresu 7. Naszym zdaniem osoba odpowiedzialna za opracowanie aerotriangulacji i ortofotomapy służącej do geodezyjnych pomiarów fotogrametrycznych czy kartometrycznych powinna takie uprawnienia posiadać.

• LiDAR

Lotnicze skanowanie laserowe LiDAR z pokładu BSL stosujemy w przypadku obszarów o dużej powierzchni intensywnie pokrytych roślinnością, czyli wtedy, gdy pomiar fotogrametryczny nie

Fragment NMT ze zdjęć z BSL opracowywany dla bardzo trudnego i zróżnicowanego wysokościowo obszaru w rejonie Sosnowca





Fragment mapy do celów projektowych na podkładzie z ortofotomapy uzyskanej ze zdjęć z BSL

jest ekonomicznie uzasadniony. Nie uważamy jednak, że LiDAR jest zawsze bardziej korzystny niż pomiar stereoskopowy. Jest on po prostu stosowany do innego rodzaju prac – np. wtedy, gdy wymagana jest wysoka gęstość chmury punktów lub wynikowy NMT o „oczku siatki” na poziomie kilkunastu centymetrów. W takim przypadku, skanując teren z gęstością powyżej 100 pkt/m², możemy otrzymać nie tylko dokładny NMT, ale również – bazując na sklasyfikowanej chmurze

punktów – precyzyjną lokalizację linii energetycznych czy roślinności.

Podobnie jak przy opracowywaniu zdjęć lotniczych, aby uzyskać produkt o wysokiej dokładności (RMSE < 0,10 m) należy wykonać skrupulatną, dokładną klasyfikację chmury punktów. Szczególnie gdy wyniki pomiarów będą stanowić treść mapy do celów projektowych.

Otrzymanie poprawnie sklasyfikowanej chmury punktów o gęstości powyżej 100 pkt/m² wymaga dużego

nakładu pracy. Dlatego należy zachować właściwą relację między gęstością chmury a walorami pomiarowymi. Jeśli skanujemy z dużą gęstością, a jednocześnie punkty reprezentujące rowy zlokalizowane przy drogach nie zostały właściwie sklasyfikowane, to rodzi się pytanie: w jakim celu wykonujemy takie skanowanie, skoro jego efekty nie zostały właściwie skonsumowane?

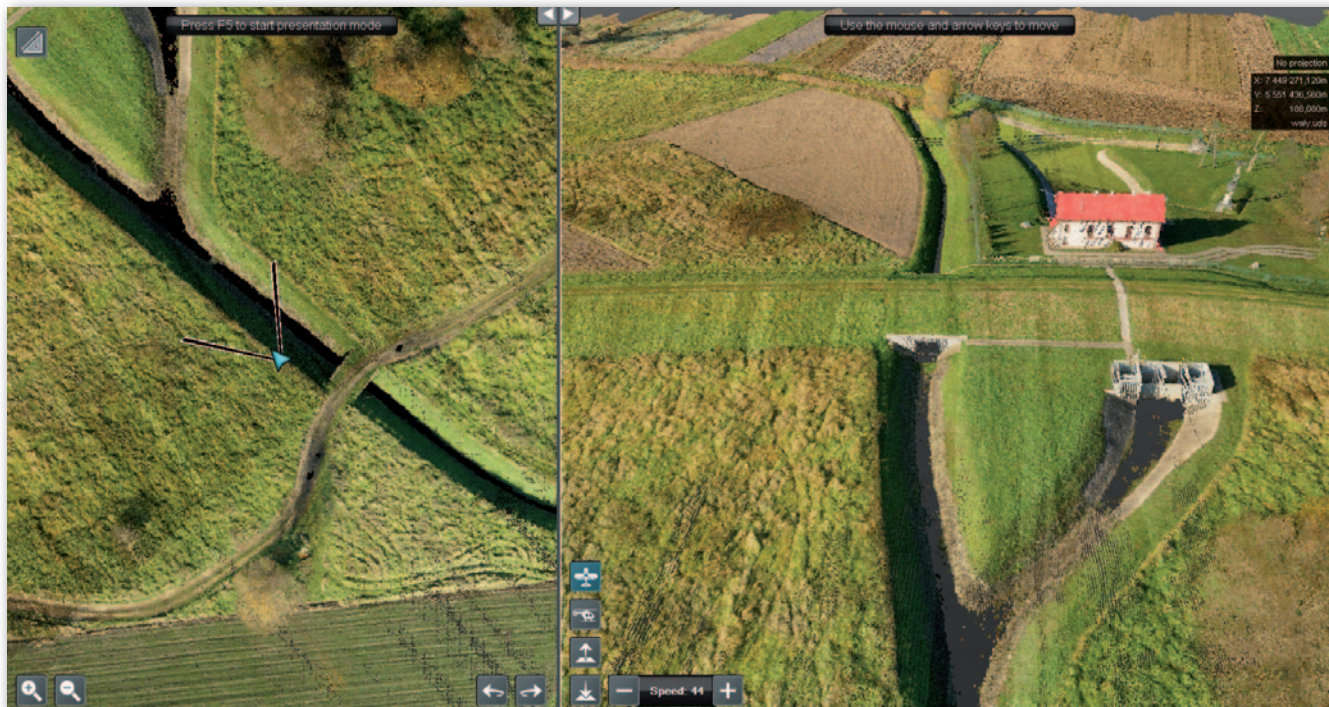
• Dobry produkt a kontrola

W GEOXY podczas realizacji prac geodezyjnych wy-

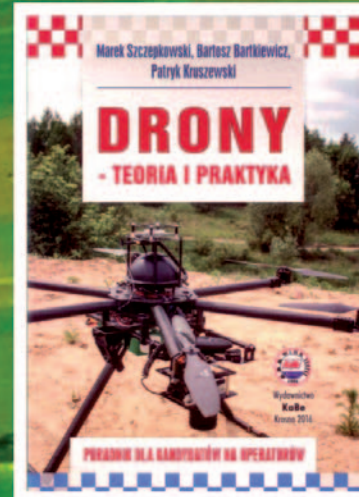
korzystujemy wiele technik pomiarowych. Zastosowanie pomiarów fotogrametrycznych bazujących na zdjęciach pozyskanych z BSL jest jedną z nich. Uważamy jednak, że aby uzyskać wiarygodne wyniki, czyli produkty spełniające standardy geodezyjne, należy wykonać niezbędne dodatkowe prace kameralne czy manualne.

Po wielu latach stosowania BSL zapewnienia producentów na temat wydajności sprzętu czy możliwości opracowania danych w sposób w pełni automatyczny traktujemy z przymrużeniem oka. Zawsze przed podjęciem decyzji o ewentualnym zakupie szczegółowo testujemy oferowane urządzenia, w tym jakość produktów, które możemy za ich pomocą otrzymać. Niezależnie od zastosowanego urządzenia jesteśmy świadomi, że uzyskanie wiarygodnych wyników pomiarów fotogrametrycznych wymaga stosownego nakładu pracy, a przede wszystkim kontroli. Musimy o tym pamiętać, jeśli chcemy oferować klientom produkty fotogrametryczne wysokiej jakości geodezyjnej.

Mirosław Guzik
GEOXY



Chmura punktów pozyskana ze skanowania laserowego wykonanego z pokładu BSL



Wszystko, co chciałbyś wiedzieć o dronach i fotogrametrii, znajdziesz

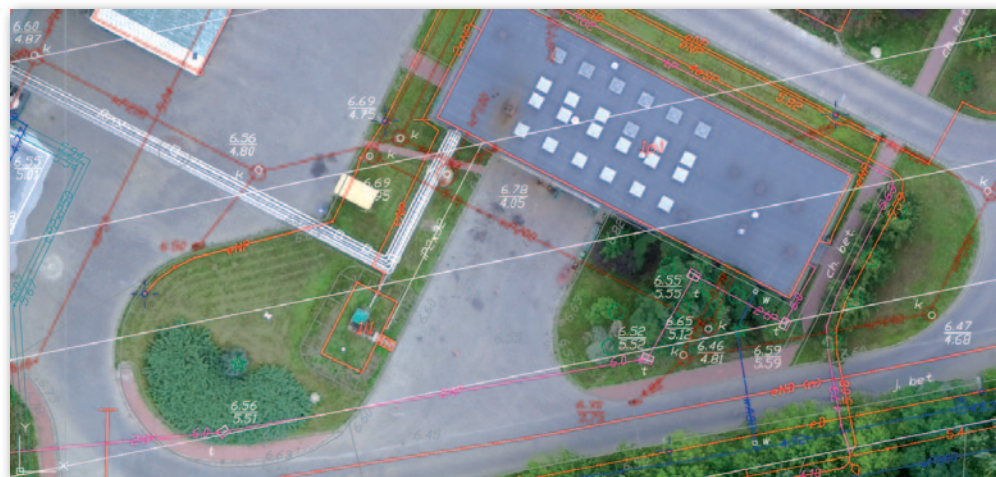


w Księgarni Geoforum.pl

Jak firma SkySnap wykorzystuje drony w budownictwie kubaturowym

Zapanować nad placem budowy

W poprzedniej edycji dodatku DRONY DLA GEODETY opisywaliśmy wykorzystanie bezzałogowych statków latających w monitoringu projektów infrastrukturalnych. To jednak nie jedyny typ zleceń, jakie realizujemy.



Rys. 1. Ortofotomapa (GSD 1,5 cm) zintegrowana z mapą zasadniczą

W ubiegłym roku wykazaliśmy, że pozyskiwana za pomocą dronów szybka i dokładna informacja o placu budowy jest nieoceniona przy realizacji przedsięwzięć drogowych, kolejowych czy gazociągowych. W budownictwie kubaturowym obszar inwestycji zmienia się jeszcze dynamicznej, a zatem również tutaj pole do zastosowania dronów jest bardzo szerokie. Dzieje się tak za sprawą możliwości szybkiego i bezpiecznego wykonania nalotu fotogrametrycznego i pozyskania aktualnych danych. W niniejszym

artykule pokażemy, jak użycie przetworzonych danych z pokładu drona może wspomóc pracę na budowach kubaturowych i pozwala wejść firmom na nowy poziom, którego osiągnięcie stanie się niedługo niezbędne, aby konkurować na trudnym rynku budowlanym.

• Przygotowanie do budowy

Już na etapie ofertowania kosztorysanci stają przed wyzwaniem poprawnej wyceny danego przedsięwzięcia na poszczególnych etapach: projektowania, przygotowania działki pod plac budo-

wy oraz realizacji inwestycji. Aby wycena była precyzyjna, uwzględniała aktualną sytuację w terenie i potencjalne ryzyko, należy zidentyfikować i uwzględnić wiele aspektów. Do tej pory firmy budowlane podczas przygotowywania ofert korzystały z następujących danych: zasobów geoportali, zdjęć satelitarnych czy opracowanych specjalnie na cele inwestycji map geodezyjnych (w tym obligatoryjnych map do celów projektowych). Często dane te są mało aktualne lub niedokładne (nierzetelnie przygotowane) i nie po-

kazują ważnych informacji, które są potrzebne do właściwego sporządzenia oferty. I tutaj jest miejsce dla dronów.

Rysunek 1 przedstawia wykonaną przez naszą firmę SkySnap ortofotomapę (GSD 1,5 cm) zintegrowaną z mapą zasadniczą. Opracowanie powstało na zlecenie generalnego wykonawcy w ramach przygotowania oferty na przebudowę terenu przemysłowego, w tym hali produkcyjnej. W wyniku analizy pozyskanego materiału wykryto błędy na mapie do celów projektowych (rozbieżności ze stanem istniejącym). Produkty fotogrametryczne odpowiadały również na potrzebę uwzględnienia elementów niewchodzących w zakres wspomnianego dokumentu.

Na tym etapie warto ponadto wspomnieć o użyciu prostszych materiałów uzyskanych z pułapu UAV, tj. zdjęć, filmów czy panoram sferycznych 360°. Nie są to, co prawda, produkty fotogrametryczne, ale mogą stanowić użyteczny zestaw materiałów reklamowych i marketingowych na potrzeby generalnego wykonawcy i inwestora.



Rys. 2. Wpasowanie planowanej inwestycji w model 3D mesh centrum Piaseczna

• Wsparcie na etapie projektowania

Koncepcja architektoniczna, a następnie projekt wykonawczy nie powinny stanowić jedynie surowych dokumentów. Ważne jest, aby odnosiły się do przestrzeni, w której będą realizowane i będą dobrze wpisywały w istniejącą zabudowę. W tym celu na etapie projektowania można wykorzystać modele 3D mesh do przeprowadzenia konsultacji społecznych oraz wpasowania projektu w istniejącą przestrzeń. Za przykład niech posłuży centrum miasta Piaseczno, dla którego wykonaliśmy model 3D mesh oraz ortofotomapę. Na rys. 2. zaprezentowano porównanie aktualnego modelu 3D strażnicy OSP z projektem po przebudowie. Do wykonania mo-

delu wykorzystano zdjęcia ukośne pozyskane z drona DJI Phantom 4 RTK.

Rynek budowlany rozwija się obecnie bardzo dynamicznie. Platforma analityczna Building Radar przewiduje, że do 2020 roku sektor ten urośnie w Polsce o ponad 10%. Dynamikę tę doskonale obrazuje rozwój centrów handlowych zyskujących kolejne hale i magazyny. Do przygotowania obszaru pod budowę

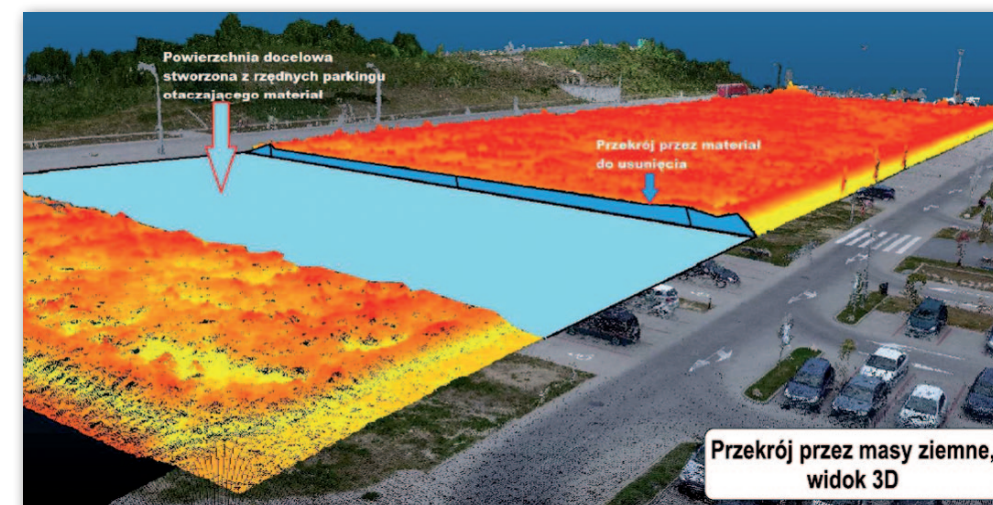
takich obiektów potrzebne są szacunki związane m.in. z rozbiórkami, przeprojektowaniem obecnej infrastruktury czy pracami ziemnymi mającymi na celu wyrównanie lub ukształtowanie terenu.

W ramach inwentaryzacji terenu pod rozbudowę obiektu wielkopowierzchniowego w Gdańsku wykonaliśmy pomiary mas ziemnych humusu składowanego na obszarze planowanej inwestycji. Efek-

tem obmiaru było określenie objętości wymagającej wywieżenia, a poziomem odniesienia była wysokość zrealizowanego obok parkingu (rys. 3). Jest to przykład aktualizacji modelu terenu ze względu na trwające prace budowlane. Ponadto wykonano porównanie z klasycznym pomiarem geodezyjnym. Różnica objętości wynosiła 15% ogólnej wartości i była spowodowana generalizacją pomiarów geodezyjnych. Zinventaryzowany i przeanalizowany obszar miał powierzchnię około 1,5 ha.

• Inwentaryzacja obiektów wokół planowanej inwestycji

Bardzo często inwestycja może mieć niekorzystny wpływ na już istniejące obiekty. Może dochodzić do naruszenia konstrukcji fundamentów czy pęknięcia ścian. Z punktu widzenia inwestora ważne jest, aby zapobiegać takim sytuacjom i zabezpieczyć się przed nieuzasadnionymi roszczeniami. Na tym etapie inwentaryzacja stanu zerowego stanowi dla inwestora i generalnego wykonawcy swoistą polisę ubezpieczeniową. We współpracy z firmą METRIS – zajmującą się monitoringiem konstrukcji oraz instalacją czujników wibracji, hałasu i wskaźników rozwarcia rys – wykonaliśmy inwentaryzację terenu wokół przyszłej budowy parkingów podziemnych. Zakres prac obejmował pomiar elewacji i dachów budynków leżących w bezpośrednim są-



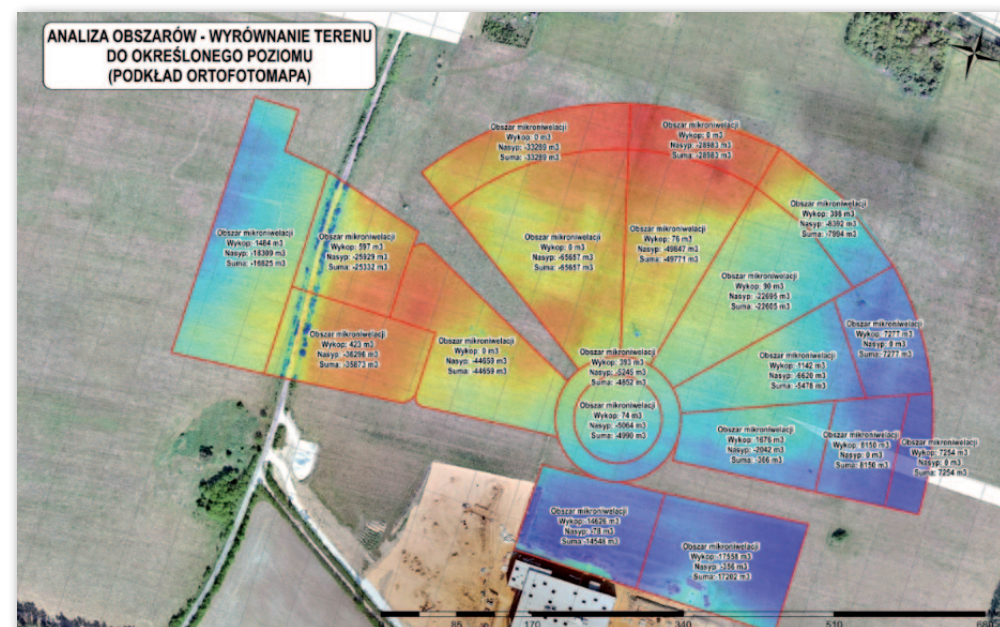
Rys. 3. Przekrój przez masy ziemne w widoku 3D



Rys. 4. Ortoobraz elewacji głównej Akademii Sztuk Pięknych w Gdańsku



Rys. 5. Ortoobraz zabytkowego muru miejskiego w Gdańsku



Rys. 6. Wizualizacja mikroniwelacji w postaci mapy wysokościowej

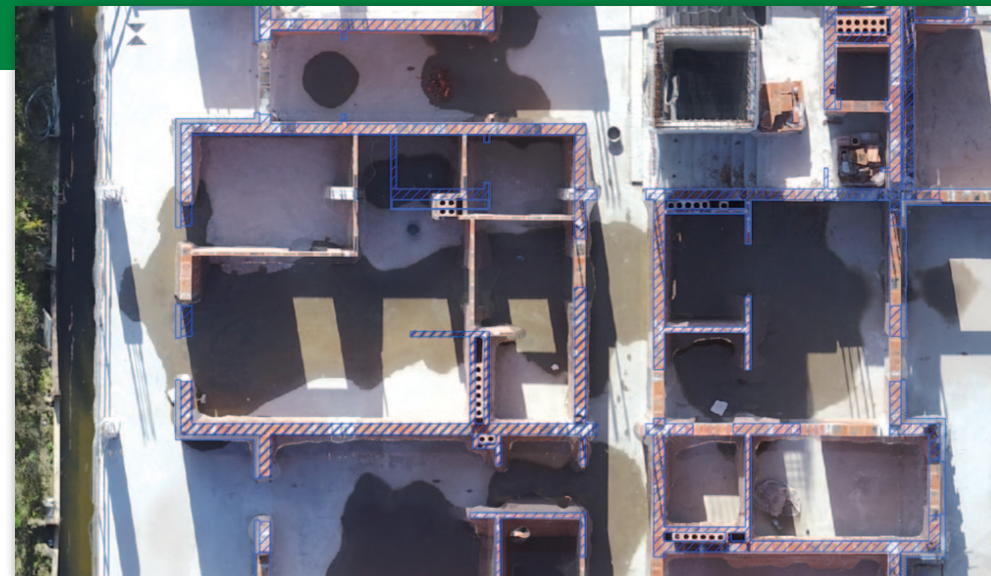
siedztwie inwestycji. Oprócz tradycyjnej inwentaryzacji fotograficznej (rozszerzonej o możliwości dronów – zdjęcia elementów trudno dostępnych dla człowieka z aparatem, jak np. dachy i gzymsy), przygotowaliśmy wysokorozdzielcze ortoobrazy fasad budynków (rys. 4 i 5) oraz modele 3D zamrażające w czasie stan obiektów przed rozpoczęciem inwestycji. W ramach tych prac zidentyfikowano miejsca uszkodzone oraz pęknięcia, które należy monitorować w trakcie trwania budowy.

• Wsparcie na etapie realizacji

Mimo wcześniejszego przygotowania, czasem w trakcie trwania inwestycji należy wprowadzić zmiany, które wymagają przeprojektowywania i pozyskiwania nowych danych. Najczęściej problem ten pojawia się w przypadku budowy rozciągniętej w czasie. W ramach wsparcia procesu przeprojektowania wykonaliśmy obloty kompleksu rozrywkowo-wypoczynkowego. Dla fragmentu obszaru zrealizowano mikroniwelację służącą do zobrazowania koniecznych robót ziemnych w podziale na sektory (rys. 6).

Wykonano również symulację powodziową dla terenu znajdującego się przy drodze publicznej, gdzie zaplanowano zbiornik retencyjny. Celem tej analizy było sprawdzenie, czy projektowana głębokość i objętość okazały się wystarczające w okresie wysokich opadów atmosferycznych czy roztopów. Ponadto generalny wykonawca otrzymał ortofotomapę oraz chmurę punktów, które mógł wykorzystać w procesie przeprojektowywania w środowisku REVIT – doprowadziło to do integracji danych fotogrametrycznych z modelem BIM inwestycji.

Kolejnym przykładem użycia dronów jest cykliczna kontrola poprawności wykonania prac budowlanych w odniesieniu do projektu wykonawczego. Skoordynowanie wszystkich podwykonawców jest procesem niezwykle



Rys. 7. Wynik integracji projektu z ortofotomapą w celu wykrycia błędów w wykonaniu prac budowlanych

trudnym. Na rys. 7 zaprezentowano wynik zintegrowania projektu z ortofotomapą wykonaną ze zdjęć zebranych dronem Phantom 4 RTK (usprawnia on prace terenowe przez użycie małej liczby fotopunktów). Analiza obrazuje rozbieżności wykonania ścian obiektu mieszkalno-użytkowego w Poznaniu. Wykryte nieprawidłowości były spowodowane złą komunikacją między podwykonawcami, brakiem ciągłej kontroli w trakcie realizacji inwestycji oraz wieloma zmianami projektowymi. Implementacja modelu BIM – i w związ-

ku z tym dobra koordynacja prac – w połączeniu z użyciem dronów mogłaby uchronić przed zaistniałą sytuacją. W czasie realizacji inwestycji drony mają zastosowanie również w nadzorze inwestycji oraz inspekcji BHP.

• Udostępnianie danych z drona na portalu on-line

Bardzo ważne dla odpowiedniego przebiegu procesu inwestycyjnego jest zarządzanie placem budowy. W tym celu istotne jest zbieranie cyklicznych i aktualnych informacji o budowie ze

względu na dynamikę zmian w terenie. Najlepszym i najbardziej wydajnym sposobem jest tu wykorzystanie dronów. Dane takie należy jednak uporządkować w czasie w odpowiednim systemie, który pozwoli na dodatkowe analizy oraz udostępnianie ich różnym uczestnikom procesu inwestycyjnego. Firma SkySnap – w odpowiedzi na zapotrzebowanie klientów – zamiast przekazywania ogromu danych umieszcza je w dedykowanym portalu on-line. Umożliwia on dostęp do danych 2D/3D, wykonywanie prostych pomiarów

(odległości, powierzchni, objętości) oraz prezentowanie wyników analiz, np. w postaci map różnicowych lub tabeli robót ziemnych. W portalu następuje integracja danych fotogrametrycznych z danymi środowisk GIS/CAD.

• Przyszłość wykorzystania dronów

Niniejszy artykuł przedstawia wyłącznie nasze doświadczenia. Perspektywy zastosowań dronów w budownictwie są jednak dużo szersze. Już teraz prowadzone są projekty wdrożeniowe specjalnych stacji dokujących, które będą automatycznie inicjalizować start misji drona, ładowanie baterii oraz bezpieczny powrót. Proces ten będzie w pełni zautomatyzowany oraz połączony z obliczeniami w chmurze publicznej. Sama obróbka zebranych danych zostanie wsparta elementami uczenia maszynowego, automatycznego wykrywania obiektów na zdjęciach czy integracji z modelami BIM. Należy jednak do tych zmian odpowiednio się przygotować.

Paweł Wójcik, Konrad Sosnowicz
SkySnap



Rys. 8. Zrzut ekranu z portalu on-line SkySnap

Colidrone o rynku opracowań fotogrametrycznych

Budująca konkurencja

W GEODECIE 1/2018 ukazał się artykuł „Niech decyduje rynek”, w którym przygotowanie ortofotomapy dla Kołobrzegu stało się przyczynkiem do rozważań na temat opracowań z drona oraz samolotu załogowego. Tymczasem Kołobrzeg zlecił wykonanie już trzeciej ortofotomapy – pierwszą (2017) i trzecią (2019) wykonała nasza firma Colidrone, a drugą (2018) – MGGP Aero.



Chmura punktów na podstawie zdjęć z pokładu drona. Kołobrzeg 2019 r.

W tym roku, podobnie jak w poprzednim, kołobrzezki magistrat zamówił zdjęcia w rozdzielczości 5 cm/px. Narzucił przy tym stosunkowo krótkie okno rejestracji (między 25 marca a 7 kwietnia, optymalnie w godzinach 10.00-14.00). Miejskim urbanistom zależało na utrwaleniu stanu bez vegetacji roślin przy możliwie najlepszych warunkach oświetleniowych.

Do tego zadania użyliśmy bezałogowca Birdie

krakowskiej firmy FlyTech. Dron wyposażony był w dodatkową antenę GNSS (do wyznaczenia elementów orientacji zewnętrznej metodą PPK) oraz aparat Sony RX1R II (pełna klatka 42 Mpx, stałoogniskowy obiektyw 35 mm). Dzięki wykorzystaniu wydajniejszej platformy w powietrzu spędziliśmy dokładnie tyle samo czasu, co podczas pozyskiwania zdjęć dla pierwszej ortofotomapy. Należy wspomnieć, że opracowanie

z września 2017 r. było w rozdzielczości 10 cm/px. Operatorzy wykonali 7 misji po około 40 minut każda. Łącznie z zakładaniem osnowy prace terenowe trwały 3 dni. Kolejne trzy zajęło przetwarzanie 2200 zdjęć (z pokryciem 70 i 60%). W efekcie po tygodniu od wykonania naliczaliśmy przestaliśmy opracowanie do weryfikacji.

• Ocena

Zamawiający oprócz ortofotomapy otrzymał również

surowe zdjęcia. Ocena była jednoznaczna: w porównaniu z materiałem dostarczonym przez firmę MGGP Aero naszych zdjęć było zdecydowanie więcej i cechowały się niższą jakością. Nie byliśmy tym zaskoczeni, ponieważ zdjęcia pochodziły z dwóch różnych klasy sensorów. Mimo to różnice były widoczne tylko na wybranych zdjęciach i na niektórych liniach mozaikowania. Jednak nie to było najważniejsze dla klienta. Pracownicy Wy-

działu Urbanistyki zwrócili uwagę na dużo mniejsze przesunięcia radialne (przesunięcia punktów na zdjęciu ze względu na deniwelację terenu) na naszym opracowaniu. Co więcej, spore pokrycie podłużne i poprzeczne pozwoliło na wygenerowanie prawdziwej ortofotomapy, na której wszystkie obiekty przedstawione są w rzucie ortogonalnym. We wszelkich zadaniach związanych z planowaniem, kontrolą czy zarządzaniem przestrzenią miejską brak przesłonięć ułatwia pracę. Oba opracowania są dostępne w miejskim geoportalu, gdzie można je porównać.

• Rynek

Polski rynek geodezyjny pełen jest osobliwości. Czy fotogrametryczna jego część również wpisze się w trend? W tabeli pokazujemy zestawienie ofert w przetargach

Zestawienie ofert w przetargach na opracowanie ortofotomapy [brutto w zł]

Kołobrzeg 2018		Kołobrzeg 2019	
MGGP Aero Tarnów	9840	Colidrone Częstochowa	12 177
IWING Warszawa	18 389	MGGP Aero Tarnów	13 530
GISonLine Kraków	22 139	IWING Warszawa	19 000
Colidrone Częstochowa	22 755	Fotoparty Warszawa	24 354
DBS Warszawa	29 225	DBS Warszawa	28 684
SmallGIS Kraków	35 055	SmallGIS Kraków	33 210
OPEGIEKA Elbląg	42 927	Visimind Olsztyn	42 681
KELM Solutions Katowice	47 970	OPEGIEKA Elbląg	59 286
Dap-Med-Project Poznań	63 468	Dap-Med-Project Poznań	63 468
BGP i Geostar Kielce	73 677	Flyandwatch Goczałkowice-Zdrój	84 009
Dron House Warszawa	118 080	Futurae Wrocław	121 770

na opracowanie ortofotomapy dla Kołobrzegu w 2018 i 2019 r. (ten sam obszar opracowania i ta sama rozdzielczość). Uzupełnieniem niech będzie informacja, że pierwszą ortofotomapę wykonaliśmy w 2017 r. za kwotę 14 760 zł brutto.

W tabeli zauważalne jest ogromne zróżnicowanie ofert. Świadczyć to może o wciąż

nieuregulowanym rynku małych i średnich opracowań fotogrametrycznych. Ciekawe wydaje się też osobne zestawienie procentowej zmiany wysokości ofert firm startujących w obu konkursach. Ocenę pozostawiam Czytelnikom. Na początku artykułu wymieniałem czas potrzebny na realizację zadania. Dodam jeszcze, że prace tereno-

Zmiana wartości oferty

OPEGIEKA Elbląg	38%
MGGP Aero	38%
IWING Warszawa	3%
Dap-Med-Project Poznań	0%
DBS Warszawa	-2%
SmallGIS Kraków	-5%
Colidrone Częstochowa	-46%

we wykonywało dwóch ludzi, a opracowanie kameralne jedna osoba.

• Opinia

Branża niewątpliwie się rozwija. Widać to chociażby na wspomnianym przykładzie – zadanie, które wymaga dwukrotnie lepszych zdjęć, dzięki wydajniejszym narzędziom mogliśmy zrealizować w tym samym czasie. Wygranym jest niewątpliwie urząd. W miejskiej kasie po drugim opracowaniu zostało funduszy na kolejne. Tylko się cieszyć!

Tak czy inaczej konkurencja na pewno powoduje wzrost jakości świadczonych usług. Warto jednak zastanowić się, jak kształtujemy nasz rynek. To oczywiście jedno niewielkie zlecenie spośród setek, ale może być papierkiem lakmusowym. Fotogrametria niskopułapowa jest już pod strzechami, nie wypieramy jej, jak niegdyś pomiarów GNSS. Pracujemy nad standardami, bo na ogólnym rozwoju skorzystamy wszyscy.

Kamil Kaczorowski
Colidrone



Fragmenty ortofotomap Kołobrzegu opublikowanych na miejskim geoportalu. U góry: z 2018 r. (MGGP Aero), na dole: z 2019 r. (Colidrone)

Pierwszy dron z poprawkami w czasie rzeczywistym w ofercie NaviGate

BSL z RTK. Czy warto?

Bezzałogowy statek powietrzny DJI Phantom 4 RTK cieszy się sporym powodzeniem wśród klientów firmy NaviGate, oficjalnego dystrybutora marki DJI Enterprise w Polsce. W artykule przybliżamy specyfikację tego drona oraz przedstawiamy sposób pozyskiwania za jego pomocą dokładnych opracowań.



Rys. 1. DJI Phantom 4 RTK

Bezzałogowy statek powietrzny DJI Phantom 4 RTK jako pierwszy tej marki posiada możliwość zapisu w metadanych każdego obrazu dokładnych współrzędnych środka rzutu zdjęcia z wykorzystaniem poprawek pochodzących ze stacji referencyjnych. Jak ta funkcja przekłada się w praktyce na sposób planowania nalołów i opracowanie danych? System RTK zintegrowany ze statkiem powietrznym pozwala na zmniejszenie liczby fotopunktów, a w niektórych przypadkach nawet na zupełne z nich zrezygnowanie. W przypadku rezygnacji z pomiaru terenowego należy

jednak zachować ostrożność. Nie mając bowiem współrzędnych choćby kilku punktów kontrolnych, jesteśmy pozbawieni możliwości kontroli uzyskanych wyników.

• Dokładne środki rzutów w EXIF bez postprocessingu

W odróżnieniu od systemów bazujących na dwóch odbiornikach, z których jeden zamon-

towany jest na pokładzie bezzałogowca, a drugi pełni rolę odbiornika bazowego, Phantom 4 RTK zapisuje dokładne współrzędne środków rzutów zdjęć już w metadanych EXIF każdej fotografii. Po wczytaniu zdjęć do oprogramowania fotogrametrycznego (np. Pix4D-mapper czy Agisoft Metashape) od razu przystępujemy do pierwszego etapu przetwarzania, w którym następuje wyrównanie bloku zdjęć. Przybliżonych elementów orientacji zewnętrznej zdjęć nie trzeba poddawać postprocessingowi. Po wykonaniu aerotriangulacji, np. w zakładce „Reference”, można odczytać błąd wyrównania bloku zdjęć. Przy zade-

Reference	Cameras	East err (m)	North err (m)	Alt. err (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Yaw err (°)	Pitch err (°)	Roll err (°)	Accuracy (°)	Error (°)	Projections	Error (pix)
	100_029...	0.004622	-0.005651	-0.000091	0.01777/0.01...	0.007301	-8.707	-1.124	0.115	10.000	8.780	3846	0.269
	100_029...	0.006504	-0.001843	-0.010447	0.01969/0.01...	0.012444	-8.980	-1.159	0.009	10.000	9.055	3813	0.263
	100_029...	0.001600	-0.000593	0.004060	0.01552/0.01...	0.004404	-9.425	-1.116	-0.089	10.000	9.491	3571	0.230
	100_029...	0.003730	-0.002082	-0.015704	0.01618/0.01...	0.016275	-9.638	-1.099	-0.140	10.000	9.702	3517	0.215
	100_029...	0.003301	-0.001611	0.002280	0.01588/0.01...	0.004478	-9.810	-1.135	-0.148	10.000	9.877	3663	0.237
	100_029...	-0.000330	0.001267	-0.003366	0.01599/0.01...	0.003612	-9.919	-1.115	-0.175	10.000	9.983	4309	0.208
	100_029...	0.005570	-0.010151	-0.000838	0.01615/0.01...	0.011609	-10.070	-1.098	-0.191	10.000	10.132	3790	0.221
	Total Error	0.004637	0.003735	0.008181		0.010118	5.763	0.999	0.489		5.869		

Rys. 2. Błędy środków rzutów zdjęć po wyrównaniu bloku w Agisoft Metashape

klarowanej dokładności ich pozyskania na poziomie 1,5 cm (która również zapisana jest w metadanych), błąd ten wynosi około 1 cm. Dokładność wyznaczana jest podobnie jak w przypadku geodezyjnych odbiorników GNSS. Pomocny jest w tym współczynnik PDOP, który mówi o korzystnej (lub nie) geometrii konstelacji satelitów.

• Sensor optyczny

Matryca 1" CMOS, rozdzielczość 20 megapikseli oraz mechaniczna migawka to główne cechy zintegrowanej kamery DJI Phantom 4 RTK. Na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie mechanicznej migawki, co znacznie redukuje efekt „rolling shutter” i pozwala na planowanie nalołów z większymi prędkościami bez obawy o efekt „kładzenia się” linii prostych na zdjęciach. Nowością jest ustawienie stałego czasu naświetlania; w celu zachowania spójności ekspozycji na wszystkich zdjęciach automat kieruje pracą przesłony oraz modyfikuje czułość ISO.

Możemy wybrać opcję automatycznego usuwania dystryksji ze zdjęć. Możemy również zapisać oryginalne zdjęcia i pozostawić korekcję zniekształceń zaawansowanym algorytmom oprogramowania fotogrametrycznego (Pix4D-mapper, Agisoft Metashape itp.). Swoim klientom zazwyczaj doradzamy, aby wpływ dystryksji zredukować tylko raz – w oprogramowaniu.

• Kontroler

Na pierwszy rzut oka kontroler w wersji RTK różni się od swoich poprzedników tylko wbudowanym tabletem. Przeglądając się dokładniej, zauważymy jeszcze dwie różnice. Nowością jest zastosowanie wymiennego akumulatora. Po rozładowaniu kontrolera nie musimy szukać źródła prądu i podłączać aparatury do zasilacza, wystarczy wymienić baterię WB37 (znaną z aparatów sterujących statkami serii DJI Matri-ce). Możemy to zrobić także

Tab. 1. Opis misji autonomicznych w aplikacji DJ GS RTK

Metoda	Przeznaczenie	Rodzaj zdjęć
2D Photogrammetry	ortofotomosaiki oraz NMPT/NMT	pionowe
3D Photogrammetry (Double Grid)	chmury punktów oraz modele 3D	ukośne
Waypoint Flight	przelot po zaplanowanej ścieżce	dowolne
Linear Flight Mission	ortofotomapy i NMPT dla obiektów wydłużonych (autostrady, linie kolejowe)	pionowe
3D Photogrammetry (Multi-oriented)	bardzo dokładne chmury punktów oraz modele 3D (misja składa się z 5 części; w pierwszej wykonuje się zdjęcia pionowe, w pozostałych 4 zdjęcia ukośne z każdej strony obiektu)	pionowe + ukośne
Terrain Awareness Mode	loty w terenach o dużej deniwelacji; możliwość ustawienia wysokości nalołu w odniesieniu do danych z NMT	pionowe lub ukośne

w trakcie trwania misji, ponieważ wewnętrzny akumulator o mniejszej pojemności podtrzyma pracę aparatury nawet przez 5 minut.

W celu pobrania poprawek ze stacji referencyjnych konieczne jest połączenie z internetem, wpisanie danych logowania oraz wskazanie strumienia poprawek wybranego serwisu. Dane logowania wpisujemy w aplikacji DJI GS RTK (podobnie jak w odbiornikach geodezyjnych), natomiast połączenie z internetem zapewnia nam modem GSM wielkości pendrive'a, w którym należy umieścić kartę SIM i podłączyć do kontrolera. DJI Phantom 4 RTK jest kompatybilny z państwową siecią stacji referencyjnych ASG-EUPOS, a także z komercyjnymi sieciami VRSNet (Trimble), SmartNet (Leica), TPI NET (Topcon) czy NadowskiNET. Dzięki temu na obszarze Polski nie ma potrzeby stosowania własnych stacji referencyjnych GNSS.

• DJI GS RTK APP

Aplikacja jest podzielona na dwa moduły: wolnego lotu oraz planowania misji autonomicznych. Naloł możemy zaplanować na 6 sposobów w zależności od produktu, jak i chcemy uzyskać lub zróżnicowania obszaru opracowania (tab. 1). Na szczególną uwagę zasługuje tryb „Terrain Awareness Mode”, który pozwala na import NMT w formacie TIF, od którego następnie liczona będzie wysokość nalołu.

Obszar nalołu możemy zdefiniować w terenie na podstawie mapy satelitarnej Mapbox

Tab. 2. Parametry misji

Lokalizacja	Osiedle Niepodległości w Bochni (woj. małopolskie)
Powierzchnia	10 ha
Matryca	1" (13,2 x 8.8 mm) CMOS, 20 Mpix
Obiektów	8,8 mm / FOV 84°
Wysokość lotu	70 m AGL
Prędkość	5 m/s
Pokrycie zdjęć	70% podłużne i poprzeczne
Liczba zdjęć	156
Liczba fotopunktów (GCP)	0-10
Liczba punktów kontrolnych	75

lub wcześniej w biurze, przygotowując plik KML w układzie WGS84 (np. w aplikacji QGIS lub Google Earth).

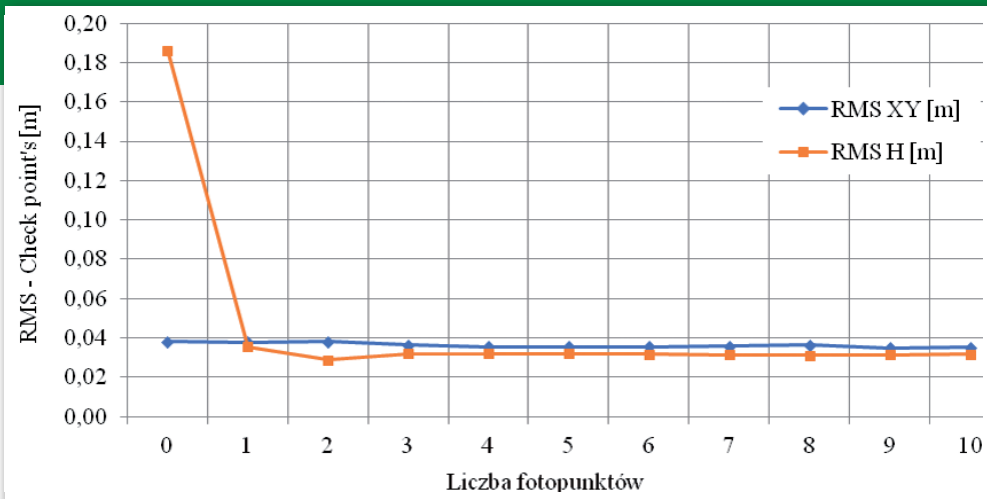
• Analiza dokładności. Co z fotopunktami?

Rzeczywisty błąd położenia, który interesuje geodetów, to RMS (Root Mean Square) na punktach kontrolnych, czyli takich, które są ignorowane przez algorytm wyrównania i służą do obliczenia odchyłek między współrzędnymi pozyskanymi z pomiaru terenowego a współrzędnymi wyestymowanymi przez program. Aby sprawdzić wpływ fotopunktów na dokładność opracowania, wykonano naloł nad 10-hektarowym polem testowym zlokalizowanym w Bochni. Rozmiar matrycy oraz długość ogniskowej w kamerze zintegrowanej z bezzałogowym statkiem DJI Phantom 4 RTK pozwala na uzyskanie 2-centymetrowego piksela terenowego (GSD) przy nalołocie na wysokości 70 m (AGL). Ze względu na

zróżnicowaną rzeźbę terenu oraz wysokie budynki, przyjęto podłużne i poprzeczne pokrycie zdjęć na poziomie 70%. Prędkość nalołu wyniosła 5 m/s. W trakcie misji wykonano łącznie 156 fotografii.

W terenie pomierzono, a następnie wskazano na zdjęciach 85 punktów równomiernie rozłożonych na obszarze opracowania. 10 z nich stopniowo włączano do zbioru fotopunktów, natomiast 75 posłużyło do kontroli dokładności (jako tzw. punkty kontrolne). Znajdowały się one zarówno na powierzchni terenu, jak i na dachach budynków. Na poziomie terenu były to głównie studzienki kanalizacyjne, linie parkingowe oraz inne punkty pozwalające na jednoznaczny identyfikację na zdjęciach. Na dachach budynków, z powodu braku charakterystycznych punktów, zamontowano okrągłe tarcze pomiarowe. Punkty pomierzono techniką RTK z wykorzystaniem wirtualnej stacji referencyjnej.

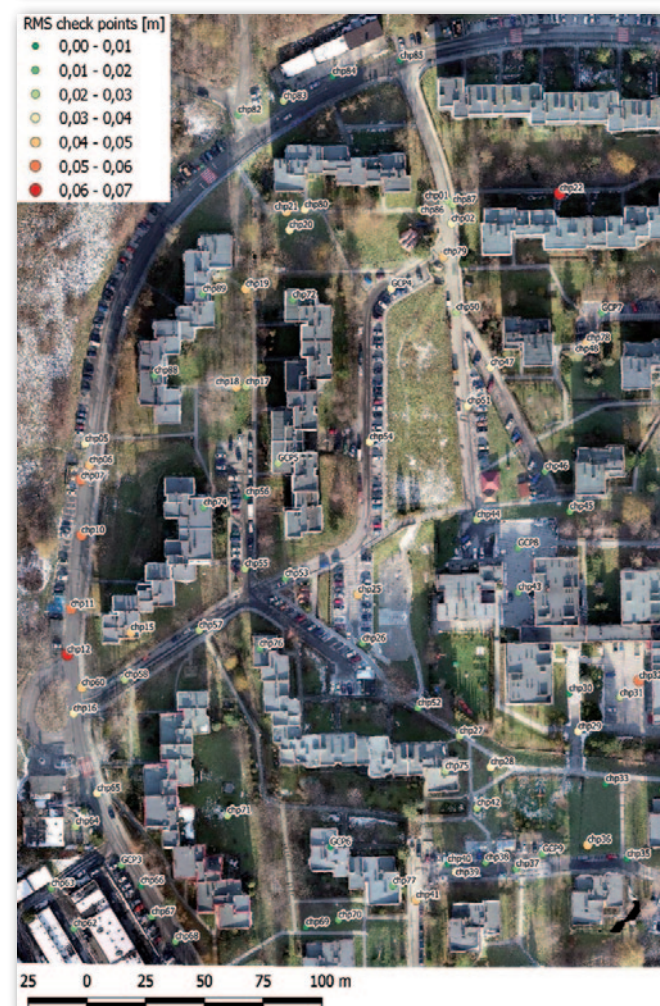
Dokładną analizę zależności wielkości błędu średniok-



Rys. 3. Wykres zależności RMS na punktach kontrolnych od liczby fotopunktów. Test w Bochni

Tab. 3. RMS na pkt kontrolnych w zależności od liczby fotopunktów. Test w Bochni

Liczba GCP	RMS XY [m]	RMS XY [pix]	RMS H [m]	MIN/MAX X [m]	MIN/MAX Y [m]	MIN/MAX H [m]
0	0,038	1,7	0,186	-0,09/0,07	-0,03/0,07	0,11/0,28
1	0,038	1,7	0,036	-0,08/0,07	-0,03/0,07	-0,06/0,09
2	0,038	1,7	0,029	-0,08/0,08	-0,03/0,07	-0,07/0,08
3	0,036	1,6	0,032	-0,08/0,08	-0,04/0,06	-0,07/0,09
4	0,035	1,6	0,032	-0,08/0,07	-0,05/0,06	-0,07/0,08
5	0,036	1,6	0,032	-0,08/0,06	-0,04/0,06	-0,07/0,09
6	0,036	1,6	0,032	-0,08/0,06	-0,04/0,06	-0,07/0,09
7	0,036	1,6	0,031	-0,08/0,06	-0,04/0,07	-0,07/0,08
8	0,036	1,6	0,031	-0,08/0,06	-0,04/0,06	-0,07/0,08
9	0,035	1,6	0,032	-0,08/0,06	-0,04/0,06	-0,07/0,08
10	0,035	1,6	0,032	-0,08/0,06	-0,04/0,06	-0,07/0,08



wadratowego (RMS) na punktach kontrolnych od liczby fotopunktów przeprowadzono w programie Pix4Dmapper. Wyniki poszczególnych wyrównań zamieszczono w tabeli 3 i na rys. 3.

Z analizy wynika, że zastosowanie fotopunktów nie wpływa na wielkość RMS dla współrzędnych płaskich XY. Po przeliczeniu błędu na rozmiar piksela terenowego, który wynosi 2,25 cm, okazuje się, że nie przekracza on 2 pikseli. Natomiast zastosowanie jednego fotopunktu pozwala uzyskać RMS dla współrzędnej H na poziomie 4 cm. W przypadku braku fotopunktów RMS H wyniósł aż 19 cm. Wynika to z tego, że program nie ma wystarczającej ilości danych do prawidłowego przeprowadzenia samokalibracji i wyznaczenia elementów orientacji wewnętrznej, w tym wyznacze-

Rys. 4. Rozkład błędów na punktach kontrolnych. Test w Bochni

nia stałej kamery Ck. Przez to otrzymujemy model, który jest wewnętrznie wysokościowo zgodny, ale bezwzględnie przesunięty w stosunku do fizycznej powierzchni terenu. Dodając jeden fotopunkt, dostarczamy obserwację niezbędną do prawidłowego wyznaczenia Ck, co w wyniku daje model zgodny zarówno w wysokości względnej, jak i bezwzględnej. Zastosowanie 2 i więcej fotopunktów w tym przypadku nie wpływa istotnie na wielkość błędów na punktach kontrolnych.

• Analizy ciąg dalszy

W poprzedniej analizie zarówno fotopunkty, jak i punkty kontrolne obciążone były błędem pomiaru GNSS RTK, który wynosił 8 mm + 1 ppm. Był on zdecydowanie większy niż błąd pomiaru tachimetrem, aby więc go zredukować, punkty pomierzono metodą klasyczną. Nalot przeprowadzono na terenie kampusu Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Dla lepszego porównania wyników obu analiz zachowano parametry poprzedniego nalotu: 70 m AGL, prędkość 5 m/s, pokrycie podłużne i poprzeczne 70%. Tym razem w terenie pomierzono 10 punktów w miejscach, w których zlokalizowane były studzienki kanalizacyjne. Bazując na wynikach poprzedniej analizy, blok wyrównano z wykorzystaniem 1 fotopunktu, a dokładności sprawdzono na 9 punktach kontrolnych. Błędy na punktach kontrolnych przedstawia tabela 4, natomiast ich rozkład widoczny jest na rysunku 5.

Pomiar tachimetrem zwiększył dokładność XY o jeden centymetr. Jeżeli obszar ma powierzchnię kilku hektarów, a wysokość budynki i drzewa nie ograniczają wizury, pomiar klasyczny na jednym stanowisku trwa niewiele dłużej od pomiaru odbiornikiem GNSS. Warto zwrócić uwagę, że w przypadku obu analiz błędy maksymalne przy zastosowaniu jednego fotopunktu nie przekroczyły wartości na-

rzuczonej przez rozporządzenie w sprawie standardów pomiarów geodezyjnych dla szczegółów terenowych I grupy.

• Dron do licznych zastosowań

Mamy nadzieję, że udało się nam opisać zalety bezzałogowego statku powietrznego z systemem RTK. Przed zakupem należy sobie odpowiedzieć na pytanie, ile faktycznie mamy lub planujemy zleceń, w których wykorzystamy opisaną wyżej technologię. Jeżeli będzie to niewielkich rozmiarów ortofotomozaika lub pojedynczy model 3D wykonane raz w roku, a posiadamy precyzyjny odbiornik GNSS, należy się poważnie zastanowić, czy taka inwestycja się nam „zwróci”. Natomiast jeśli działamy lub zamierzamy działać prężnie w branży UAV, a przy okazji chcemy oszczędzić czas na pomiar terenowy i wskazywanie punktów, to odpowiedź wydaje się oczywista.

Prawidłowe rozmieszczenie fotopunktów i punktów kontrolnych to najważniejszy czynnik stworzenia dokładnej ortofotomapy, natomiast ich pomiar i wskazanie to jeden z najdłuższych, a na pewno najzwyklejszy etap opracowywania danych. Warto wspomnieć, że nawet sam proces przetwarzania trwa krócej w przypadku zdjęć z dokładną geolokalizacją. Algorytm w oprogramowaniu fotogrametrycznym szuka miejsca wykonania zdjęcia w sferze o promieniu zaledwie kilku centymetrów, a nie 10 m (dokładność pokładowych GPS).

Z przeprowadzonych doświadczeń jednoznacznie wynika, że moduł RTK zamontowany na pokładzie BSP pozwala kilkakrotnie skrócić czas opracowania. Dzięki temu możemy opracować większy obszar w krótszym czasie i uzyskać lepsze dokładności.

Rys. 5. Rozkład punktów kontrolnych i ich RMS oraz fotopunkt. Test na kampusie UJ

Tab. 4. Błąd RMS. Test na parkingu kampusu UJ

Numer punktu	RMS X [m]	RMS Y [m]	RMS XY [m]	RMS H [m]
1	0,018	0,048	0,051	0,012
2	0,003	0,011	0,011	-0,035
3	0,005	0,005	0,007	0,002
4	-0,028	0,022	0,036	0,029
5	-0,017	0,024	0,029	0,000
6	-0,018	0,011	0,021	0,028
7	-0,010	0,004	0,011	0,014
8	0,000	0,016	0,016	-0,009
9	0,006	0,010	0,012	0,049
Średnia [m]	-0,005	0,017	0,022	0,010
RMS [m]	0,015	0,021	0,026	0,025
σ [m]	0,014	0,013	0,014	0,023
Min [m]	-0,028	0,004	0,007	-0,035
Max [m]	0,018	0,048	0,051	0,049

Bezzałogowy statek powietrzny wyposażony w system RTK z pewnością przyda się przy pomiarach objętości mas ziemnych, hałd usypisk, zwałowisk lub piargów, przy których z punktu widzenia matematycznego

nie jest potrzebna wysokość bezwzględna. Model jest przesunięty wówczas o stały wektor, lecz wewnętrznie jest zgodny do kilku centymetrów. DJI Phantom 4 RTK znajdzie również zastosowanie w przypadku tere-

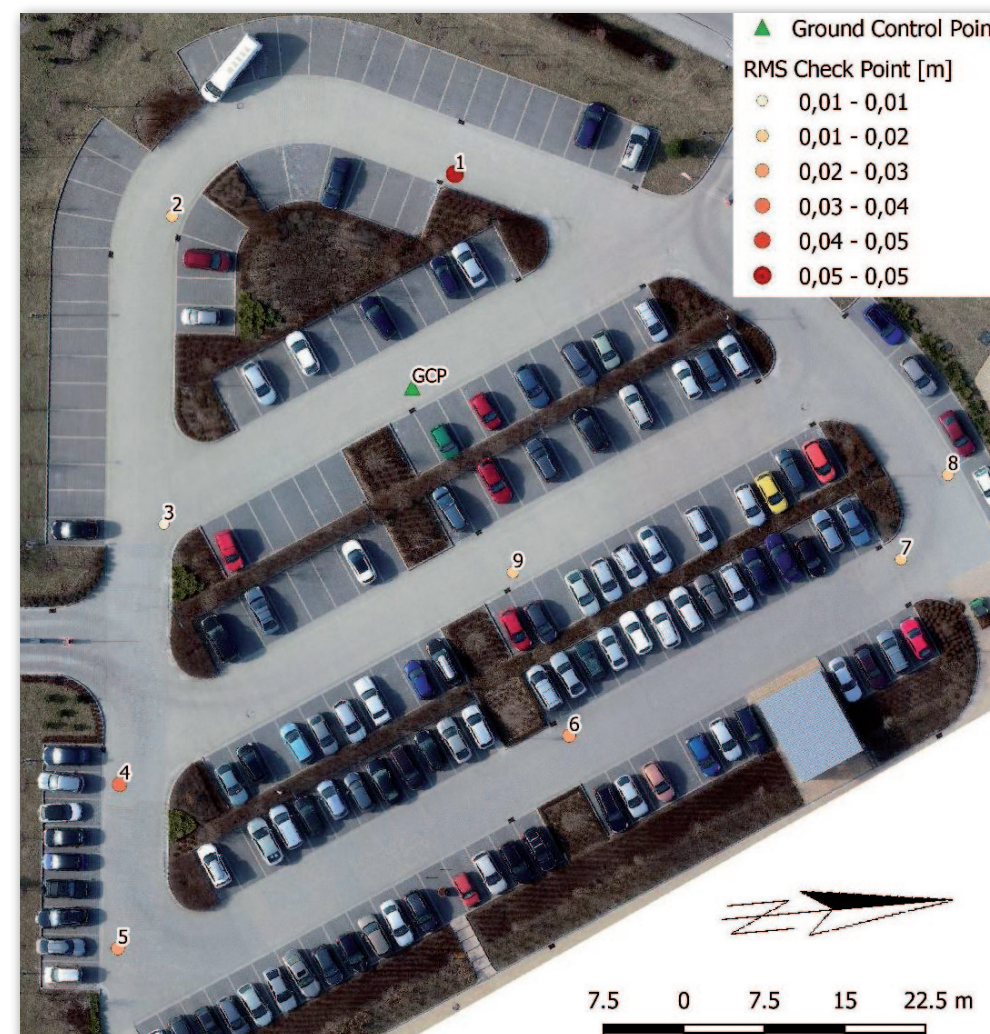
nów, gdzie stabilizacja i pomiar fotopunktów mogą być utrudnione, np. w lasach lub obszarach podmokłych.

Naszym zdaniem powszechne zastosowanie fotogrametrii niskiego pułapu w typowych pracach geodezyjnych to kwestia czasu. Od nas samych zależy, jak szybko będziemy gotowi i konkurencyjni na galopującym rynku geodezyjnym.

Maciej Wywiat

Artykuł został przygotowany przez firmę NaviGate Sp. z o.o. (autoryzowanego dystrybutora DJI Enterprise) i ośrodek szkoleniowy UAVO.

Kontakt z działem dronów (bezzałogowe statki powietrzne, sensory i kamery do BSP, oprogramowanie fotogrametryczne): telefon: 12 200 22 28 w. 105 lub 106, e-mail: drony@navigate.pl, www.navigate.pl



Rozwiązania LiDAR dla BSL w ofercie firmy TPI

Jakie akcesoria do skanowania?

Ostatnie lata to okres dynamicznego rozwoju bezzałogowych statków latających. Wraz z nimi na rynku pojawiło się wiele sensorów przeznaczonych dla dronów i aplikacji do opracowywania danych pozyskanych z pokładu BSL.

Pierwszym bodźcem do rozwoju BSL były kamery cyfrowe – coraz mniejsze, lżejsze, a przy tym rejestrujące materiał zdjęciowy o przyzwoitej jakości. Jeszcze 3-4 lata temu typowy dron był wirnikowcem wyposażonym w dobrą jakość kamery RGB.

Kolejne lata przyniosły adaptację nowych technologii detekcji, takich jak kamery multispektralne – do wspomagania oceny uprawy roślin, czy kamery termalne – dzięki którym nastąpił rozwój rynku inspekcyjnego. Poza wirnikowcami coraz większą popularność zyskiwały płatownice – szczególnie cenione przez użytkowników za wydajność i bezpieczeństwo lotu.

• Przetwarzanie zdjęć

Rozwojowi platform towarzyszył rozwój oprogramowania do przetwarzania zdjęć z dronów (m.in. aplikacje Agisoft, Pix4D czy Bentley Context Capture). Na początku głównym produktem finalnym były ortofotomapy; jednocześnie – niejako przy okazji – generowane były chmury punktów i modele 3D. Obecnie tego typu materiały są

często wykorzystywane do obliczeń objętości czy analiz postępu prac ziemnych.

Mimo dużej szczegółowości pozyskiwanych danych i coraz lepszych algorytmów przetwarzania obrazów oraz narzędzi do klasyfikacji chmur punktów cały czas aktualne pozostaje pytanie: „Jak z chmury punktów zdjąć roślinność?”. W większości przypadków jako materiał produkcyjny chcemy bowiem otrzymać trójwymiarowy model terenu (DTM), a nie model pokrycia terenu (DSM).

• Skanowanie laserowe

Trochę starszą technologią, ale również mocno rozwijaną w ostatnim czasie, jest skanowanie laserowe – stacjonarne, mobilne i lotnicze. W przypadku rozwiązań lotniczych ze względu na gabaryty sprzętu LiDAR przez długie lata za platformy pomiarowe służyły samoloty załogowe. Skaner laserowy jest sensorem aktywnym, czyli sam generuje wiązkę pomiarową (laser), w przeciwieństwie do kamer

Chmura punktów częściowo pokolorowana z wykorzystaniem zdjęć



Dron LiAir firmy Green Valley International

wykonujących zdjęcia, które rejestrują światło zastane. Pozwala to na pracę LiDAR nie tylko w dzień, ale również w nocy. Poza tym skupiona wiązka lasera ma większą moc „penetracji”, dzięki czemu możemy zakładać, że

przebieje się przez roślinność i dotrze do powierzchni terenu, rejestrując informacje niedostępne dla fotogrametrii klasycznej

Większość z nas spotkała się z wynikami skanowania lotniczego na stronach kra-

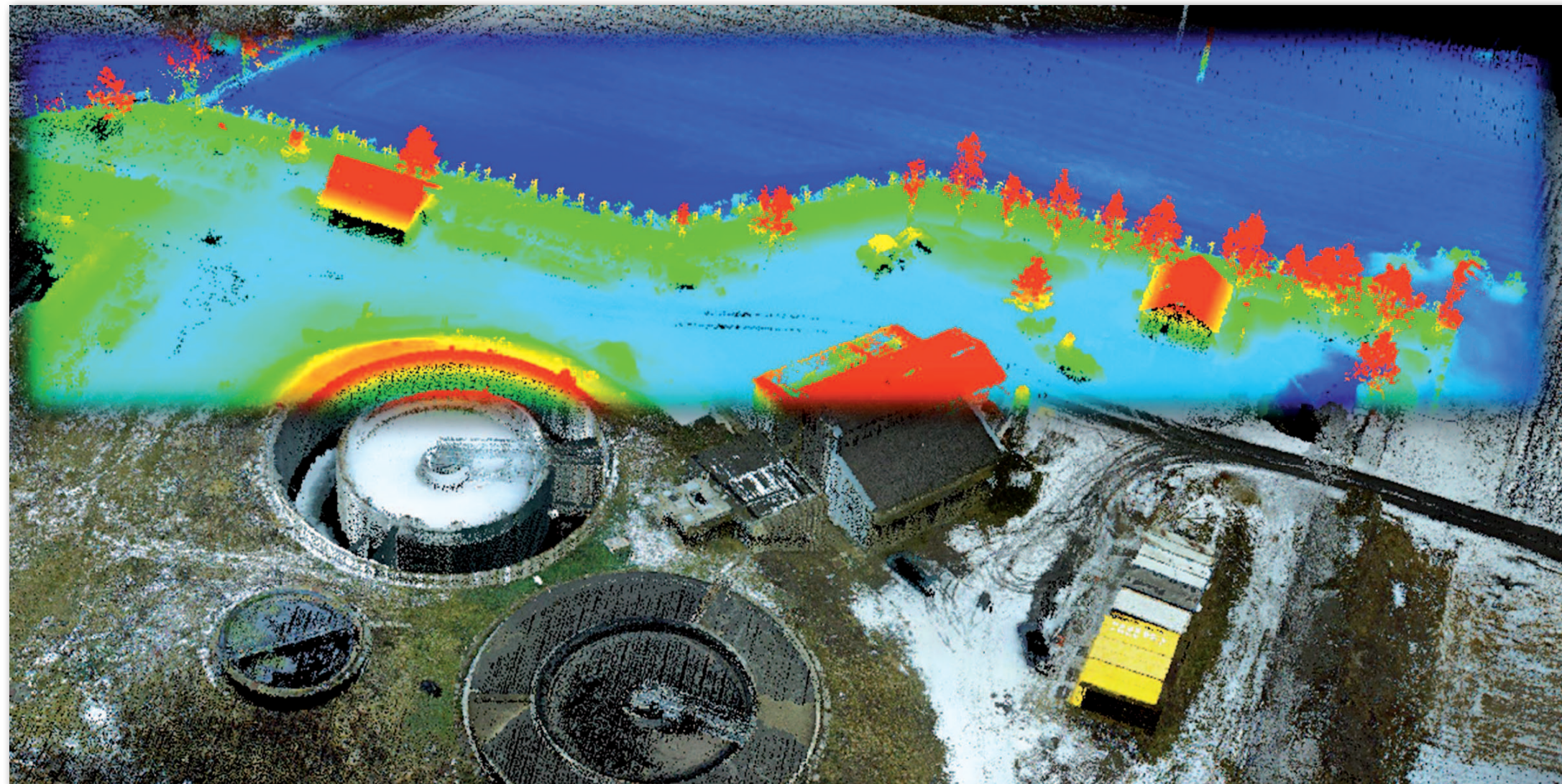
jowego Geoportalu. Dzięki wydajności samolotów załogowych prawie dla całej Polski pozyskano tego typu dane. Niestety, w przypadku danych „ogólnodostępnych” nie mamy wpływu na ich aktualność oraz gęstość chmury punktów, która w przypadku misji załogowych nie jest duża.

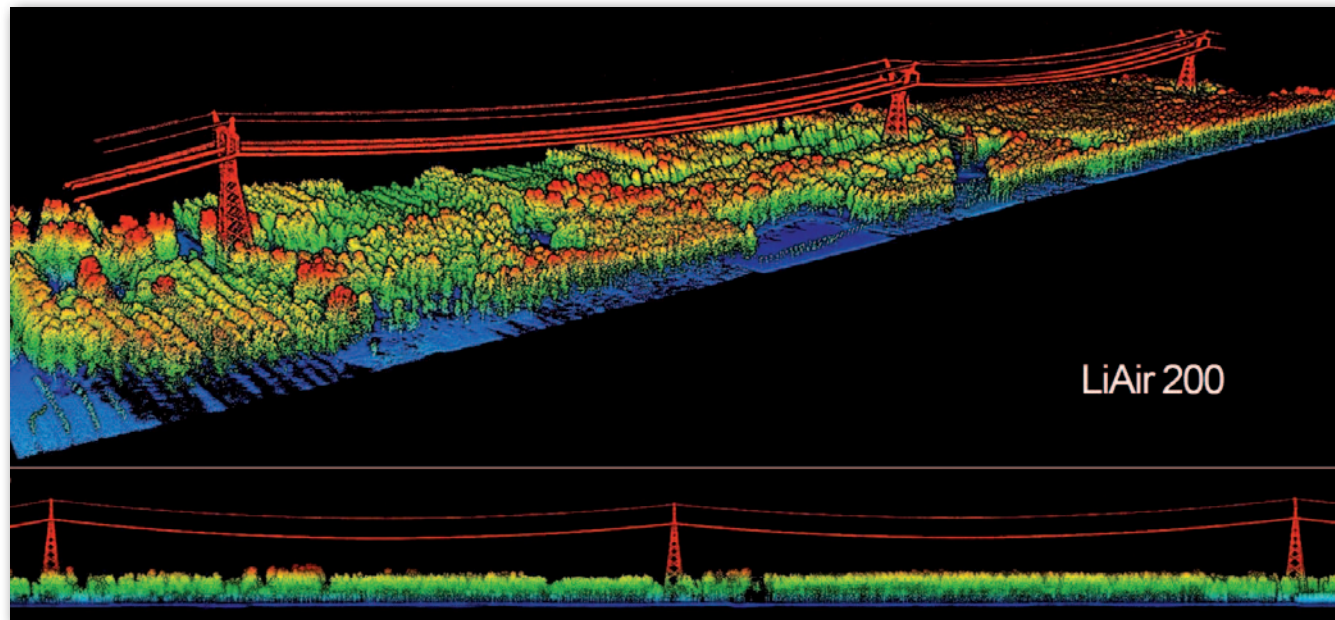
• Sprzęt LiDAR o wielu możliwościach

Grono osób używających technologii LiDAR jest całkiem spore. Coraz popularniejsze stają się wszelkiego rodzaju skanery plecakowe, np. LiBacpack firmy GVI. Dzięki połączeniu skanera laserowego (jednej lub kilku głowic skanujących), jednostki IMU, kamery cyfrowej, a w niektórych modelach na-

wet odbiornika GNSS, uzyskujemy narzędzie do szybkiej inwentaryzacji 3D przestrzeni. Inne rozwiązania, takie jak GEOSLAM ZEB-Horizon, idą o krok dalej. Jest to skaner ręczny, który możemy w kilka minut zamontować na dronie.

Sprzętem o jeszcze większych możliwościach – dzięki modularnej budowie – są rozwiązania LiAir firmy Green Valley International. Standardowo wyposażone są w odbiornik RTK, jednostkę IMU, aparat fotograficzny oraz głowicę skanującą jednej z firm: Velodyne, Hesai lub Riegl. Po przez dobór odpowiedniego czujnika uzyskujemy narzędzie do zbierania trójwymiarowych informacji o terenie dostosowane do konkretnej pracy. Platforma umożliwia pozyskanie w czasie jednego lotu nie tylko chmury punk-





Moduł predykcji wzrostu roślinności w programie do obsługi chmury punktów Terrasolid

tów, ale również zdjęć. Dzięki temu na etapie opracowania uzyskujemy chmurę w rzeczywistych kolorach, co jeszcze bardziej podnosi wartość interpretacyjną danych.

• Aplikacja LiDAR360 firmy GVI

Równie ważne jak sprzęt jest oprogramowanie. Dane możemy analizować w każdym programie, który obsługuje chmury punktów, np. LiDAR360 firmy GVI. Program umożliwia wyrównanie danych, osadzenie ich w układzie współrzędnych, dokonanie klasyfikacji chmur punktów, a także przeprowadzenie analiz. Wypoza-

ny jest m.in. w moduł topograficzny przeznaczony do wszystkich zagadnień dotyczących modelowania terenu.

Inny moduł – przygotowany dla branży leśnej – na podstawie analizy chmury punktów umożliwia określenie położenia i parametrów każdego drzewa. Kolejny – najbardziej zaawansowany – przeznaczony jest do realizacji zadań związanych z inwentaryzacją i utrzymaniem linii energetycznych. Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest funkcja predykcji wzrostu roślinności, która pozwala na określenie ram czasowych wycinki drzewostanu zagrażającego liniom energetycznym.

• Terrasolid w środowisku Bentley

Dla bardziej zaawansowanych użytkowników idealnym narzędziem będzie oprogramowanie Terrasolid. Aplikacja ta działa jako nakładka na środowisko firmy Bentley.

Oprogramowanie Terrasolid współpracuje z większością dostępnych na rynku skanerów LiDAR, umożliwia wykonanie zaawansowanych analiz sprawdzających jakość i dokładność chmury punktów, a także stworzenie hybrydowej chmury, czyli pochodzącej z różnych sensorów (np. skanera lotniczego i mobilnego).

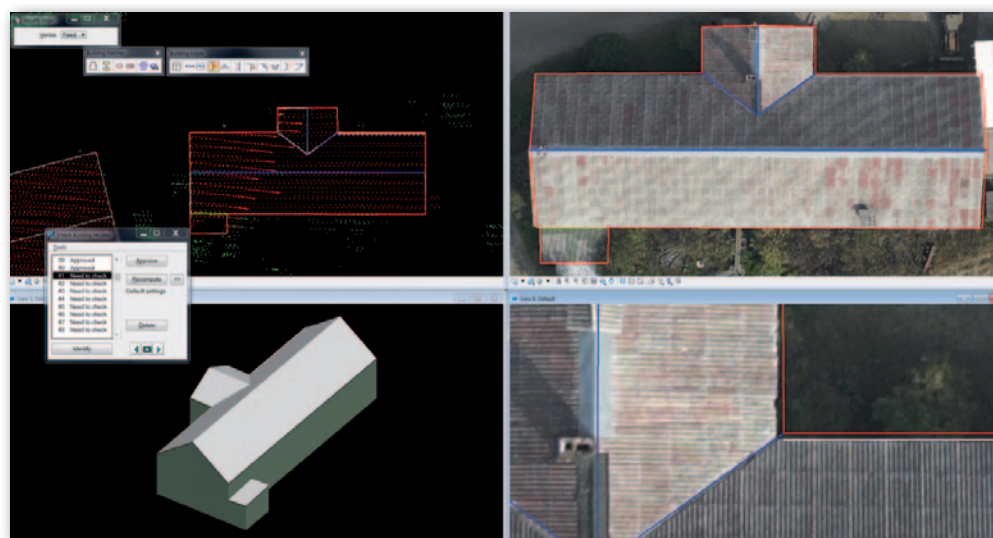
Największą zaletą oprogramowania Terrasolid jest rozbudowany moduł do klasyfikacji chmur punktów TerraScan dający użytkownikowi pełną kontrolę nad tym trudnym, ale także ważnym procesem. Inne bardzo ciekawe narzędzie umożliwia szybkie modelowanie z wykorzystaniem chmury punktów do postaci obiektów wektorowych lub brył.

Moduł TerraMatch pozwala z kolei na bardzo dokładne wzajemne wyrównanie chmur punktów pochodzących z różnych trajektorii, co jest szczególnie istotne przy opracowywaniu danych LiDAR z powietrza.

W skład pakietu oprogramowania Terrasolid – zapewniającego obsługę całego cyklu życia chmury punktów – obok wspomnianych już modułów TerraScan i TerraMatch – wchodzi także moduły TerraModeler i TerraPhoto.

Z wszystkimi opisanymi rozwiązaniami będzie można zapoznać się podczas nadchodzących UAV LiDAR Tech Days organizowanych przez TPI Sp. z o.o., a także kontaktując się z dowolnym biurem regionalnym naszej firmy.

Artur Malczewski
TPI Sp. z o.o.



Moduł w Terrasolid umożliwiający szybkie modelowanie obiektów z wykorzystaniem chmury punktów

Przegląd bezzałogowych płatowców do celów geodezyjnych

Parada innowacji

O ile nowe odbiorniki GNSS czy tachimetry nie są już w stanie nas zaskoczyć, tak drony co roku przynoszą nam wiele technologicznych niespodzianek. Co jest teraz najnowszym krzykiem mody?

Jerzy Królikowski

• Pionowo i poziomo

Hitem stały się m.in. pionowzloty, a więc płatowce zdolne do pionowego startu i lądowania. Są one szczególnie praktyczne wśród gęstej zabudowy, gdzie trudno znaleźć dogodny teren do rozpoczęcia i zakończenia bezzałogowej misji. Zaletą pionowego lądowania jest ponadto znacznie mniejsze prawdopodobieństwo uszkodzenia maszyny, co w przypadku płatowców wcale nie jest taką rzadkością.

Maszyny te mają też pewne wady, z których kluczową jest podwyższona waga i gorsza aerodynamika, co zmniejsza udźwig i skraca czas lotu. Trzeba jednak przyznać, że producenci coraz skuteczniej radzą sobie z tym problemem.

• Bezzałogowe BHP

U-Space to hasło powtarzane w branży geodezyjnej coraz częściej. Kryje się pod nim wygospodarowanie przestrzeni powietrznej przeznaczonej specjalnie dla ruchu autonomicznych dronów. Z ust „dronowców” nie schodzi także skrót BVLOS oznaczający loty poza zasięgiem wzroku – po niedawnej nowelizacji prawa ich wykonywanie stało się w Polsce znacznie łatwiejsze.

Wszystko to sprawia, że nad naszymi głowami będzie unosić się coraz więcej dronów, powodując rosnące ryzyko

wypadków. By je ograniczyć, producenci bezzałogowców wyposażają je w coraz bardziej zaawansowane funkcje bezpieczeństwa. Jednym z liderów jest chińska firma DJI, która wdraża w swoich maszynach narzędzia geofencingu (zapobiegają one wlatywaniu m.in. na teren lotniska) czy ostrzegania o zbliżaniu się do załogowych statków powietrznych.

• Najeżony sensorami

Jeszcze parę lat temu większość dronów wyposażona była tylko w prosty cyfrowy aparat i odbiornik GPS o metrowej dokładności, a dziś na rynku dostępna jest szeroka gama sensorów przeznaczonych specjalnie dla bezzałogowców. Wymieńmy tu choćby lekkie skanery laserowe czy profesjonalne aparaty z matrycą nawet 100 Mpx. Do tego dochodzą kamery termalne czy pracujące w bliskiej podczerwieni, a natknąć można się i na przypadki wykorzystania... georadaru!

Na popularności zyskują ponadto odbiorniki RTK, dzięki którym można znacznie zmniejszyć liczbę fotopunktów. Niemalży wpływ na upowszechnienie tego modułu miała wspomniana firma DJI, prezentując popularnego Phantom w wydaniu RTK.

• Długodystansowo

Dzięki popularyzacji elektrycznych samochodów szyb-



Fot. Wingra

ki postęp dokonuje się również w zakresie pojemności baterii, co pozwala na wykonywanie znacznie dłuższych lotów. Bardzo obiecująco prezentują się wyniki badań naukowców z Case Western Reserve University w Ohio. Dzięki umieszczeniu specjalnych lekkich baterii wewnątrz skrzydeł płatowca udało im się wydłużyć czas lotu z 91 do aż 171 minut!

• Dane na już

Nie mniej ważne są innowacje w zakresie oprogramowania do planowania i nadzorowania misji oraz przetwarzania danych. Producenci wychodzą z siebie, by było ono coraz prostsze w obsłudze. W ostatnim czasie kładą również nacisk na dostarczanie modeli 3D czy ortofotomapy jeszcze w trak-

cie trwania lotu. Oczywiście dokładność takich danych nie oszałamia, ale np. w zarządzaniu kryzysowym są one na wagę złota.

Wyraźnie rośnie także popularność przetwarzania w chmurze. To szczególnie atrakcyjne rozwiązania dla firm, które drona używają sporadycznie, więc nie opłaca im się inwestować w licencje na oprogramowanie czy rozbudowane stacje robocze.

Podsumowując, postęp technologiczny sprawia, że drony do celów geodezyjnych z jednej strony stają się narzędziem coraz łatwiej dostępnym – zarówno pod względem ceny, jak i łatwości obsługi. Z drugiej zaś rośnie ich specjalizacja. Coraz trudniej będzie więc znaleźć problem, którego nie da się rozwiązać przy ich użyciu. ■

DRONY - PŁATOWCE

PRODUCENT	Delair	Delair	Delair		Delair	Delair	GeoPixel	FlyTech UAV
NAZWA	DT18	DT26M	DT26X LiDAR		UX11	UX11AG	GeoPixel MTD	UAV BIRDIE
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2012	2015	2015		2018	2018	2016	2017
PLATFORMA								
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	1200 dł. x 1800 rozp.	1600 dł. x 3300 rozp.	1600 dł. x 3300 rozp.		750 x 350 x 1100	750 x 350 x 1100	1500 x 300 x 1800	560 x 140 x 1400
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	waliza 1250 x 450 x 300	waliza 1150 x 650 x 680	waliza 1150 x 650 x 680		brak danych	brak danych	1500 x 300 x 300	skrzynia 630 x 597 x 315
waga całkowita [kg]	2	15	17		1,4	1,6	2	2,5
maksymalny udźwig [kg]	brak danych	5	5		brak danych	brak danych	2	0,6
maksymalna prędkość [km/h]	61	57	60		54	54	72	90
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	50	50	36		45	45	40	54
liczba i rodzaj silników	1 elektryczny	1 elektryczny	1 elektryczny		1 elektryczny	1 elektryczny	2 elektryczne	1 elektryczny
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	120	135	110		59	52	70 (bateria Li-po), 120 (Li-Ion)	60
metoda startu	z ręki lub z wyrzutni	z wyrzutni	z wyrzutni		z ręki	z ręki	z ręki	z ręki
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	dwuczęstotliwościowy GNSS (L1, L2)	dwuczęstotliwościowy GNSS (L1, L2)	dwuczęstotliwościowy GNSS (L1, L2)		GPS + GLONASS + SBAS (L1, L2)	GPS + GLONASS + SBAS (L1, L2)	PPK GPS + GLONASS (L1)	jednoczęstotliwościowy lub wieloczęstotliw. fazowy GPS + GLONASS + Galileo
obsługa korekt	opcja: PPK	nie	PPK		PPK	PPK	tak	DGNSS, PPK, RTK/RTN
IMU	Applanix o dokładności 0,025″	nie	Applanix APX15 o dokładności 0,025″		tak	tak	tak	zintegrowane z autopilotem
SENSORY								
cyfrowa kamera	zintegrowana kamera przemysłowa Delair (RGB) lub multispektralna (Micasense RedEdge)	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 NEX 5/Sony NEX 7	Sony A6000/Sony RX1R II
matryca [Mpx]	21,4 (RGB)	EO: 720 x 576 px, IR: 640 x 480 px	21,4 (RGB)		21,4	5 x 1,22	24	24/42 (pełna klatka)
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	nie	0-90	nie		nie	nie	nie	nie
dodatkowe informacje	kanały spektralne Micasense RedEdge: niebieski, zielony, czerwony, red edge, bliska podczerwień	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 możliwości 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
osiągana rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	1,1 dla 80 m, 2,1 dla 150 m, 9,7 dla 700 m	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	2,5 dla 120 m, 3,1 dla 150 m	1 dla 105 m, 3 dla 160 m (A6000); 2 dla 155 m, 1,5 dla 120 m (RX1RII)
produktywność w jednym nalocie [pow. dla określonej rozdzielczości]	1,8 km kw. dla 1,1 cm, 3,6 km kw. dla 2,1 cm, 19,5 km kw. dla 9,7 cm	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	1,7 km kw. dla 1,3 cm, 2,4 km kw. dla 2 cm, 4,1 km kw. dla 3,5 cm	1,8 km kw. dla 2 cm, 2,7 km kw. dla 3 cm, 4,5 km kw. dla 5 cm (A 6000); 1,7 km kw. dla 1,3 cm, 2,4 km kw. dla 2 cm, 4,1 km kw. dla 3,5 cm (RX1R II)
skaner laserowy	brak	brak	RIEGL miniVUX-1DL		brak	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	100 000		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%					
dodatkowe informacje			liczba rejestrowanych odbić: 5					
inne sensory	-	-	-		-	-	opcja	Rededge-MX, Sequoia+, Flir Vue Pro, Flir Tau 2, inne
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	tablet	odporny tablet + kontroler	odporny tablet + kontroler		tablet (Android)	tablet (Android)	tablet, laptop	stacja naziemna z wbud. tabletem: łączność radiowa i telemetryczna, aplikacja do plan. nalołu
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot		start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, autolądowanie, lot autonomiczny, krążenie/oczekiwanie, Return to home, Fail Safe	start, lądowanie, lot, naloł powierzchniowy i liniowy
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI	system Mama Bear lub modem 3G	odporna antena Mama Bear + 3G/4G	odporna antena Mama Bear + 3G/4G		radio + 3G/4G	radio + 3G/4G		
częstotliwość	brak danych	pasmo C (opcja: L i S)	brak danych		2,4 GHz	2,4 GHz	868 MHz, 2,4 GHz	433 MHz, 2,4 GHz oraz 4G LTE
możliwość przesyłania obrazów	tak	tak	tak		tak	tak	tak	nie
zasięg w terenie otwartym [km]	20	50	20		nieograniczony dla 3G/4G	nieograniczony dla 3G/4G	3	nieograniczony w zasięgu 4G LTE
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	Solapp – intuicyjne planowanie, naloły wieloblokowe, kontrola każdego elementu systemu przed startem, naloł z uwzgl. NMT	Solapp – intuicyjne planowanie, naloły wieloblokowe, kontrola każdego elementu systemu przed startem, naloł z uwzgl. NMT	Solapp – intuicyjne planowanie, naloły wieloblokowe, kontrola każdego elementu systemu przed startem, naloł z uwzgl. NMT		Delair Aerial Imaging – intuicyjne planowanie nalołów, naloły wieloblokowe, naloł z uwzględnieniem NMT, kontrola parametrów pozyskiwanych zdjęć, checklista	Delair Aerial Imaging – intuicyjne planowanie nalołów, naloły wieloblokowe, naloł z uwzględnieniem NMT, kontrola parametrów pozyskiwanych zdjęć, checklista	Mission Planner	Mission Manager Lite – planowanie misji liniowych, obszarowych, nad pochylymi terenami, checklista, informacje o pogodzie, integracja z DroneRadar
do przetwarzania danych	Delair-Stack, Pix4D, Trimble Business Center Aerial Photogrammetry, Trimble Inpho UAS Master, Agisoft Metashape Professional Edition i inne	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 nalocie, obl. PPK); opcja: Delair-Stack, Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape i in.	Delair After Flight (zarządzanie danymi po nalocie, obl. PPK); opcja: Delair-Stack, Pix4D, Trimble Business Center AP, Inpho UAS Master, Agisoft Metashape i in.	Pix4D, Agisoft Metashape	Agisoft Metashape, 3DSurvey, SimActive
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	waliza transportowa, tablet, kamera cyfrowa, oprogramowanie, kable i ładowarki, baterie	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	oprogr., kable, tablet, aparatura RC, 4 akum., ładowarka, futerał lub skrzynia, szkolenie dla 2 os., zapasowe śmigła, tester akum., instrukcja	pulpit sterujący wraz z aplikacją, szelki dla operatora, 3 inteligentne akumulatory Li-Ion, ładowarki, skrzynia transportowa
DODATKOWE INFORMACJE	wydajny płatowiec dalekiego zasięgu idealny do mapowania obiektów liniowych (zasięg nawet 100 km), krótki czas przygotowania do lotu, loty BVLOS	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 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		instalacja innych kamer, bezpłatny przegląd, wsparcie e-mail/telefon, szkolenie do UAVO VLOS	precyzyjne lądowanie (wstępny ciąg silnika), transponder ADS-B, łączność GSM, możliwość stworzenia dedykowanej konfiguracji, opcja update’u do VTOL
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	od 59 900
DYSTRYBUTOR	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja		Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	GeoPixel	Leica Geosystems








DRONY - PŁATOWCE

PRODUCENT	FlyTech UAV	Intel	Intel		Intel	Intel	MSP	MSP
NAZWA	UAV BIRDIE VTOL	Sirius PRO R2 EXT	Sirius PRO R2 INT		Sirius R2 Basic	Sirius RedEdge	NEO2	NEO3
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2019	2017	2017		2017	2017	2015	2016
PLATFORMA								
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	720 x 140 x 1660	1200 x 220 x 1630	1200 x 220 x 1630		1200 x 220 x 1630	1201 x 220 x 1630	2075 x 500 x 3765	2375 x 505 x 3765
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	skrzynia 630x597x315 + pokrowiec na zasobniki VTOL	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	1350 x 350 x 275	1650 x 350 x 275
waga całkowita [kg]	3,9	2,7	2,7		2,7	2,7	11	15
maksymalny udźwig [kg]	0,6	0,7	0,7		0,7	0,7	1,5	5,5
maksymalna prędkość [km/h]	61	100	100		100	100	120	120
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	36	65	65		65	65	50	50
liczba i rodzaj silników	5 elektrycznych	1 elektryczny	1 elektryczny		1 elektryczny	2 elektryczne	1 elektryczny	1 elektryczny
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	30	45	45		45	46	90 (start z ręki) lub 150 (start z wyrzutni)	60
metoda startu	automatyczny start pionowy	z ręki	z ręki		z ręki	z ręki	z ręki (opcja z wyrzutni)	z katapulty pneumatycznej
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	jednoczęstotliwościowy lub wieloczęstotliw. fazy GPS + GLONASS + Galileo	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS		dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	U-blox M8T	U-blox M8T
obsługa korekt	DGNSS, PPK, RTK/RTN	RTK, RTN	RTK, RTN		opcja	RTK, RTN	DGNSS, RTK, opcja: PPP	DGNSS, RTK, opcja: PPP
IMU	zintegrowane z autopilotem	tak, z kompasem	tak, z kompasem		tak, z kompasem	tak, z kompasem	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	Sony A6000/Sony RX1R II	Sony A6300	Sony A6300		Sony A6300	MicaSense RedEdge	Sony A7R/Sony A7R II/Sony A6000	Sony A7R/Sony A7R II/Sony A6000
matryca [Mpx]	24/42 (pełna klatka)	24	24		24	brak danych	36,4/42,4/24,3	36,4/42,4/24,3
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	nie	nie	nie		nie	nie	opcja	opcja
dodatkowe informacje	obiektyw Voigtlander 40 lub 21 mm/ obiektyw Carl Zeiss 35 mm	mechaniczna stabilizacja obrazu	mechaniczna stabilizacja obrazu		mechaniczna stabilizacja obrazu	-	współpraca z fotowyzwalaczem (wyzwalanie zdjęć, zapis parametrów zdjęć), kompensacja kąta yaw, montowanie 2 aparatów (np. RGB + NIR) lub zespołów (np. RGB + multispekt.,), integr. innych aparatów	
rozdż. obrazów [cm dla pułapu]	1 dla 105 m, 3 dla 160 m (A6000); 2 dla 155 m, 1,5 dla 120 m (RX1RII)	do 1,1	do 1,1		do 1,1	8 dla 120 m	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
produktywność w jednym nalocie [pow. dla określonej rozdzielczości]	0,9 km kw. dla 2 cm; 1,4 km kw. dla 3 cm (A 6000); 1,2 km kw. dla 2 cm, 1,8 km kw. dla 3 cm (RX1R II)	5 km kw. dla 5 cm	5 km kw. dla 5 cm		5 km kw. dla 5 cm	brak danych	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
skaner laserowy	brak	brak	brak		brak	brak	brak	Riegl miniVUX/Yellowscan Surv./Surv. Ultra/Vx
prędkość skanowania [pkt/s]	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	100 000/300 000/600 000/100 000
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	Rededge-MX, Sequoia+, Flir Vue Pro, Flir Tau 2, inne	moduł city modeling, moduł high resolution, kamera Sony RX1RII 42 Mpx	moduł city modeling, moduł high resolution, kamera Sony RX1RII 42 Mpx		moduł city modeling, moduł high resolution, kamera Sony RX1RII 42 Mpix	możliwość nalołów z wykorzystaniem technologii RTK	kamera multispektralna, hiperspektralna, kamera termalna, inne sensory na zamówienie	kamera multispektralna, hiperspektralna, kamera termalna, inne sensory na zamówienie
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	stacja naziemna z wbud. tabletem: łączność radiowa i telemetryczna, aplikacja do plan. nalołu	komputer PC	komputer PC		komputer PC	komputer PC	notebook, tablet, dedykowany pulpit zintegrowany z notebookiem lub tabletem (rugged, np. Getac)	notebook, tablet, dedykowany pulpit zintegrowany z notebookiem lub tabletem (rugged, np. Getac)
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot, naloł powierzchniowy i liniowy	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot		start, lądowanie, lot	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	
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI								
częstotliwość	433 MHz, 2,4 GHz oraz 4G LTE	2,4 GHz	2,4 GHz		2,4 GHz	2,4 GHz	433 MHz	433 MHz
możliwość przesyłania obrazów	nie	nie	nie		nie	nie	opcja	opcja
zasięg w terenie otwartym [km]	nieograniczony w zasięgu 4G LTE	4	4		4	5	10	10
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	Mission Manager Lite – planowanie misji liniowych i obszarowych, wsparcie lotów nad pochylonymi terenami, checklista, informacje o warunkach pogodowych, integracja z aplikacją DroneRadar	MaVinci Desktop – intuicyjne planowanie, moduły nalołów powierzchniowych, spiralnych, liniowych, City Mapping, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misje	MaVinci Desktop – intuicyjne planowanie nalołów, moduły nalołów powierzchniowych, spiralnych, liniowych, City Mapping, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, dzielenie obszaru nalołu na misje		MaVinci Desktop – intuicyjne planowanie nalołów, moduły nalołów powierzchniowych, nalołów spiralnych, nalołów liniowych, City Mapping, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misje		FlightPlanner MSP – zaautomat., intuicyjne planowanie tras dla poligonów, uwzględnianie siły i kierunku wiatru, podawanie czasu i dystansu misji, możliwość podziału i łączenia obszarów	FlightPlanner MSP – zaautomat., intuicyjne planowanie tras dla poligonów, uwzględnianie siły i kierunku wiatru, podawanie czasu i dystansu misji, możliwość podziału i łączenia obszarów
do przetwarzania danych	Agisoft Metashape, 3Dsurvey, SimActive	Agisoft Photogrammetric Kit for Topcon, Pix4D, ContextCapture, Menci i inne	Agisoft Photogrammetric Kit for Topcon, Pix4D, ContextCapture, Menci i inne		Agisoft Photogrammetric Kit for Topcon, Pix4D, ContextCapture, Menci i inne	Agisoft Photogrammetric Kit for Topcon, Pix4D, ContextCapture, Menci i inne	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	jak w systemie UAV BIRDIE, dodatkowo: 2 zasobniki VTOL (demontowalne)	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki, stacja referencyjna GNSS		waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	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	
DODATKOWE INFORMACJE	automatyczny pionowy start i lądowanie, możliwość elastycznego wyboru sposobu startu i lądowania poprzez zasobniki VTOL	współpraca z zewnętrznymi geodezyjnymi odbiornikami GNSS w celu generowania poprawek do lotu w trybie RTK	wbudowana w stację nadawczą stacja referencyjna GNSS, możliwość współpracy z sieciami stacji referencyjnych		możliwość rozbudowy do wersji Pro poprzez opcję programową	współpraca z zewnętrznymi geodezyjnymi odbiornikami GNSS w celu generowania poprawek do lotu w trybie RTK	wersja obserwacyjna z dwukamerową głowicą (RGB + IR) ze stabilizacją; opcja łącza radiowego z przesyłem obrazu	komora ładun. ok. 10l; wersja z 2-kam. głowicą; rampa start.; dłuższy lot tylko z kamerami; opcja: system spadochronowy, łącze radiowe z przesyłem obrazu
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	Leica Geosystems	TPI	TPI		TPI	TPI	MSP	MSP

DRONY – PŁATOWCE

PRODUCENT	Novelty RPAS	Satlab Geosolutions	Satlab Geosolutions		SenseFly	SenseFly	SenseFly	SenseFly
NAZWA	Albatros	SLA-1 (mark 3)	SLA-2		eBee	eBee PLUS	eBee PLUS RTK	eBee SQ
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2013	2018	2019		2014	2016	2016	2016
PLATFORMA								
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	1700 x 480 x 4000	1350 dł. x 1800 rozp.	1500 dł. x 2400 rozp.		960 x 100 x 960	1100 x 100 x 1100	1100 x 100 x 1100	1100 x 100 x 1100
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	1000 x 350 x 400	brak danych	brak danych		waliza 550 x 450 x 250)	waliza 560 x 570 x 280	waliza 560 x 570 x 280	waliza 560 x 570 x 280
waga całkowita [kg]	6,5	2,7	3,5		0,75	1,4	1,4	1,4
maksymalny udźwig [kg]	2	brak danych	7,5		0,35	0,7	0,7	0,7
maksymalna prędkość [km/h]	120	50	90		90	110	110	110
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	60	50	60		45	45	45	45
liczba i rodzaj silników	1 elektryczny BLDC	1 elektryczny	3 elektryczne		1 elektryczny	1 elektryczny	1 elektryczny	1 elektryczny
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	120 z modułem GeoScanner Standard	60 (bateria wymienna 8000 mAh)	70 (z baterią i 1 kg obciążenia)		50	59	59	55
metoda startu	z ręki	automatycznie z ręki	automatycznie pionowo		z ręki	z ręki	z ręki	z ręki
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	GPS + GLONASS (opcja: dwuczęstotliw. RTK)	RTK z LTE/4G, 2 ant. GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo	GNSS PPK GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo		GPS + GLONASS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	GPS + GLONASS
obsługa korekt	RTK (przez RTCM3 i CMR)	DGNSS, NTRIP, RTK, PPP (przez modem 4G i UHF)	PPK		nie	opcja	RTK, PPP	nie
IMU	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	moduł GeoScanner Standard z kamerą Sony A6000	sensor Sony	Sony RX1RM2 pełna klatka		senseFly S.O.D.A	senseFly S.O.D.A	senseFly S.O.D.A	Sequoia
matryca [Mpx]	24	20,1	42,2		20	20	20	RGB: 16 – RGB; wielospektralna – 4 x 1,2
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	0-90	brak danych	brak danych		nie	nie	nie	nie
dodatkowe informacje	-	zintegr. skalibr. kamera 16 mm, moduł wi-fi do podglądu zdjęć na smartfonie, karta microSD	obiektyw Zeiss 35 mm, F. 2.0, 64 GB pamięci z rozdzielczością do 128 GB		migawka globalna, sensor 1-calowy	migawka globalna, sensor 1-calowy	migawka globalna, sensor 1-calowy	czujnik oświetlenia
osiągana rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	1,5 dla 150 m	brak danych	brak danych		2,9 dla 122 m	2,9 dla 122 m	2,9 dla 122 m	2,1 dla 120 m
produktywność w jednym nalocie [pow. dla określonej rozdzielczości]	18 km kw. dla 5 cm	brak danych	3,6 km kw. dla 3 cm, 10 km kw. dla 7 cm		2,2 km kw. dla 2,9 cm	2,2 km kw. dla 2,9 cm	2,2 km kw. dla 2,9 cm	2 km kw. dla 2,1 cm
skaner laserowy	brak	brak	brak danych		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	moduły robocze z kamerami średnioformatowymi, termowizyjnymi, multispektralnymi, obserwacyjnymi	-	-		kamera multispektralna Sequoia, kamera termalna, czujnik zbliżania się ziemi	kamera multispektralna Sequoia, kamera termalna, czujnik zbliżania się ziemi	kamera multispektralna Sequoia, kamera termalna, czujnik zbliżania się ziemi	czujnik światła, czujnik zbliżania się ziemi
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	tablet lub laptop z opcjonalnymi manipulatorami umożliwiającymi automat. planowanie i nadzór misji	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		komputer PC	komputer PC	komputer PC	komputer PC
możliwości autopilota	tryby: lot automatyczny, automatyczny powrót (RTL), krążenie, manualny	w pełni autonomiczny: start, lot po zadanej trasie, lądowanie (z dokładnością RTK)	w pełni autonomiczny: start, lot po zadanej trasie, lądowanie (z dokładnością RTK)		start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI								
częstotliwość	2,4 lub 5 GHz i inne	433 MHz	900 MHz		2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
możliwość przesyłania obrazów	tak	nie	nie		nie	nie	nie	nie
zasięg w terenie otwartym [km]	do 10 (bez przeszkód i zakłóceń)	brak danych	do 10		8	8	8	8
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	Novelty RPAS Flight Manager – plan. i nadzor. misji, param. fotograf., geofencing, transponder, rejestr. obrazu, footprint, automat. siatka fotograf., waypointy, sterow. manual., click&go	Planner – planow. nalołów, dobór trasy, wysokości i prędkości, wyzn. miejsca lądowania, określanie prędkości i wysokości zniżania, automat. obl. wielkości piksela oraz optymalnej trasy	Planner – planow. nalołów, dobór trasy, wysokości i prędkości, wyzn. miejsca lądowania, określanie prędkości i wysokości zniżania, automat. obl. wielkości piksela oraz optymalnej trasy		senseFly eMotion 3 – intuicyjne planowanie nalołów, moduł nalołów powierzchniowych, moduł nalołów liniowych, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misję	senseFly eMotion 3 – intuicyjne planowanie nalołów, moduł nalołów powierzchniowych, moduł nalołów liniowych, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misję	senseFly eMotion 3 – intuicyjne planowanie nalołów, moduł nalołów powierzchniowych, moduł nalołów liniowych, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misję	senseFly eMotion AG – intuicyjne planowanie nalołów, moduł nalołów powierzchniowych, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misję
do przetwarzania danych	Pix4D, Agisoft PhotoScan, WeMapo i inne	Pix4D, Agisoft Photoscan i inne	Satlab PPK Go, ContextCapture		Pix4D, Agisoft, ContextCapture i inne	Pix4D, Agisoft, ContextCapture i inne	Pix4D, Agisoft, ContextCapture i inne	Pix4D, Agisoft, ContextCapture i inne
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	brak danych	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		waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki
DODATKOWE INFORMACJE	kompozytowa konstrukcja, doskonałość aerodynamiczna d = 31, możliwość przenoszenia kilku sensorów, możliwość modernizacji o dodatkowe wyposażenie i funkcje	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 tylko 4 m x 4 m przestrzeni, obudowa z kompozytów wysokiej jakości (nie z pianki), praca w temp. od -10 st do +45 st. C, bateria 22 000 mAh		system unikania przeszkód, system ratunkowy itp.	system unikania przeszkód, system ratunkowy itp.	system unikania przeszkód, system ratunkowy itp.	system unikania przeszkód, system ratunkowy itp.
CENA [zł netto]	od 47 000	brak danych	brak danych		brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	Novelty RPAS oraz autoryzowani partnerzy	Satlab Polska, Cubic Orb, Geobudserwis, Akgeo	Satlab Polska, Cubic Orb, Geobudserwis, Akgeo		TPI	TPI	TPI	TPI

DRONY – PŁATOWCE

								
PRODUCENT	SenseFly	SenseFly	South		Trigger Composites	WingtraONE	WingtraONE	WingtraONE
NAZWA	eBee X	eBee X RTK	SkyCruiser A22/A22-Plus		EasyMap UAV	QX1-20mm	Rededge MX	RX1
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2018	2018	2018		2014	2018	2019	2018
PLATFORMA								
wymiary platformy [dł. x wys. x rozp. w mm]	1100 x 100 x 1100	1100 x 100 x 1100	1500 x 700 x 130		950 x 200 x 950	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 750 x 480 x 330	waliza 750 x 480 x 330	980 x 360 x 460		950 x 100 x 950	waliza 1411 x 740 x 260	waliza 1412 x 740 x 260	waliza 1410 x 740 x 260
waga całkowita [kg]	1,4	1,4	1,45/1,55		2,8	3,7	3,7	3,7
maksymalny udźwig [kg]	0,7	0,7	brak danych		0,4	0,8	0,8	0,8
maksymalna prędkość [km/h]	110	110	72		100	57	57	57
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	46	46	36		54	45	45	45
liczba i rodzaj silników	1 elektryczny	1 elektryczny	1 elektryczny		1 elektryczny	2 elektryczne	2 elektryczne	2 elektryczne
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	90	90	90		40	55	55	55
metoda startu	z ręki	z ręki	z ręki		z ręki lub z lin gumowych	z ziemi	z ziemi	z ziemi
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	dwuczęstotliwościowy GPS + GLONASS	RTK (L1, L2)		U-blox lub Septentrio	GPS + GLONASS (L1, L2), gotowy na Galileo i BeiDou		
obsługa korekt	opcja	RTK/PPK	tak		DGNSS, PPK	PPK	PPK	PPK
IMU	tak	tak	nie		tak	tak	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	Aeria X	Aeria X	Sony ILCE-QX1		Sony RX100 M2/Parrot Sequoia	Sony QX1	Micasense RedEdge MX	Sony RX1
matryca [Mpx]	24	24	20,1		20	19,8	5 x 1,22	42,4
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	opcja	opcja	nie		nie	nie	nie	nie
dodatkowe informacje	migawka globalna, matryca APS-C	migawka globalna, matryca APS-C	-		stabilizacja obrazu	dwa obiektywy - 20 mm i 15 mm	kanały spektralne Micasense RedEdge: niebieski, zielony, czerwony, red edge, bliska podczerwień	-
osiągana rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	2,5 dla 122 m	2,5 dla 122 m	1,5 dla 70 m, 5 dla 235 m, 10 dla 470 m, 15 dla 760 m, 20 dla 940 m		3,5 dla 140 m	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
produktywność w jednym nalocie [pow. dla określonej rozdzielczości]	2,5 km kw. dla 2,5 cm	2,5 km kw. dla 2,5 cm	2 km kw. dla 1,5 cm, 6,1 km kw. dla 5 cm, 11,8 km kw. dla 10 cm, 22,2 km kw. dla 20 cm		2 km kw. dla 5 cm	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 dla 8 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	kamera multispektralna Sequoia, kamera termalna Duet-T, kamera multispektralna RedEdge-MX, kamera do zdjęć ukośnych S.O.D.A 3D, czujnik zbliżania się do ziemi, czujnik światła	kamera multispektralna Sequoia, kamera termalna Duet-T, kamera multispektralna RedEdge-MX, kamera do zdjęć ukośnych S.O.D.A 3D, czujnik zbliżania się do ziemi, czujnik światła	czujnik prędkości, przyspieszenia, barometr, magnetometr, żyroskop		-	-	-	-
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	komputer PC	komputer PC	dowolny PC		laptop + nadajnik	aparatura RC + tablet	aparatura RC + tablet	aparatura RC + tablet
możliwości autopilota	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	GCS software		start, lądowanie, lot, funkcje bezpieczeństwa	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI								
częstotliwość	2,4 GHz	2,4 GHz	915 MHz		433 MHz i 2,4 GHz	radio, telemetria 868 Mhz	radio, telemetria 868 Mhz	radio, telemetria 868 Mhz
możliwość przesyłania obrazów	nie	nie	nie		nie	nie	nie	nie
zasięg w terenie otwartym [km]	8	8	15		10	8	8	8
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	senseFly eMotion 3 – intuicyjne planowanie nalołów, moduł nalołów powierzchniowych, moduł nalołów liniowych, loty z uwzględnieniem ukształtowania terenu, automatyczne dzielenie obszaru nalołu na misje		GCS software – autokontrola systemów przed startem, automatyczny start, lot i lądowanie, automatyczny powrót przy słabej baterii		GCS – planowanie tras, funkcje bezpieczeństwa, telemetria, zmiany parametrów lotu	WingtraPilot – planowanie nalołów, naloł z uwzględnieniem NMT, checklista	WingtraPilot – planowanie nalołów, naloł z uwzględnieniem NMT, checklista	WingtraPilot – planowanie nalołów, naloł z uwzględnieniem NMT, checklista
do przetwarzania danych	Pix4D, Agisoft, ContextCapture i inne	Pix4D, Agisoft, ContextCapture i inne	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, 2 baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, 2 baterie, ładowarki	radio UHF z akcesoriami, 2 baterie z ładow. do A20, kamera Sony QX1, 2 baterie z ładow. do QX1, twarda walizka, miękka torba transportowa		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	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	system unikania przeszkód, system ratunkowy itp.	system unikania przeszkód, system ratunkowy itp.	-		super slow landing mode – tryb powolnego podejścia do lądowania i sytuacji awaryjnych	start i lądowanie w pionie, wymagane miejsce do startu/lądowania 2x2 m, możliwość kontynuacji misji po przerwaniu, kierunek lotu nie uwarunkowany kierunkiem wiatru, wymienne kamery		
CENA [zł netto]	brak danych	brak danych	brak danych		od 29 900	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	TPI	TPI	Geomatix		Trigger Composites	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja	Geotronics Dystrybucja

Zestawienie oprogramowania do obróbki zdjęć z dronów

Który dokładniejszy?

Skoro prezentowane tu programy bazują z grubsza na tej samej metodologii, wydawać by się mogło, że porównanie dokładności generowanych przezeń danych powinno być proste. Nic bardziej mylnego.

Jerzy Królikowski

Wykorzystanie zdjęć z dronów do generowania ortofotomapy czy modeli 3D stało się w geodezji czymś powszechnym. Zaskakiwać zatem może, że mało kto kwapi się, by porównać dokładność konku-

rencyjnych aplikacji realizujących te funkcje.

Ten niedostatek można jednak łatwo wyjaśnić. Po pierwsze, poszczególne programy typu SfM (*Structure from Motion*) mocno różnią się pod względem możliwości do zdefiniowania parametrów przetwarzania zdjęć. W jednym mamy do

wypełnienia wiele okienek, a w innym otrzymujemy do wyboru tylko kilka opcji. W rezultacie zawsze można powiedzieć, że gdyby zdefiniować parametry inaczej, ranking programów wyszedłby całkiem inny. Takie tłumaczenie można zresztą znaleźć w publikacjach podejmujących to zagadnienie.

To, że jest ono jak najbardziej słuszne, pokazał artykuł członków koła naukowego „Dahlta” z AGH opublikowany w *GEODECIE 2/2019*. Studenci zaprezentowali w nim wyniki modelowania niemieckiej wyrzutni rakiet „Córka Renu”. Jak sami piszą, pierwszy efekt przetwarzania przy użyciu jednego z popularniejszych programów SfM bardziej przypominał smoka wawelskiego niż rakietę i dopiero po zmianie parametrów otrzymali poprawny efekt.

Wyniki pracy poszczególnych programów będą też mocno zależały od wybranego przez nas poligonu doświadczalnego. Na specjalistycznych forach internetowych nie brak opinii, że np. program X dobrze radzi sobie z budynkami, ale kiepsko wypada przy modelowaniu zbiorników wodnych.

Podsumowując, nie spodziewajmy się, że ktoś kiedyś sporządzi ranking tego typu programów pod względem dokładności, a nawet jeśli taki powstanie, to podejźmy do niego z dużą rezerwą. Jedno jest natomiast pewne: różnice między danymi generowanymi przez poszczególne programy bywają spore. W jednym z badań opublikowanych w 2017 roku w roczniku ISPRS średnie różnice między NMT z różnych programów się-



Fot. DJI

Oprogramowanie dla dronów

Nazwa	Producent	Platformy	Licencjonowanie (cena)	Wersja testowa
3DF Zephyr	DFlow	Windows	wieczysta (0-4000 euro)	dostępna
3Dsurvey	Modri planet	Windows	miesięczna (300 euro), wieczysta (3000)	14-dniowa
AgiSoft Metashape	AgiSoft	Windows, Linux, Mac OS	wieczysta (Standard: 179 dol., Prof.: 3499)	30-dniowa
APS	Menci	Windows	tygodniowa-roczna (280-2700 euro), wieczysta (5400)	dostępna
Aspect 3D	ArcTron 3D	Windows	wieczysta (bd.)	30-dniowa
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 UAV	SimActive	Windows	miesięczna-roczna (250-2500 euro), pływająca (5000), stanowiskowa (5450)	demo
DatuSite	Datamate	Windows	roczna, stanowiskowa, sieciowa (bd.)	dostępna
DatuSurvey	Datamate	Windows	roczna, stanowiskowa, sieciowa (bd.)	dostępna
Drone2UAV	Esri	Windows	roczna (1500 dol.)	15-dniowa
DroneDeploy	DroneDeploy	chmura	miesięczna (0-299 dol.)	30-dniowa
EnsoMOSAIC Fusion	MosaicMill	Windows	wieczysta	brak
GeoApp.UAS	Geosystems GmbH	chmura	bd.	7-dniowa
GeoCloud Shop (AgiSoft/ Photomod UAS)	GeoCloud Shop	chmura	pay-per-use (1,6-3,2 dol za godz./0,8-1,6 dol. za godz.)	
Geomatica	PCI Geomatica	Windows, Linux	stanowiskowa, pływająca	dostępna
Global Mapper + Moduł LIDAR	Blue Marble Geo	Windows	stanowiskowa (499 + 499 dol.)	demo
Imagine UAV	Geosystems GmbH	Windows (wtyczka dla ERDAS)	brak danych	brak
Inpho UAS Master	Trimble	Windows	wieczysta, miesięczna	brak danych
LiveMap	DroneDeploy	iOS	stanowiskowa (w cenie pakietu DroneDeploy)	30-dniowa
Maps Made Easy	Automotive Data Research	chmura	zależnie od powierzchni (8-700 dol.)	dostępna
Map Engine	DroneDeploy	chmura	czasowa (od 99 dolarów/miesiąc)	14-dniowa
MicMac	IGN	Windows, Mac, Ubuntu	darmowa i otwarta	nie dotyczy
OpenDroneMap	otwarty projekt ODM	Windows, chmura	darmowa i otwarta (nie dotyczy chmury)	nie dotyczy
Orbit UAS Mapping	Orbit GT	Windows, Mac OS	wieczysta	brak danych
PhotoCapture	Carlson Software	chmura	brak danych	dostępna
Photomod UAS	Racurs	Windows	wieczysta	brak
PhotoModeler UAS	Eos Systems	Windows	wieczysta (3000 dol.)	brak
Pix R3 Air	Gexcel	Windows	wieczysta	demo
Pix4Dbim	Pix4D	Windows, chmura	miesięczna-roczna (399-3990 euro), wieczysta (7900)	15-dniowa
Pix4Dfields	Pix4D	Windows, chmura	miesięczna-roczna (190-1908 euro)	15-dniowa
Pix4Dmapper	Pix4D	Windows, chmura	miesięczna-roczna (260-2604 euro), wieczysta (3990)	15-dniowa
PrecisionMapper	PrecisionHawk	chmura	miesięczna (0-450 dol.)	darmowa do 60 projektów rocznie
RealityCapture	Capturing Reality	Windows	kwartalna-roczna (99-7500 euro), wieczysta (15 000)	demo
ReCap 360	Autodesk	Windows	miesięczna-roczna (40-352 dol.)	30-dniowy
SkyPhoto	South	Windows	brak danych	brak danych
StereoCAD	Menci	Windows	tygodniowa-roczna (220-1600 euro), wieczysta (4800)	dostępna
Sure Pro	nFrames	Windows, Linux	wieczysta	14-dniowa
TBC Aerial Photogrammetry Module	Trimble	Windows	wieczysta	brak danych
Terra	DJI	Windows	roczna	brak
Terrain Tools	Menci	Windows	tygodniowa-roczna (160-490 euro), wieczysta (990)	dostępna
Terra Mapper	Terra Drone	Windows, chmura	wieczysta (3700 dol.), czasowa (500-1000 dol./miesiąc)	14-dniowa
UnlimitedAerial UAV	Holistic Imaging	Windows	wieczysta	demo



gnęły aż kilku decymetrów, choć do ich wykonania użyto zdjęć o centymetrowej rozdzielczości. Badanie pokazało też, że niektóre programy miały problem z prawidłowym modelowaniem płaskich i jednolitych tonalnie powierzchni. Płynie stąd oczywisty – zdawałoby się – wniosek, że po jaką aplikację byśmy nie sięgnęli, zawsze warto dokładnie przeanalizować wynikowe dane.

Lektura internetowych dyskusji pokazuje, że tego typu programy zdecydowanie łatwiej oceniać pod względem dwóch innych kryteriów. Pierwszym jest tempo przetwarzania – kwestia o tyle istotna, że modelowanie zdjęć z dronów liczone jest przecież w godzinach, a czasem nawet w dniach. Biorąc pod uwagę, że różnice w tempie pracy konkurencyjnych aplikacji potrafią być nawet dwukrotne, nie sposób nie zacytować tu przysłowia, że „czas to pieniądz” albo... „co nagle, to po diable”.

Drugim kryterium często pojawiającym się w dyskusjach jest intuicja obsługi. Mamy więc aplikacje, które mają czytelny interfejs

i prowadzą użytkownika „za rączkę”, ale też mocno ograniczają możliwość definiowania parametrów przetwarzania danych. Po przeciwnej stronie są programy, które nie grzeszą intuicją obsługi, ale za to dają ogromne pole do popisu, jeśli chodzi o kontrolę procesu generowania ortofotomapy czy modelu 3D. Z opisów krajowych projek-

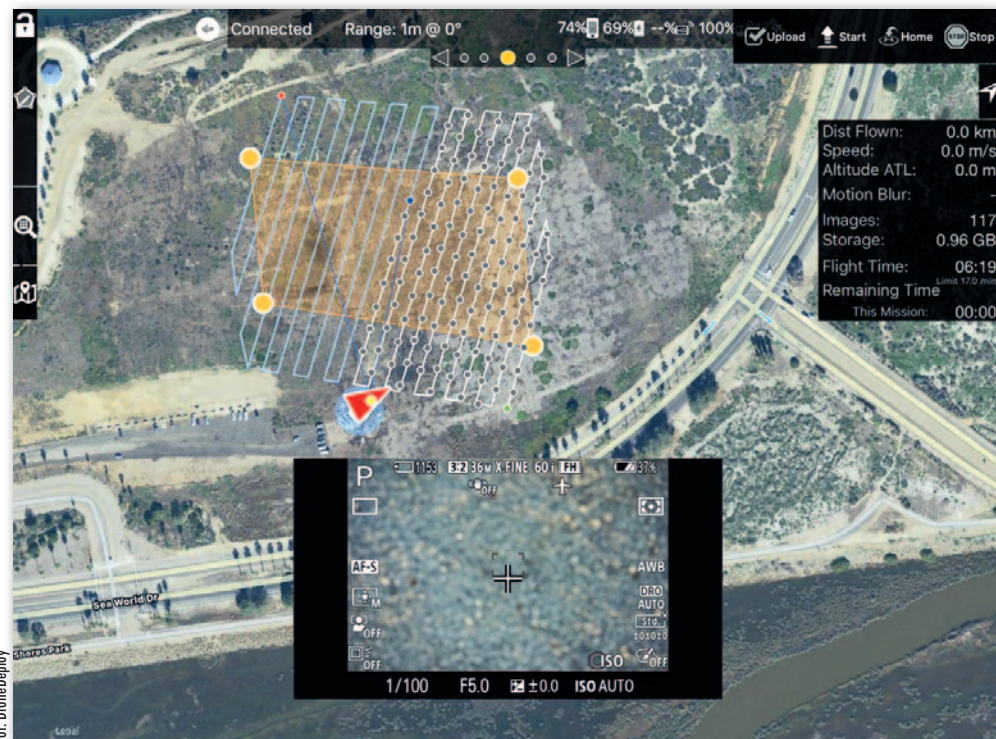
tów wynika, że użytkownicy dronów z branży geodezyjnej zdecydowanie wolą tę drugą opcję.

Porównując oprogramowanie SfM, warto też zwrócić uwagę na oferowane funkcje. Generowanie ortofotomozajki, chmury punktów czy modelu 3D to oczywiście standard. Bardziej rozbudowane aplikacje oferują też specja-

listyczne narzędzia, np. dla rolnictwa czy budownictwa. Najnowszym „krzykiem mody” są funkcje bazujące na uczeniu maszynowym, które pozwalają automatycznie rozpoznawać obiekty czy klasyfikować pokrycie terenu.

Jak widać, wybór optymalnego oprogramowania do przetwarzania zdjęć z UAV jest trudny, bo cała metodyka obróbki danych jest zamknięta w swego rodzaju czarnej skrzynce. Przez zakupem warto więc poeksperymentować z kilkoma programami na różnych poligonach doświadczalnych. Pamiętajmy przy tym, że zdecydowana większość aplikacji SfM dostępna jest w darmowych wersjach testowych. Dobrze też przeszukać czasopisma naukowe czy power-tować specjalistyczne fora internetowe – niekiedy można tam znaleźć cenne uwagi o działaniu wybranych produktów. A nawet gdy sfinalizujemy już zakup, powinniśmy nieustannie śledzić nowinki technologiczne dotyczące tych produktów, bo ich możliwości zmieniają się w imponującym tempie.

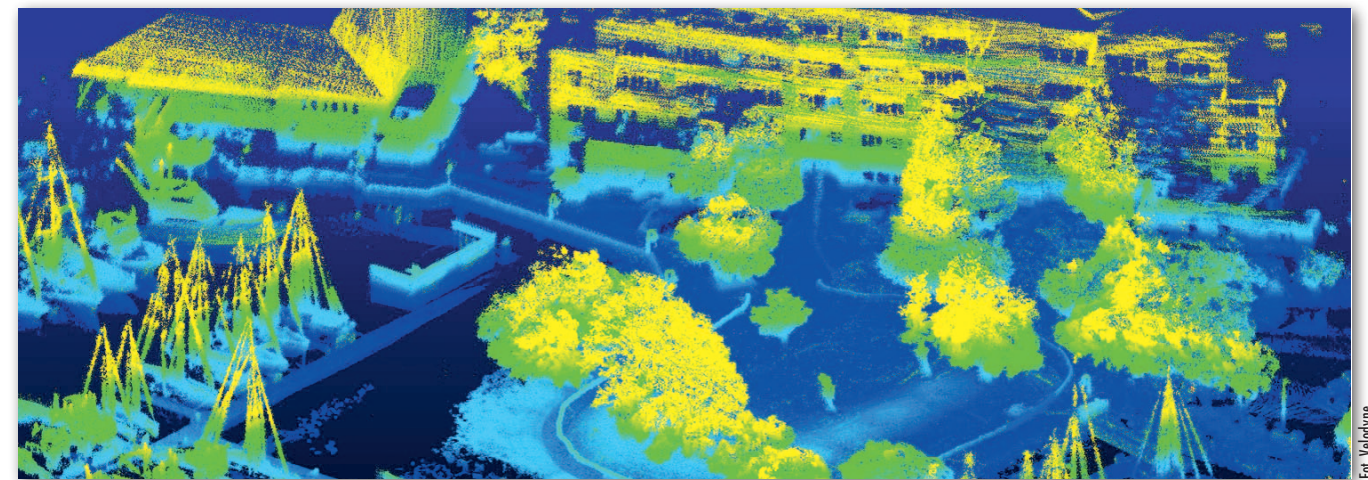
Jerzy Królikowski



Przegląd bezzałogowych wirnikowców do celów geodezyjnych

Przebić się laserem

Jeszcze niedawno bezzałogowy wirnikowiec wyposażony w skaner laserowy był jedynie wyjątkowo kosztowną ciekawostką, a dziś powoli „schodzi pod strzechy”. Duża w tym zasługa... przemysłu samochodowego.



Jerzy Królikowski

Zasadniczym problemem z LiDAR-em jest jego waga. Na początku „dronowej rewolucji” sensor ten był w stanie unieść tylko największe bezzałogowce, cenowo dostępne jedynie dla bogatych firm. Z biegiem czasu zmniejszono wymiary i wagę skanera, ale za tym szło też obniżanie parametrów pomiarowych. Równocześnie spadać nie chciała jego cena. W efekcie wielu operatorów UAV wprawdzie marzyło o użyciu skanera, ale albo nie było ich na to stać, albo bali się uszkodzenia tak cennego sensora. Odrębnym zmartwieniem był też zwrot z inwestycji. Trudno się zatem dziwić, że kolejka po drony z LiDAR-em była krótka, a i wybór instrumentów był nader skromny. Wszystko wskazuje jednak

na to, że teraz jesteśmy na progu laserowej rewolucji.

Jeśli sprawdzą się ambitne zapowiedzi producentów skanerów, instrumenty te staną się lekkie, tanie, szybkie i dokładne. Będzie to efekt uboczny coraz intensywniejszych prac badawczo-rozwojowych nad pojazdami autonomicznymi. Wymagają one bowiem sensorów do szybkiego i dokładnego pomiaru otoczenia. LiDAR sprawdzałby się tu idealnie, sęk w tym, że sam skaner kosztuje tyle, co luksusowa limuzyna, a do tego jego wymiary utrudniają montaż na aucie. Ale przecież potrzeba jest matką wynalazku, więc szybko pojawiły się firmy, którym udało się rozwiązać ten problem.

Jednym z liderów jest amerykańska firma Velodyne. Ostatnio ogłosiła, że dzięki współpracy z ja-

pońskim Nikonem będzie wytwarzać nawet ponad milion skanerów rocznie. Podkreśliła przy tym, że ma to być sprzęt znacznie tańszy niż obecnie, a do tego przeznaczony nie tylko dla pojazdów autonomicznych, ale również do celów geodezyjnych, w tym dronów. Jednym z jej nowszych modeli jest VLS-128. Mierzy on nawet 3 mln pkt/s na dystansie do 300 metrów z dokładnością 3 cm. W hurcie ma kosztować około 12 tys. dolarów.

Lada moment do sprzedaży powinien wejść skaner innej firmy: Ouster OS-1-128. Mierzy on do 2,62 mln pkt/s na dystansie do 140 metrów, a przy tym waży tylko 380 g. Jego cena to 18 tys. dolarów.

Inna niedawna premiera to przeznaczony specjalnie dla dronów skaner SORA-P60L. Na dystansie do 200 metrów urządzenie mierzy

z prędkością 625 tys. pkt/s, a waży tylko 550 g. Jego cena nie jest jeszcze znana, choć raczej nie będzie zbyt odstawiała od wyżej wymienionej konkurencji.

Praktyka pokazuje jednak, że katalogowe parametry skanerów dla dronów to jedno, a rzeczywistość to drugie. Ci, którzy mieli okazję testować te małe i tanie nowości, po cichu przyznają, że niekiedy są one rozczarowaniem, a jakość LiDAR-ów bazujących na dotychczas stosowanych technologiach wciąż pozostaje bezkonkurencyjna. Niewątpliwie jednak nadejście laserowej rewolucji jest w branży dronów kwestią czasu. Już dziś warto więc doskonalić swoje umiejętności w zakresie obróbki chmury punktów oraz myśleć nad ciekawymi i innowacyjnymi zastosowaniami tych danych. ■



DRONY – WIRNIKOWCE

PRODUCENT	Altus UAS	Altus UAS	Altus UAS		DJI	DJI	DJI	DJI
NAZWA	Delta LRX	ORC4	Swift		Inspire 2	Matrice 200 V2	Matrice 210 V2	Matrice 210 RTK V2
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2015	2017	2016		2016	2019	2019	2019
PLATFORMA								
wymiary platformy gotowej do lotu [dł. x wys. x szer. w mm]	1400 x 450 x 1400	2000 x 610 x 1900	600 x 100 x 600		620 (przekątna)	883 x 886 x 398	883 x 886 x 398	883 x 886 x 427
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	1000 x 450 x 1000	2000 x 610 x 1900	300 x 100 x 300		605 (przekątna)	722 x 247 x 242	722 x 282 x 242	772 x 282 x 242
waga całkowita [kg]	22,5	22,5	11		3,4	4,69 + 2 akumulatory TB55	4,8 + 2 akumulatory TB55	4,91 + 2 akumulatory TB55
maksymalny udźwig [kg]	10,7	10,7	5,5		0,85	1,45	1,34	1,23
maksymalna prędkość [km/h]	43,2	43,2	54		94	81	81	81
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	57,6	57,6	36		36	43,2	43,2	43,2
liczba i rodzaj silników	8 elektrycznych w układzie X8	1 spalinowy	4 elektryczne w układzie X4		4 x DJI 3512	4 x DJI 3515	4 x DJI 3515	4 x DJI 3515
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	25	150	15		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
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	Altus Ai3	Altus Ai3	Altus Ai3		GPS + GLONASS	GPS + GLONASS	GPS + GLONASS	GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo
obsługa korekt	DGPS, RTK, PPK	DGPS, RTK, PPK	DGPS		nie	nie	nie	tak
IMU	tak	tak	opcja		nie	nie	nie	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	Sony Alfa 5100	Sony Alfa 5100	Sony QX1		możliwość podłączenia m.in. Zenmuse X5S, X7	możliwość podłączenia m.in. Zenmuse X7, X5S, Zenmuse XT, XT2, Z30, FLIR, MicaSense RedEdge-M, RedEdge-MX, Altum		
matryca [Mpx]	24,6	24,3	20,1		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)
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	0-90	0-90	0-90		-90 do 30	-90 do 30	-90 do 30	-90 do 30
dodatkowe informacje	maksymalna wielkość zapisywanego zdjęcia 6000 x 4000 px	maksymalna wielkość zapisywanego zdjęcia 6000 x 4000 px	procesor BIONZ X		-	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
osiągana rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	1,5 dla 60 m, 2 dla 80 m, 2,5 dla 100 m	1,5 dla 60 m, 2 dla 80 m, 2,5 dla 100 m	2,5 dla 60 m, 3 dla 80 m, 3,5 dla 100 m		1 dla 45 m	1 dla 45 m	1 dla 45 m	1 dla 45 m
produktywność w nalocie [pow. dla rozdź.]	średnio 0,5 km kw.	średnio 0,5 km kw.	średnio 0,2 km kw.		30 ha dla pułapu 120 m	40 ha dla pułapu 120 m	40 ha dla pułapu 120 m	40 ha dla pułapu 120 m
skaner laserowy	Velodyne VLP-16 Hi-RES	Velodyne VLP-16 Hi-RES	brak		brak	brak	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	300 000	300 000	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanowania [pkt/m kw. dla okr. pułapu]	brak danych	brak danych						
zasięg [m]	100	100						
dodatkowe informacje	1 klasa bezpieczeństwa, niski pobór prądu, stabilizacja IMU od LiDAR USA							
inne sensory	kamera termowizyjna Workswell WIRIS, multispektralna MicaSense RedEdge lub MicaSense Sequoia, Sony BlackMagic, kamery RED, Sony QX1	kamera termowizyjna Workswell WIRIS, multispektralna MicaSense RedEdge lub MicaSense Sequoia, Sony BlackMagic, kamery RED, Sony QX1	MicaSense Sequoia (green, red, red edge, near IR; zbiór co 1 s), MicaSense RedEdge		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	-	-
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	naziemna stacja Altus z tabletem i klawiaturą (sterowanie manualne, planowanie misji, zarządzanie lotem, podgląd param. lotu itd. w jednym urządzeniu)	naziemna stacja Altus z tabletem i klawiaturą (sterowanie manualne, planowanie misji, zarządzanie lotem, podgląd param. lotu itd. w jednym urządzeniu)	stacja z tabletem i klawiat. (sterowanie manualne, planowanie misji, zarządzanie lotem, podgląd parametrów lotu)		tablet, laptop lub smartfon	tablet, laptop lub smartfon	tablet, laptop lub smartfon	tablet, laptop lub smartfon
możliwości autopilota	Altus Triple Aitopilot Ai3	Altus Triple Aitopilot Ai3	Altus Triple Aitopilot Ai3		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
częstotliwość	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 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]	0-5	0-15	0-2		3,5	5	5	5
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	Altus Planner – programowanie misji fotogrametrycznych na podstawie zadanych parametrów, podgląd przebiegu misji w czasie rzeczywistym, kontrola parametrów lotu, opcja przzerwania i wznowienia misji zadanego punktu, automatyczny start i lądowanie, manualne wyzwolenie migawki				DJI GS Pro – możliwość lotu po wyznaczonej trasie, ustalenie prędkości lotu, liczby zdjęć, pokrycia poprzecznego i podłużnego, obszaru wykonania nalołu, pułapu; Leica Inifinity	DJI GS Pro, DJI Pilot, Pix4Dcapture – lot po wyznaczonej trasie, ustalenie prędkości lotu, liczby zdjęć, pokrycia poprzecznego i podłużnego, obszaru wykonania nalołu, pułapu; Leica Inifinity	DJI GS Pro, DJI Pilot, Pix4Dcapture – lot po wyznaczonej trasie, ustalenie prędkości lotu, liczby zdjęć, pokrycia poprzecznego i podłużnego, obszaru wykonania nalołu, pułapu; Leica Inifinity	DJI GS Pro, DJI Pilot, Pix4Dcapture – lot po wyznaczonej trasie, ustalenie prędkości lotu, liczby zdjęć, pokrycia poprzecznego i podłużnego, obszaru wykonania nalołu, pułapu; Leica Inifinity
do przetwarzania danych	Pix4D Mapper Pro	Pix4D Mapper Pro	Pix4D Mapper Pro		Pix4D, Agisoft, Inpho UASMaster, Leica Inifinity	Pix4D, Agisoft, Inpho UASMaster, Leica Inifinity	Pix4D, Agisoft, Inpho UASMaster, Leica Inifinity	Pix4D, Agisoft, Inpho UASMaster, Leica Inifinity
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	naziemna stacja sterująca, statyw, waliza transportowa, oprogramowanie, kable, zestaw narzędzi, wiatromierz oraz niezbędne wyposażenie dodatkowe	naziemna stacja sterująca, statyw, waliza transportowa, oprogramowanie, kable, zestaw narzędzi, wiatromierz oraz niezbędne wyposażenie dodatkowe	naziemna stacja sterująca, statyw, waliza transportowa, oprogramowanie, kable, zestaw narzędzi, wiatromierz oraz niezbędne wyposażenie dodatkowe		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 crystalsky 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	kontroler, 2 nogi podwozia, monitor crystalsky 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
DODATKOWE INFORMACJE	automat. powrót do miejsca startu, automat. system spadochronowy przy wych. > 70°, wstrząsach lub utracie zasil., AP + GPS + IMU dla zwiększenia bezp., 8 wysokoobrotowych silników	automat. powrót do miejsca startu, automat. system spadochronowy przy wych. > 70°, wstrząsach lub utracie zasil., AP + GPS + IMU dla zwiększenia bezpieczeństwa	automatyczny powrót do miejsca startu, automat. system spadochronowy przy wychyleniu > 70°, wstrząsach lub utracie zasilania, AP + GPS + IMU dla zwiększenia bezpieczeństwa		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
CENA [ZŁ NETTO]	brak danych	brak danych	brak danych		od 12 190	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	IG Tadeusz Nadowski	IG Tadeusz Nadowski	IG Tadeusz Nadowski		NaviGate, Solectric GmbH Polska	NaviGate, Solectric GmbH Polska	NaviGate, Solectric GmbH Polska	NaviGate, Solectric GmbH Polska

DRONY - WIRNIKOWCE

								
PRODUCENT	DJI	DJI	DJI		Intel	Intel	Leica	MSP
NAZWA	Matrice 600 Pro	Phantom 4 Pro	Phantom 4 RTK		Falcon 8+ Ins	Falcon 8+ SUR	Aibot	geoBZYG
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2017	2016	2018		2017	2017		2017
PLATFORMA								
wymiary platformy gotowej do lotu [dł. x wys. x szer. w mm]	1668 x 1518 x 727	370 (przekątna)	370 (przekątna)		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]	437 x 402 x 553	350 (przekątna)	350 (przekątna)		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]	9,5 z baterią TB47S lub 10 z TB48S	1,39	1,39		2,3	2,3	9,1	1,6
maksymalny udźwig [kg]	6	brak danych	brak danych		0,8	0,8	6	0,3
maksymalna prędkość [km/h]	65	72	58		60	60	70	40
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	28,8	36	36		55	55	20	29
liczba i rodzaj silników	6 x DJI 6010	4 x DJI Motor	4 x DJI Motor		8 elektrycznych	8 elektrycznych	6 elektrycznych	4 elektryczne
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	TB47S: 16, TB48S: 18 (z ładunkiem); TB47S: 35, TB48S: 40 (bez ładunku)	brak danych	25		22	22	30	20
POZYCJONOWANIE								
typ odbiornika GNSS	potrójny GPS + GLONASS	GPS + GLONASS	GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo		GPS + GLONASS	GPS + GLONASS	GNSS	U-blox M8
obsługa korekt	tak	nie	tak		nie	nie	tak	opcja: DGNSS, RTK, PPK
IMU	nie	nie	tak		tak	tak	tak	tak
SENSORY								
cyfrowa kamera	możliwość podłączenia m.in. Zenmuse X5, Phase One, FLIR, MicaSense RedEdge-MX, Altum, Z30, XT2	dedykowana podłączona kamera	dedykowana podłączona kamera		Inspection Payload TZ71 (RGB+IR)	Sony Alpha 7R	tak	BASLER acA2440
matryca [Mpx]	od 20 do 101(w zależności od modelu)	20	20		12	36	24,2 lub 42,2	5
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	-90 do 30	-90 do 0	-90 do 0		-90 do 90	-90 do 90	tak	nie
dodatkowe informacje	obsługa kamer RGB, termalnych, multispektralnych	-	brak danych		stabilizacja obrazu	stabilizacja obrazu	-	-
osiągana rozdzielczość obrazów [cm dla określonego pułapu]	pojedyncze mm przy zastosowaniu kamery Phase One	1 dla 40 m	1 dla 40 m		maksymalnie 0,1	maksymalnie 0,1	1 dla pułapu 70 m	2 dla 50 m, 4 dla 100 m
produktywność w nalocie [pow. dla rozdź.]	50 ha dla pułapu 120m	25 ha dla pułapu 120 m	25 ha dla pułapu 120m		brak danych	brak danych	64 ha dla pułapu 70 m	0,35 km kw. dla 3,2 cm
skaner laserowy	NAVI-LiDAR	brak	brak		brak	brak	nie	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	600 000	nie dotyczy	nie dotyczy		nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	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, opcja: kamera termowizyjna, kamera multispektralna, czujnik dymu	barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z każdej strony i z dołu	barometr, żyroskop, czujniki wykrywania przeszkód z każdej strony i z dołu		Intel High Resolution Imaging Payload, Intel Imaging Payload, Intel Dual Imaging Payload	Intel High Resolution Imaging Payload, Intel Imaging Payload, Intel Dual Imaging Payload	-	opcja: kamera multispektralna, kamera termalna
STEROWANIE								
pulpit kontrolny	tablet, laptop lub smartfon	tablet, laptop lub smartfon	tablet		Mobile Ground Station, komputer PC	Mobile Ground Station, komputer PC	tak	dedykowany
możliwości autopilota	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)	tak (sugerujemy podać konkretne funkcje)		start, lądowanie, lot	start, lądowanie, lot	tak (sugeruję podać funkcje)	pełen lot w trybie automatycznym, tryby mieszane, zmiana parametrów lotu podczas misji, sterowanie sensorami, współpraca z fotowyzwalaczem
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI								
częstotliwość	Lightbridge 2 HD 2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz	Lightbridge 2 HD 2,400-2,4835 i 5,725-5,825 GHz	Ocusync 2.0 2,400 GHz to 2,483 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]	3,5	3,5	5		2	2	4 km	1,5
OPROGRAMOWANIE								
do planowania nalołów (funkcje)	DJI GS Pro – możliwość lotu po wyznaczonej trasie, ustalenie prędkości lotu, liczby zdjęć, pokrycia poprzecznego i podłużnego, obszaru wykonania nalołu, pułapu	DJI GS Pro – możliwość lotu po wyznaczonej trasie, ustalenie prędkości lotu, liczby zdjęć, pokrycia poprzecznego i podłużnego, obszaru wykonania nalołu, pułapu; Leica Inifinity	GS RTK APP - tryb wolnego lotu + 4 tryby autonomiczne (naloł 2D, 3D, lot po pkt, naloł liniowy); możliwość podgrania obszaru w pliku KML, określenia prędkości, pokrycia poprzecznego i podłużnego; Leica Inifinity		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, Trimble Inpho UASMaster	Pix4D, Agisoft, Trimble Inpho UASMaster, Leica Inifinity	DJI Terra, Pix4Dmapper, Agisoft Metashape, Trimble Inpho UASMaster; Leica Inifinity		Agisoft PhotogrammetricKit for Topcon, Pix4D, Context Capture, Menci i inne	Agisoft PhotogrammetricKit for Topcon, Pix4D, Context Capture, Menci i inne	Leica QGC/Leica Infinity	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci, autorski system do obliczeń objętości
SKŁAD ZESTAWU STANDARDOWEGO (oprócz platformy)	2 nogi, 2 płozы, 2 sprężyny podwozia, kontroler, 6 akumul. TB47S, ładow., 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 gimbalu, kabel USB OTG, kabel micro-USB, karta micro SD, walizka ochronna	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 16 GB, okablowanie		waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, baterie, ładowarki	gmibal, kamera, radio, GSM, odbiornik GNSS , skrzynia transportowa, hub doładowania, 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	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	tagowanie zdjęć z cm dokładnością, opcjonalnie możliwość zastosowanie stacji bazowej, wysoka stabilność lotu, inteligentny powrót do miejsca startu po zerwaniu połączenia z omijaniem przeszkód terenowych		zwielokrotnione układy startujące (x3), wysoka stabilność przy silnym wietrze ze względu na kształt	zwielokrotnione układy startujące (x3), 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]	od 19 900	5 900	19 900		brak danych	brak danych	od 99 000	brak danych
DYSTRYBUTOR	NaviGate	NaviGate, Solectric GmbH Polska	NaviGate, Solectric GmbH Polska		TPI	TPI	Leica Geosystems	MSP

DRONY - WIRNIKOWCE

							
PRODUCENT	MSP	Novelty RPAS	Riegl	Satlab Geosolutions	South	Trigger Composites	Yuneec
NAZWA	ZAWISAK	OGAR Mk2	RiCOPTER/BathyCopter	SLL-3	SkyWalker X41	Rotomap X6-600	Typhoon H520
ROK WPROWADZENIA NA RYNEK	2015	2017	2014/2015	2019	2019	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	1920 x 470 x 1820	1620 x 1410 x 500	1050 x 1050 x 450	1080 x 1080 x 430	520 x 457 x 310
wymiary po złożeniu [dł. x wys. x szer. w mm]	waliza 750 x 1000 x 680	850 x 150 x 250	624 x 986 x 470	brak danych	brak danych	1080 x 400 x 150	brak danych
waga całkowita [kg]	13	4,6	25	12	brak danych	6	1,6
maksymalny udźwig [kg]	4	1,5 (użyteczny, z baterią)	14	5	2,5	2	0,5
maksymalna prędkość [km/h]	45	70	60	60	40	45	61
maks. dopuszczalna prędkość wiatru [km/h]	35	54	30	60	36	28,8	brak danych
liczba i rodzaj silników	4 elektryczne	4 elektryczne BLDC	8 elektrycznych	6 elektrycznch	4 elektryczne	6 elektrycznych, bezszczotkowych	6 elektrycznych
maks. czas lotu z maks. obciążeniem [min]	15	25 z modułem GeoScanner Standard	30	60 z kamerą Sony RX1RM2, 54 z 2 kamerami Sony RX1RM2, 46 ze skanerem laserowym	25 minut z pełnym ładunkiem	do 30	25
POZYCJONOWANIE							
typ odbiornika GNSS	U-blox M8T	2 x GPS + GLONASS (opcja: dwuczęstotliwościowy RTK)	zintegrowany z IMU	GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo	GPS	U-blox, Septentrio	opcja (3 najlepsze z GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou)
obsługa korekt	DGNSS, RTK, opcja: PPP	RTK (przez RTCM3 i CMR)	DGNSS, RTK, PPP	PPK	brak danych	DGNSS, PPK, opcja: RTK	RTK/PPK
IMU	tak	tak	tak	tak	brak danych	tak	tak
SENSORY							
cyfrowa kamera	Sony A7R/Sony A7R II/Sony A6000	moduł GeoScanner Standard z kamerą Sony A6000	PhaseOne/2 x Sony Alpha 6000/Sony 7R	Sony RX1RM2 lub 2 x Sony RX1RM2	Kodak M200/SonyQX1	Sony RX1R	E90
matryca [Mpx]	36,4/42,4/24,3	24	100/2 x 24/36	42,2	10/20	42	20
wychylenie do zdjęć ukośnych [°]	opcja	0-90	0-160	45 przy 2 kamerach Sony RX1RM2	brak danych	tak	0-90
dodatkowe informacje	montowanie 2 aparatów lub zespołów (np. RGB + multispektralna), integr. innych aparatów	3-osiowa elektromech. stabil. obrazu z wibroizolacją, georef. bezpośr., szybkozłączne	absorpcja wstrząsów	-	-	-	obiektyw 1-calowy, nagrywanie wideo 4K 60 FPS, 3-osiowy gimbal, możliwa wymiana na E50,
osiągana 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	zależnie od kamery	brak danych	brak danych	0,65 dla 50 m	brak danych
produktywność w jednym nalocie [pow. dla określonej rozdzielczości]	0,1 km kw. dla 0,8 cm, 0,25 km kw. dla 1,5 cm	2 km kw. dla 5 cm	zależnie od kamery	3,6 km kw. dla 3 cm, 10 km kw. dla 7 cm	brak danych	brak danych	brak danych
skaner laserowy	Riegl miniVUX/Yellowscan Surveyor	GeoScanner VLP-16	miniVUX-1UAV/VUX-1UAV/VUX-1LR/BDF-1	Satlab SUL-1	nie dotyczy	brak	brak
prędkość skanowania [pkt/s]	100 000/300 000	300 000	100 000/500 000/750 000/4 000	300 000	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
gęstość skanowania [pkt/m kw. dla okr. pułapu]	8,5 dla 75 m/38 dla 50 m	70 dla 40 m	do 300 dla 50 m	300 000 przy 60 m wysokości, z dokładnością 55 mm			
zasięg [m]	100/50	80	250/920/1350/50	0,5 do 100m			
dodatkowe informacje	do 5 odbić/do 2 odbić	I klasa bezpieczeństwa	I klasa bezpieczeństwa, terenowa dokł. pomiaru 1-3 cm	I klasa bezpieczeństwa			
inne sensory	kam. multi-, hiperspektr., termalna, video, inne	kamery, term., multispektr., obserw., wideo	sensory. do pom. prom. lub pola magn.	-	-	kamera multispektralna, kamera IR	-
STEROWANIE							
pulpit kontrolny	notebook, tablet, pulpit zintegrowany z notebookiem lub tabletem (rugged, np. Getac)	tablet lub laptop z opcj. manipulatorami umożliwiającymi automat. plan. i nadzór misji	remote control unit	14 kanałowy kontroler Futaba	brak danych	tablet	aparatura RC z wbudowanym ekranem
możliwości autopilota	pełen 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, autonomiczny pomiar	autonomiczny: start, lądowanie, powrót po utracie łączności, lot po zaprogramowanej trasie, pomiar wg zaplanowanych ustawień	brak danych	start, lądowanie, lot, funkcje bezpieczeństwa	start, lądowanie, lot, inspekcje
SYSTEM ŁĄCZNOŚCI							aparatura 16-kanałowa, ST16S
częstotliwość	2,4 GHz	2,4 lub 5 GHz i inne	brak danych	900 Mhz	900 Mhz	2,4 i 5,8 GHz	2,4 lub 5,8 GHz
możliwość przesyłania obrazów	nie	tak	tak	nie	brak danych	tak	tak
zasięg w terenie otwartym [km]	1,5	do 7 (bez przeszkód i zakłóceń)	1,5	10	1	1,5	1,6
OPROGRAMOWANIE							
do planowania nalołów (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., waypoints, sterow. manual., click&go	Flight Planning Software	Satlab Ground Control Station	GCS software – autokontrola systemów przed startem, automatyczny start, lot i lądowanie, automatyczny powrót przy słabej baterii	DJI GS Pro	DataPilot – planowanie nalołu, podgląd zdjęć, ustawianie parametrów zdjęć, ustawienia gimballa
do przetwarzania danych	Agisoft, EnsoMOSAIC, Menci	Pix4D, Agisoft PhotoScan, WeMapo (udostępnianie i analizowanie danych oraz tworzenie portfolio) i inne	RiACQUIRE, RiPROCESS, RiWORLD, RiMTA, RiPRECISION UAV	Satlab PPK Go, kompatybilny z Pix4D, Agisoft, ContextCapture	South SkyPhoto	Pix4D Mapper	brak danych
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	waliza transportowa, oprogramowanie, kable, stacja naziemna	kamera/dwie kamery/skaner laserowy, kontroler, oprogramowanie do planowania misji, uchwyty oraz gimbal (w zależności od opcji)	brak danych	waliza, oprogramowanie, stacja bazowa, aparat fotograficzny, szkolenie	plecak transportowy, aparatura, 2 baterie, zapasowy komplet śmigieł, ładowarka
DODATKOWE INFORMACJE	system spadochronowy (działa z wys. min. 30 m); opcja łączy radiowego z przesyłem obrazu; wielowimnikowiec tylko z kamerami (bez LIDAR-u) lata znacznie dłużej (powyżej 0,8 godz.)	kompozyt. konstrukcja, IP43, spadochron ratunkowy, wym. głowic przez użytk., zasilanie głowic z gł. baterii platformy, laser. czujnik wys., dolna kamera opital flow, kamera przednia, implem. algoryt.	live stream video, zdublowany system sterowania	automat. pionowy start i lądowanie tylko dla 4 x 4 m przestrzeni, obudowa z kompozytów, zasięg połączenia z kontrolerem do 10 km praca w temp. od-10 st do 45 st. C, bateria 22 000 mAh	brak danych	-	6 silników gwarantuje większą stabilność lotu przy mocnym wietrze, podczas awarii jednego silnika można bezpiecznie wylądować, czujniki odległościowe, podnoszone nogi
CENA [ZŁ NETTO]	brak danych	od 58 000	brak danych	brak danych	brak danych	brak danych	brak danych
DYSTRYBUTOR	MSP	Novelty RPAS oraz autoryzowani partnerzy	Laser-3D.pl	Satlab Polska, Cubic Orb, Geobudserwis, Akgeo	Geomatix	Trigger Composites	Geotronics Dystrybucja

A man in green shorts is water skiing on a green lake, holding a red tow rope. The water is splashing around him. The text "Ja czytam" is in a white script font, and "GEODETĘ" is in a large, bold, white sans-serif font.

Ja czytam
GEODETĘ

A Ty?