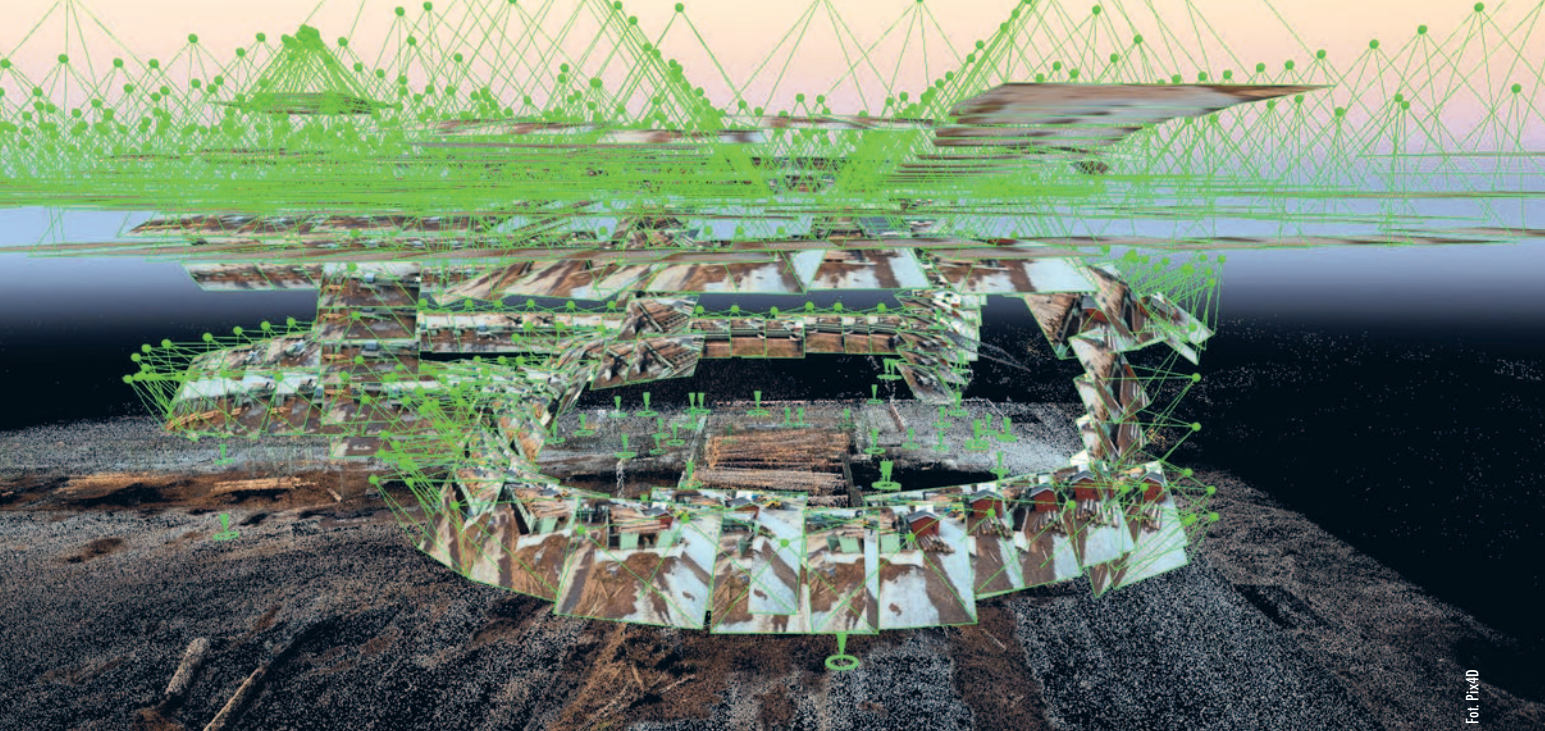




Fot. Pix4D

Wybieramy aplikację do przetwarzania zdjęć z dronów (Structure from Motion, SfM)

Święty Graal fotogrametrii z drona

Najtrudniejszą decyzją przy inwestycji w geodezyjne technologie bezzałogowe jest wybór aplikacji, która przetworzy zdjęcia do postaci ortofotomapy, chmury punktów czy modeli 3D. Co polecają naukowcy, praktycy i dystrybutorzy?

Jerzy Królikowski

Szybko minęły czasy, gdy drony w geodezji były domeną najbardziej innowacyjnych firm lub hobbystów modelarzy. Technologia ta stała się już na tyle tania i prosta w obsłudze, że coraz chętniej sięgają po nią również małe przedsiębiorstwa, które dotychczas miały styczność jedynie z tachimetrem czy odbiornikiem GNSS. Każda taka inwestycja składa się z czterech zasadniczych elementów: drona, sensora, stacji roboczej oraz oprogramowania do przetwarzania zdjęć typu SfM (*Structure from Motion*). O ile pierwsze trzy kategorie produktów można dość łatwo porów-

nywać za pomocą konkretnych parametrów, o tyle przygotowanie obiektywnego zestawienia software'u SfM jest bardzo trudne. Bo choć teoretycznie wszystkie dostępne na rynku aplikacje bazują z grubsza na tych samych algorytmach i posiadają podobne funkcje, to jednak efekty ich pracy mogą się diametralnie różnić. Jakby tego było mało, oferta tych programów jest niezwykle bogata. Na potrzeby bezpłatnego niezbędnika DRO-
NY DLA GEODETY 2020 (do pobrania na geoforum.pl/drony) doliczyliśmy się aż 51 tego typu produktów! Tylko który z nich jest najlepszy do zastosowań geodezyjnych? Z góry zastrzegamy, że w artykule nie udzielimy na tak postawione pytanie jednoznacznej odpowiedzi, bo

to zwyczajnie niemożliwe. Postaramy się natomiast wyjaśnić, jak skutecznie wybrać rozwiązanie spełniające nasze indywidualne wymagania.

● Okiem naukowca

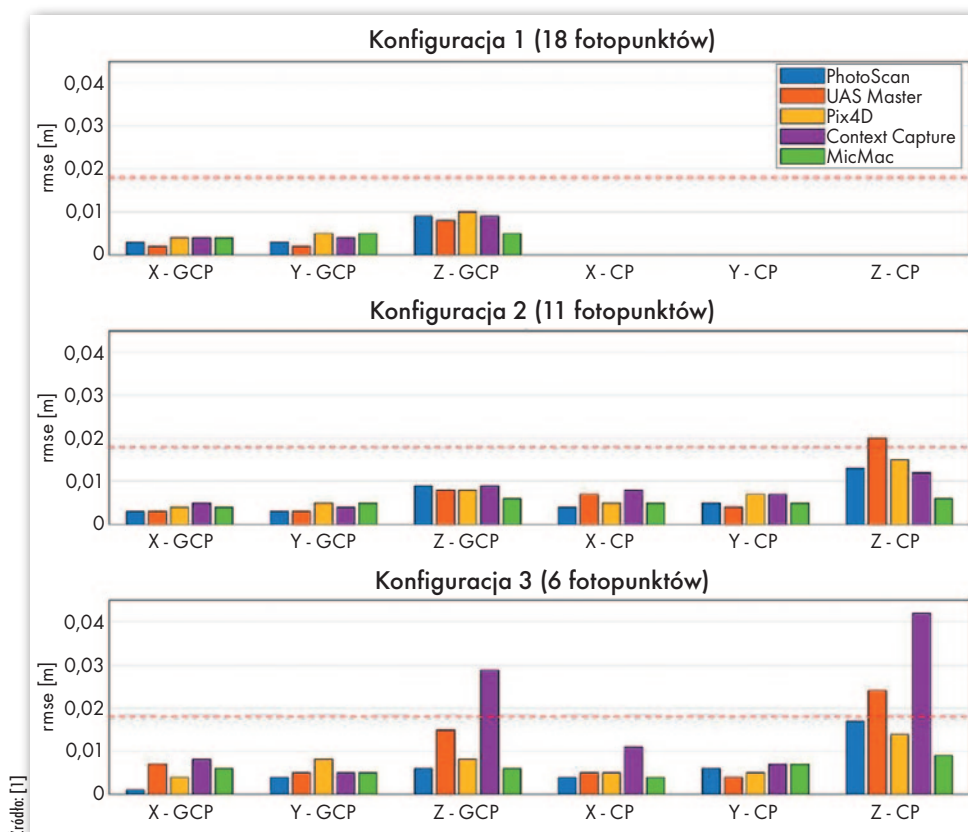
Wydawać by się mogło, że zagadnienie to już dawno zostało prześwietlone z każdej strony w czasopismach naukowych. Przecież nie brakuje w nich artykułów analizujących różnorodne rozwiązania fotogrametryczne dla dronów. I tu czeka nas spore rozczarowanie. Takich publikacji jest bowiem zaskakująco niewiele. Co gorsza, poziom części z nich pozostawia wiele do życzenia, bo nie brak autorów, którzy ograniczają się jedynie do wizualnego porównania modeli 3D albo

zasypania nas gradem niewiele mówiących liczb.

Skąd ta niechęć świata nauki do tego ciekawego tematu? Odpowiedź znajdziemy w samych artykułach. Część autorów otwarcie przyznaje, że rzetelne porównanie jakości poszczególnych produktów jest skomplikowane, o ile nie całkiem niemożliwe. Niektóre aplikacje działają bowiem na zasadzie czarnej skrzynki, a inne oferują wiele kontrolek pozwalających wpływać na proces przetwarzania danych. Co gorsza, poza nielicznymi aplikacjami typu *open source* nie mamy możliwości zajrzenia do kodu źródłowego i rozłożenia programu na czynniki pierwsze. Krótko mówiąc, naukowiec może oczywiście wygenerować modele 3D przy użyciu konkurencyjnych programów oraz zaprezentować wyczerpujące porównanie ich dokładności. Zawsze jednak będzie można podważyć te wyniki, zarzucając błędne dobranie parametrów przetwarzania bądź użycie niewłaściwych danych wejściowych. Ale mimo wskazanych mankamentów dostępna literatura poświęcona temu zagadnieniu pozwala jednak wysnuć kilka wartościowych wniosków.

Bodaj najciekawszą analizę przeprowadzili naukowcy z Politechniki w Turynie [1], którzy wszechstronnie porównali programy: Agisoft PhotoScan (obecnie Metashape), Inpho UAS Master, Pix4D, Bentley ContextCapture oraz otwarty MicMac. Każdego z nich użyto do przetworzenia tego samego zestawu zdjęć w trzech konfiguracjach fotopunktów, a kluczowe wyniki analizy prezentuje rys. 1. Jak widać, różnice między aplikacjami są nieznaczne, w większości przypadków błędy nie przekraczają rozmiaru piksela terenowego. W konfiguracji z najmniejszą liczbą fotopunktów wyjątkiem jest ContextCapture dla współrzędnej Z. Ilustruje to, jak ważnym aspektem obróbki zdjęć z drona jest umiejętne przygotowanie fotopunktów. Ale abstrahując od tego przypadku, analizowane produkty zapewniają porównywalne rezultaty – podsumowują włoscy naukowcy.

Czy jednak ta publikacja daje wystarczający powód, by wątpić w dokładność ContextCapture? Niekoniecznie, bo w innym artykule porównano ten program z Pix4D oraz PhotoScan, i to właśnie CC wygenerował najdokładniejsze dane [2]. Podobnie jak w poprzedniej publikacji – różnice nie były tu znaczące. Biorąc jednak pod uwagę najwyższą osiągniętą rozdzielczość oraz najwierniejszą rekonstrukcję 3D, autorzy tego artykułu uznali, że do zastosowań z ich branży (tj. geotechnicznej) najlepszym rozwiązaniem jest właśnie produkt Bentleya.



Rys. 1. Porównanie dokładności danych wygenerowanych przez 5 aplikacji SfM w 3 różnych konfiguracjach fotopunktów

Trójka polskich naukowców z Politechniki Gdańskiej wzięła z kolei pod lupę PhotoScan i Pix4D [3]. Również oni doszli do wniosku, że pod względem dokładności generowanych produktów są one porównywalne. Zwrócili przy tym uwagę, że różnice błędów występujących przy różnych trybach dokładnościowych oferowanych przez te programy są zaskakująco małe – w przeciwieństwie do rozbieżności dotyczących czasu przetwarzania danych.

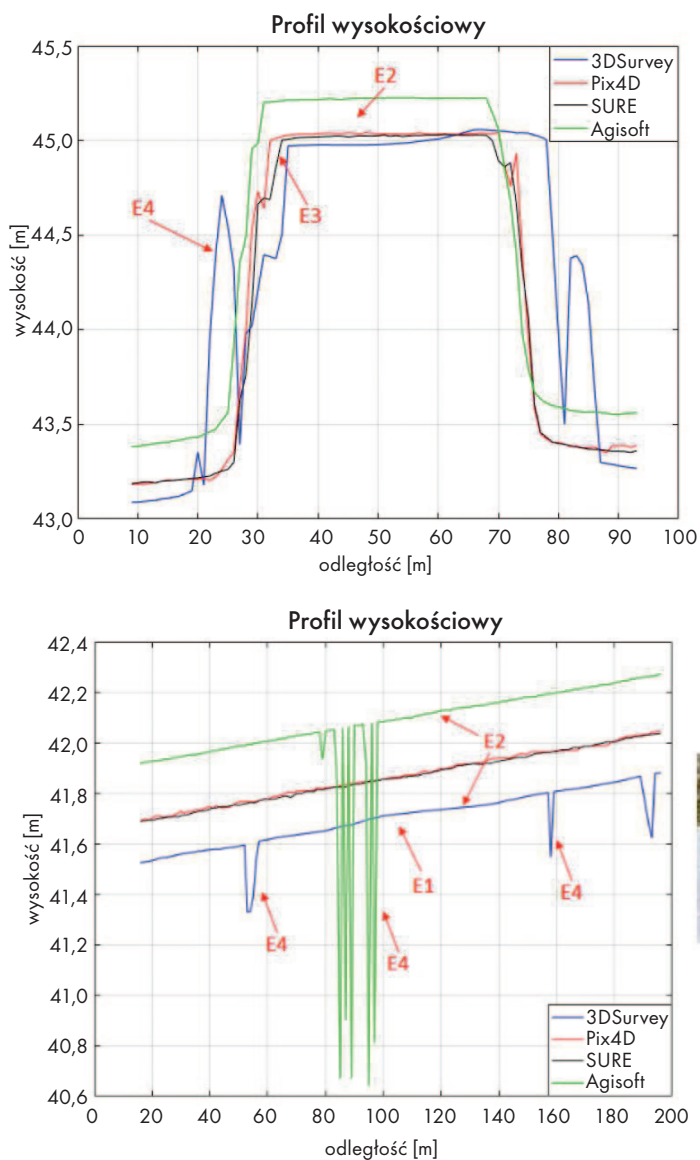
Na aspekt czasu obróbki uwagę zwracają także naukowcy z tajwańskiego uniwersytetu NTNU [4]. Metashape „miał” testowe dane przez 27 godzin, a Pix4D – tylko przez nieco ponad pół doby. Ponadto różnice są znaczące w wynikowych modelach *mesh*. Pix4D oferuje znacznie lepsze tekstury, z kolei Metashape wierniej odwzorowuje krawędzie.

Na sporządzenie rozbudowanego rankingu aplikacji SfM odważyli się naukowcy z Uniwersytetu w Teheranie [5]. Pod uwagę wzięli takie kryteria, jak: jakość dokumentacji, łatwość obsługi, szybkość działania, możliwość edycji parametrów przetwarzania czy różnorodność produktów końcowych. Pierwsze miejsce zajął Pix4Dmapper (12 pkt), a zaraz za nim uplasował się Metashape (11 pkt). Program Sure otrzymał 8 pkt, a 3Dsurvey – 7. Znaczenie ciekawsze jest jednak porównanie dokładności tych

czterech programów na przykładzie modeli 3D zabytków archeologicznych. Szczególnie duże różnice wyszły na przekrojach przez konstrukcje o jednolitej teksturze (rys. 2). W podsumowaniu autorzy uznali, że dokładność produktów wygenerowanych przez Pix4Dmapper, Metashape i Sure jest porównywalna. Gorzej wypadł 3Dsurvey, choć naukowcy szczerze przyznali, że dobór innych parametrów przetwarzania zapewne dałby lepszy efekt.

To, że różnice między poszczególnymi aplikacjami świetnie widać na przekrojach, wykazała również trójka naukowców z Niemiec [6]. W ich artykule dane z Pix4D i Metashape porównano z modelem z naziemnego skanowania. W przypadku tej drugiej aplikacji eksperymentowano ponadto z różnymi rodzajami filtrów, co miało dowiedzieć, jak ważny dla końcowego efektu jest dobór parametrów przetwarzania (rys. 3). Jednak mimo dogłębnego przetestowania obu aplikacji autorzy artykułu nie zdecydowali się wskazać, która z nich jest najlepsza.

Trudności z wytypowaniem lidera miał także zespół naukowców z Danii, Malezji i Ekwadoru [7]. Po lupę wzięli oni wizualną jakość modeli *mesh* wygenerowanych przez aplikacje: eyesMap3D, Drone Deploy, Agisoft PhotoScan oraz Pix4Dmapper. W ich ocenie żadna nie okazała się idealna, zawodząc w pew-



Rys. 2. Przekroje przez zabytek archeologiczny wygenerowane w 4 aplikacjach SfM

nych aspektach. Pix4D i DroneDeploy okazały się najlepsze w modelowaniu niewielkich obiektów. Natomiast program PhotoScan potrafił kompletnie pomijać nawet całe drzewa, ale zapewniał najlepszą rozdzielczość danych. Eyes-Map3D wyróżniała za to dokładność.

Z kolei artykuł zespołu czesko-duńskiego-niemieckiego jest o tyle ciekawy, że analizuje nie tylko różne programy (Agisoft PhotoScan Pro, Pix4D, Visual

SFM, Sure oraz MicMac), ale także sensory – od profesjonalnej lustrzanki, po amatorską kamerkę typu GoPro i aparat w smartfonie [8]. To badanie potwierdza, że aplikacje dostępne na rynku zapewniają porównywalne wyniki. Wyraźne różnice pojawiają się jednak przy modelowaniu roślinności i obiektów mocno zacienionych, co nie powinno dziwić, bo dobór aparatu ma istotny wpływ na jakość tekstur. Zaskakiwać może nato-

miast, że nie wszystkie aplikacje potrafiły wygenerować model 3D ze smartfona i GoPro.

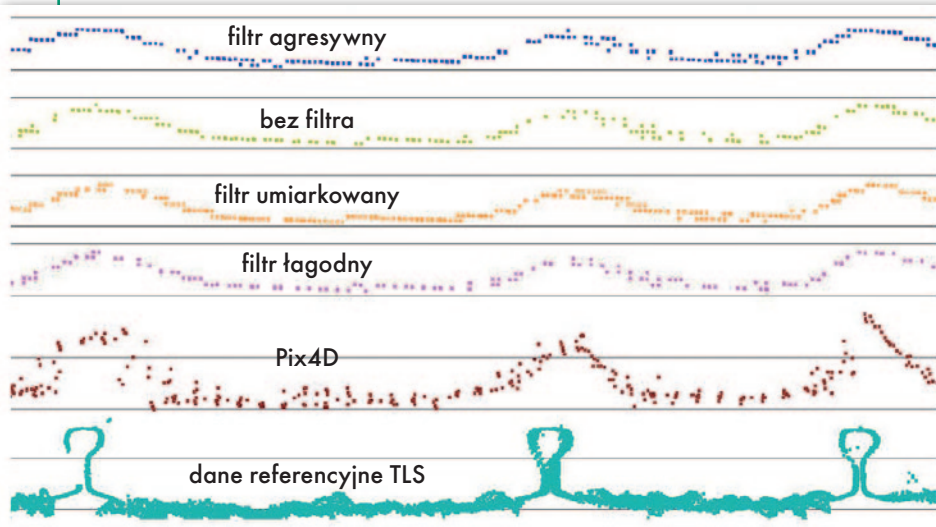
Podobnie jak w artykule [5] dość wszechstronne porównanie programów SfM wykonali naukowcy z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego oraz Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie [9]. Na trzech różnych poligonach przetestowali 4 programy (Agisoft Metashape, DroneDeploy, VisualSFM oraz COLMAP), pod uwagę biorąc nie tylko dokładność wyników danych, ale również szybkość aplikacji czy dostępne funkcje. Werdykt? „Każdy program ma swoje mocne i słabe strony (dana funkcja będzie korzystna dla jednej grupy, ale dla innej już nie). Jedynym sposobem na wybranie najlepszego środowiska pracy jest jego przetestowanie. Nie ma możliwości obiektywnego porównania aplikacji. Wszystko zależy od wiedzy użytkownika, pożądaných produktów, możliwości finansowych i obliczeniowych oraz celu przetwarzania” – podsumowują nasi naukowcy.

● Okiem internauty

Jak wynika z powyższego przeglądu, świat nauki nie jest w stanie definitywnie odpowiedzieć na nurtujące nas pytanie. Może w takim razie pomogą przeciętni użytkownicy? Wybór optymalnego oprogramowania SfM jest tematem licznych dyskusji na internetowych forach – zarówno krajowych, jak i międzynarodowych. Wprawdzie nie znajdziemy tu wykresów i szczegółowych tabel błędów, ale nie brak cennych obserwacji zebranych podczas praktycznej realizacji projektów pomiarowych. Co wynika z tych dyskusji?

Uwagę zwraca przede wszystkim to, że koncentrują się one na dwóch aplikacjach – Agisoft Metashape oraz Pix4Dmapper. Rzadziej pojawiają się w nich ContextCapture bądź 3DSurvey. Wyjątkiem są polskie fora, gdzie często gości rozwijane przez Autodesk oprogramowanie ReCap. Popularność tego produktu, jak szczerze przyznają internauci nad Wisłą, wynika przede wszystkim z jego niskiej ceny. Koszt nabycia programu jest zresztą dość często dyskutowany na krajowych forach. Poza tym rodzimi komentatorzy uczulają, by przed zakupem programu upewnić się, że obsługuje on polskie układy współrzędnych.

Generalnie w Pix4D internauci doceniają intuicyjną obsługę i szybką obróbkę. Metashape jest z kolei chwalony za



Rys. 3. Przekroje przez torowisko wygenerowane w aplikacjach: Metashape (przy zastosowaniu 4 różnych filtrów) oraz Pix4D, porównane z danymi lidarowymi

Źródło: <https://youtu.be/sR0pr4HNP8>



Rys. 4. Porównanie modelu mesh wygenerowanego w aplikacji ContextCapture (po lewej) i Metashape (po prawej)

rozbudowany interfejs, który pozwala zachować większą kontrolę nad efektem końcowym przetwarzania zdjęć. Jeśli się go opanuje, program daje lepsze wyniki niż Pix4D – padają często opinie. Atutem ContextCapture jest natomiast generowanie wysokiej jakości modeli *mesh*. W tym internetowym zgiełku nie brak jednak sprzecznych ocen, szczególnie jeśli chodzi o dokładność produktów końcowych.

Kilka przydatnych porównań aplikacji SfM można też znaleźć na YouTube. Oczywiście z racji specyfiki tego serwisu autorzy filmów koncentrują się na wizualnym porównaniu produktów końcowych – głównie modeli *mesh* (za przykład niech posłuży rys. 4). Oprócz tego zwracają uwagę na rozbieżności w tempie obróbki zdjęć. Co jednak ciekawe, nawet tu brak zdecydowanego zwycięzcy. A bywa i tak, że na tym samym kanale raz jedna, a raz druga aplikacja wypada lepiej!

Temat porównania aplikacji SfM pojawia się także na niektórych witrynach poświęconych geoinformacji. Wśród nich na wyróżnienie zasługuje strona ukraińskiej grupy 50°North, na której obszernie opisano wady i zalety 15 tego typu programów [10]. Jak nietrudno się domyślić, również i tu nie znajdziemy jednak wskazania tego najlepszego.

• Okiem praktyka

W Polsce nie brak firm geodezyjnych, które dronami posługują się od lat. Jakiego oprogramowania SfM używają i jakie cechy zadecydowały o jego wyborze? Jednym z pionierów stosowania bezzałogowców w geodezji jest Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne. Jak wyjaśnia Piotr Falkowski, zastępca kierownika Pracowni Geoinformatycznej w WPG, spółka wykorzystuje 3Dsurvey i Agisoft Metashape. – 3Dsurvey to program prosty i przyjazny dla geodety. Potrafi np. automatycznie rozpoznawać fotopunkty, które mają formę czarnych okręgów na białym tle. Ale przecież trzeba je najpierw wyłożyć, a potem zebrać. Dlatego

czasem prościej jest po prostu namalować sprejem krzyż na ziemi. Z naszego doświadczenia wynika, że program ten nadaje się głównie do małych prac, ograniczonych do jednego nalotu – wyjaśnia. Przy większych projektach, dochodzących nawet do kilkudziesięciu tysięcy zdjęć, firma sięga po Metashape i jest zadowolona z efektów jego pracy. Piotr Falkowski podkreśla, że to program sprawdzony przez szerokie grono użytkowników i na bieżąco poprawiany. Jest zatem wolny od wielu drobnych błędów, działa prawidłowo i nie zaczyna się. – Ma super forum użytkowników i wsparcie, bardzo szybko odpowiada – mówi również sami autorzy programu. Raz nawet specjalnie wypuścili kolejną wersję z funkcjami, o które ich prosiliśmy – mówi pracownik WPG. Do zalet Metashape zalicza także możliwość pisania własnych skryptów w Pythonie, co pomaga przy dużych i nietypowych opracowaniach. Pewnym mankamentem jest z kolei znaczne zapotrzebowanie na RAM. – Jeżeli skończy się pamięć operacyjna, program się zawiesza – wyjaśnia. Dlatego w jego ocenie, rozważając zakup oprogramowania SfM, trzeba pamiętać o posiadaniu odpowiedniej jakości komputera. – Dla dużych opracowań optymalna konfiguracja to: 12-rdzeniowy procesor i9, 64 GB RAM oraz karta graficzna RTX 4000 lub RTX 5000. Ale przeciętnemu geodecie wystarczy zdecydowanie słabszy sprzęt – podsumowuje Piotr Falkowski.

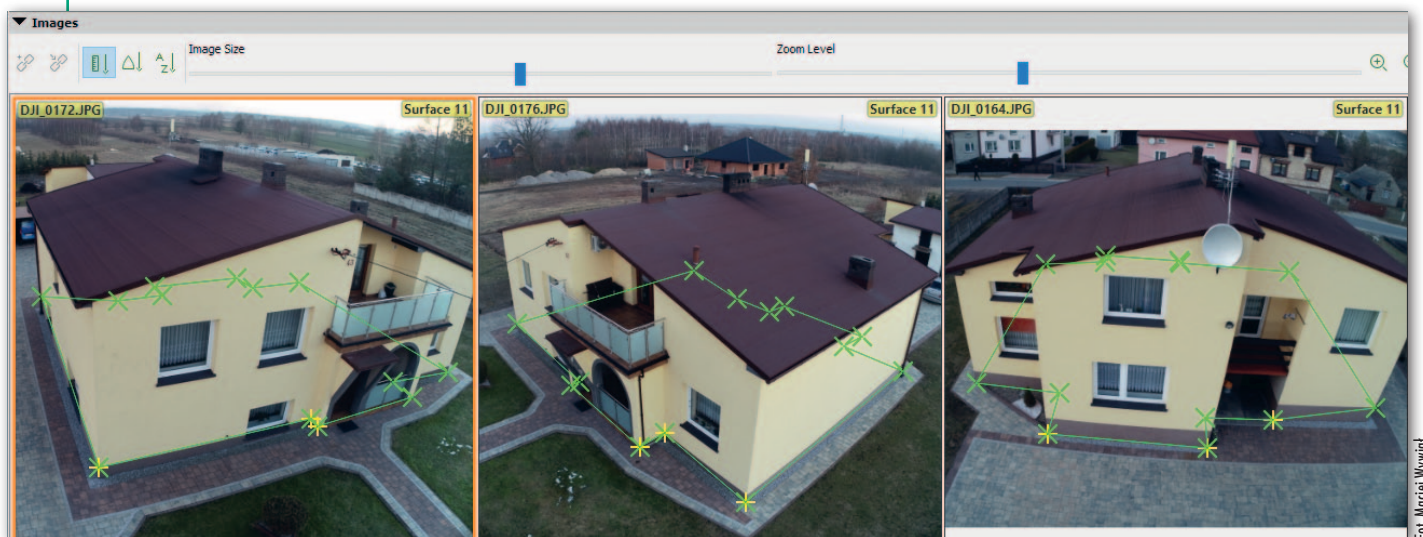
– W ostatnim czasie faktycznie powstało sporo tego typu programów, ale nie robiliśmy ich testów. Od lat cały czas używamy Agisoft, głównie ze względu na możliwość ingerencji w parametry wyrównania (współczynniki wielomianu oraz dodatkowe korekty przy autokalibracji kamery), a także z racji wieczystej licencji, w ramach której otrzymujemy aktualizacje – wyjaśnia z kolei Kamil Kaczorowski, prezes firmy Colidrone z Częstochowy.

Wierna jednej aplikacji jest również firma SkySnap z Warszawy. – Od początku korzystamy z programu Pix4D-mapper – mówi Przemysław Kapeluszy, kierownik ds. geodezji. Jak tłumaczy, program ten został wprowadzony na rynek później niż Metashape, akurat wtedy, gdy w geodezji zaczynała się moda na drony. W rezultacie jego „workflow” jest znacznie lepiej dostosowany do specyfiki bezzałogowców. Obsługa programu jest też bardziej intuicyjna. – Słyszałem opinie, że na początek drogi z fotogrametrią z dronów warto wybrać Pix4D. A jak się już tego nauczysz, możesz się przesiąść na Agisofta. Fundamentalnie się z tą opinią nie zgadzam, ponieważ jest wiele publikacji potwierdzających, że dokładność tych dwóch programów jest bardzo podobna, w zależności od artykułu na korzyść jednego lub drugiego – podkreśla Przemysław Kapeluszy.

Są jednak sytuacje, gdy firma SkySnap sięga po inne programy. – Nasze testy wykazały, że Agisoft sprawdza się lepiej w generowaniu ortobrazów elewacji. Zresztą, początkowo do tego właśnie był stworzony – tłumaczy Przemysław Kapeluszy. Podobnie jak Piotr Falkowski zauważa, że zaletą Metashape’a jest możliwość programowania w Pythonie. Pix4D pozwala na to jedynie w droższej wersji Enterprise.

SkySnap ma ponadto doświadczenie z aplikacją ContextCapture. Choć w publikacjach ma ona nieco gorsze wyniki dokładnościowe, Przemysław Kapeluszy zwraca uwagę na dwie zalety. Pierwszą jest integracja ze środowiskiem oprogramowania Bentley Systems, np. MicroStation czy OpenRoads. – Drugim dużym plusem jest metoda generowania modeli 3D. W mojej opinii program zapewnia najlepsze modele *mesh* na rynku. Jeśli więc komuś zależy na tego typu danych, jest to zdecydowanie dobry wybór – podkreśla.

Firma SkySnap miała także okazję testować jeden z zupełnie nowych pro-



Rys. 5. Pomiar na zdjęciach w aplikacji Pix4D

gramów SfM, który początkowo prezentował się obiecująco. Wyróżniał go czas generowania ortofotomapy, zdecydowanie krótszy niż u konkurencji. Entuzjazm opadł jednak po sprawdzeniu dokładności. – Gdy w Pix4D osiągamy 5 cm, w tym nowym programie uzyskaliśmy 70 cm, co przekreśliło zupełnie jego użyteczność. Producent nie potrafił wytłumaczyć, dlaczego tak się dzieje. A kiedy poprosiliśmy, żeby nasze dane przetworzył u siebie i pokazał, że dokładności są porównywalne z Pix4D, kazał nam zapłacić kilkaset dolarów – relacjonuje Przemysław Kapeluszný. – Morał z tego taki, że powstaje dużo programów, które w teorii robią to samo co Pix4D czy Agisoft, ale diabeł, jak zwykle, tkwi w szczegółach. Doświadczenie zebrane w ciągu kilku lat przez Pix4D i Agisoft jest dziś nie do przeskoczenia dla nowo powstających programów, które testowaliśmy – podsumowuje.

● Okiem dystrybutora

Potwierdzenie tego, że wśród programów SfM brakuje bezapelacyjnego lidera, znajdziemy również w ofercie dystrybutorów sprzętu pomiarowego. Rzadko zdarza się sprzedawca, który ma w port-

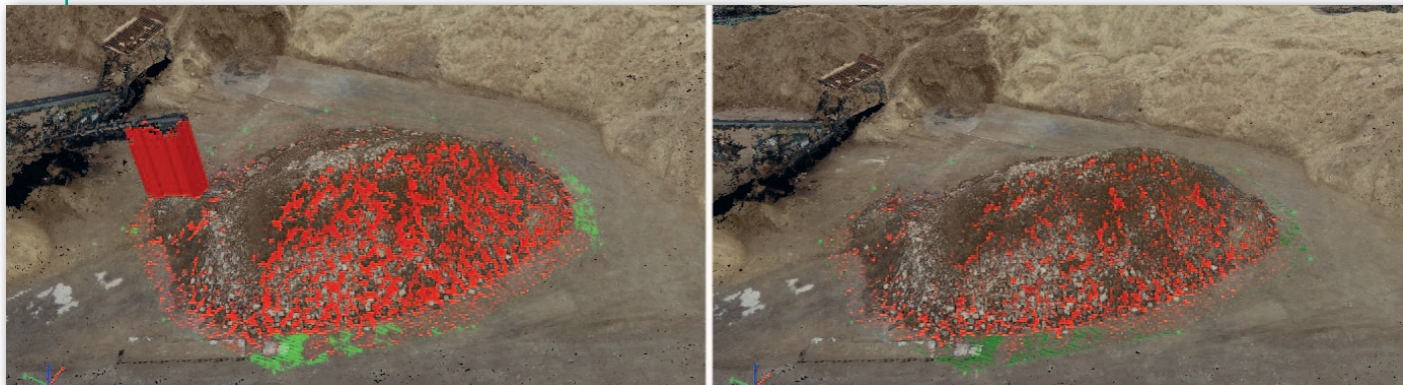
folio tylko jedną tego typu aplikację. Przykładowo firma Navigate z Krakowa oferuje Metashape, Pix4D oraz 3Dsurvey. Która z nich jest polecana geodetom? – Samo to, że mamy w ofercie trzy programy, wskazuje, że nie jesteśmy w stanie jednoznacznie wskazać najlepszego – tłumaczy Maciej Wywiół, specjalista ds. fotogrametrii z BSP w Navigate. – Wychowałem się na programie Agisoftu, natomiast w czasach przesiadłem się na Pix4Dmapper i to on skradł moje serce, choć czasami zdarza mi się do Metashape'a wracać. Moim zdaniem te programy uzupełniają się i plasują *ex aequo* na szczycie podium. Drugie miejsce w moim subiektywnym rankingu zajmuje 3Dsurvey. Jest to najbardziej dynamicznie rozwijające się oprogramowanie i stanowi poważną konkurencję dla dwóch wcześniej wspomnianych – wyjaśnia.

Przechodząc do szczegółów, przyjrzymy się 7 aspektom trzech wymienionych wyżej programów. Głos oddajemy Maciejowi Wywiółowi.

1. Pomiar na zdjęciach. Pix4D jest tu najbardziej intuicyjny. Po wskazaniu konkretnego punktu bądź narysowaniu linii lub poligonu widoczny jest on na

pojedynczych zdjęciach, gdzie możemy precyzyjnie określić np. narożnik budynku lub inny mierzony szczegół terenowy (rys. 5). Funkcja ta świetnie nadaje się zatem np. do modernizacji EGİB. W Agisoft trzeba natomiast wskazywać pojedyncze punkty wiążące i oznaczać je na zdjęciach. W 3Dsurvey w ogóle brak takiej opcji.

2. Obliczanie objętości. Błąd tego pomiaru jest najbardziej zależny od prawidłowego zdefiniowania płaszczyzny odniesienia i przeoczeń elementów nad badanym obiektem. Specjalny moduł „Volumes” w Pix4D pozwala określać płaszczyznę odniesienia w widoku 3D w bardzo wygodny i intuicyjny sposób. Użytkownik ma możliwość ustawienia płaszczyzny na 6 sposobów. Dodatkowo wynik pomiaru jest prezentowany w formie graficznej na modelu, co pozwala wykryć ewentualne błędy (rys. 6). W Agisoftcie musimy na początku narysować poligon, następnie określić, czy obliczenia mają być wykonane do wewnątrz czy do zewnątrz poligonu, a na końcu obliczyć objętość, mając tylko 3 opcje wyboru płaszczyzny. Wizualizacji obliczeń, niestety, nie ma. Wniosek jest taki, że jeżeli geodeci chcą obliczać objętości



Rys. 6. Wizualizację błędu pomiaru objętości w programie 3Dsurvey

w tym samym programie, w którym wykonują postprocessing zdjęć, powinni wybrać Pix4Dmapper.

3. Parametry generowania chmury punktów. Pix4Dmapper daje tu największe możliwości. Możemy wybrać m.in. skalę zdjęcia, która będzie poddana procesowi gęstego *matchingu*, lub minimalną liczbę zdjęć, na których musi być punkt, aby został zapisany do wynikowej chmury. Taka elastyczność pozwala na znalezienie kompromisu między gęstością chmury punktów a szumami, indywidualnie dla każdego projektu.

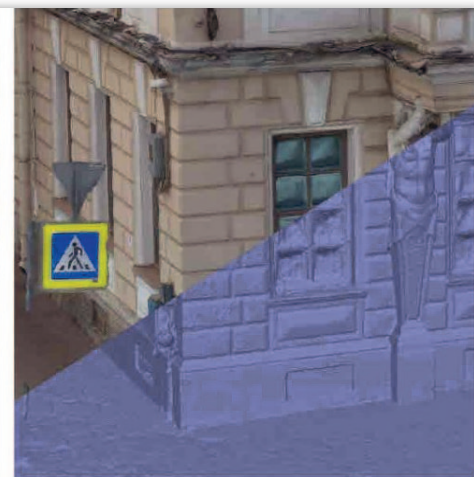
4. Nawigacja po modelu i chmurze punktów. W Pix4D służy do tego tylko mysz (oba przyciski i scroll). W Agisoft mamy „kulę”, którą musimy złapać myszą i obracać w pożądanym kierunku. Dla mnie ten sposób nawigacji nie należy do najwygodniejszych. W 3Dsurvey do sposobów nawigacji nie mam uwag.

5. Model 3D mesh. Co prawda do zastosowań geodezyjnych modeli *mesh* używa się najrzadziej spośród produktów fotogrametrycznych, ale nie byłbym fair wobec fanów Agisoft, gdybym nie pochwalił jakości siatki trójkątów, którą generuje ten program. W Pix4D generowanie *mesha* zajmuje dużo więcej czasu. W Metashape generuje się on błyskawicznie i na dodatek pozostawia konkurencję w tyle pod względem jakości.

6. Eksport ortofotomozaiki. Tu największe możliwości daje Agisoft. Możemy wybrać np. parametry kompresji JPG, zwiększyć rozmiar piksela terenowego lub wyeksportować tylko zdefiniowany przez użytkownika fragment. Tej opcji brakuje pozostałym programom, zatem przycięcie ortofotomapy lub *resampling* do większego piksela musimy robić w zewnętrznym oprogramowaniu, np. QGIS.

7. Wsparcie. W Agisoftcie musiałem do wszystkiego dochodzić samodzielnie metodą prób i błędów. Instrukcja tego programu pozostawia bowiem wiele do życzenia. W Pix4D byłem zaskoczony rewelacyjnie napisaną instrukcją w formie strony internetowej. Każde okno w programie posiada przycisk „help”, po którego kliknięciu otwiera się witryna opisująca szczegółowo konkretne opcje w danym oknie. Nie trzeba więc szukać rozwiązania problemu w prawie 200-stronicowej instrukcji jak w Agisoftcie.

Wśród dodatkowych zalet 3Dsurvey Maciej Wywiół zwraca uwagę na: polskie tłumaczenie, funkcję wykonywania bilansu robót ziemnych (które brakuje u obu konkurentów), możliwość importu danych CAD przydatną w uzupełnianiu numerycznej mapy zasadniczej, narzędzie X-Ray (praktyczne chociażby



Rys. 7. Porównanie możliwości starej i nowej wersji aplikacji Metashape

w pomiarach budynków) czy rysowanie i edycję przekrojów oraz definiowanie linii nieciągłości podczas edycji NMT. Do wad zalicza natomiast relatywnie większe błędy podczas aerotriangulacji na fotopunktach i punktach kontrolnych. Poza tym 3Dsurvey wyraźnie odstaje od konkurencji w aspekcie szybkości przetwarzania i brakuje w nim ręcznego wskazywania punktów wiążących, co czasami przydaje się w fotogrametrii bliskiego zasięgu.

• Testuj i obserwuj

Zdajemy sobie sprawę, że przytoczone tu liczne opinie – czasem wzajemnie sprzeczne – tylko do pewnego stopnia ułatwiają wybór programu do przetwarzania zdjęć z dronów. Są one jednak zgodne co do tego, że w zastosowaniach geodezyjnych nie ma jednej zdecydowanie najlepszej aplikacji. Jeśli chodzi o kluczowe kwestie, różnice między dostępnymi produktami nie są duże. Oczywiście nie znaczy to, że wszystko jedno, co kupimy. Programy SfM wyraźnie różnią się bowiem pod względem intuicyjności obsługi, szybkości pracy, dostępnych narzędzi analitycznych, opcji eksportu i importu czy wreszcie ceny. Wybierając zatem optymalną aplikację, w pierwszej kolejności należy zadać sobie pytanie, do czego ma ona służyć – do prostych, niewielkich prac czy może do dużych i nietypowych projektów. Przed zakupem konkretnego produktu warto przetestować ten wybrany i jeszcze kilka innych. Prawie wszystkie tego typu aplikacje są dostępne w darmowych wersjach testowych. Ponadto niewielkim kosztem można z nimi eksperymentować również w chmurze (GEO-DETA 7/2020). I choć w zdecydowanej większości są to produkty o dużej dojrzałości technologicznej, wciąż bardzo szybko się zmieniają. Producenci systematycznie zwiększają ich wydajność

i podnoszą jakość wynikowych produktów. Warto więc stale śledzić nowości na tym rynku i nie bać się zmian.

Jerzy Królikowski

Literatura

- [1] V. Casella, F. Chiabrando, M. Franzini, A.M. Manzano: Accuracy Assessment of a UAV Block by Different Software Packages, Processing Schemes and Validation Strategies, „International Journal of Geoinformation” 9/2020;
- [2] R.E. Becker, L.J. Galayda, M.M. MacLaughlin: Digital Photogrammetry Software Comparison for Rock Mass Characterization, „American Rock Mechanics Association” 18-2011;
- [3] A. Barbasiewicz, T. Widerski, K. Daliga: The analysis of the accuracy of spatial models using photogrammetric software: Agisoft Photoscan and Pix4D, E3S Web of Conferences 26;
- [4] Y.-Q. Lin, S. Wang: Comparison of computer-vision-based photogrammetric software for reconstructing virtual indigenous tribe, The 40th Asian Conference on Remote Sensing;
- [5] F. Alidoost, H. Arefi: Comparison of UAS-based photogrammetry software for 3D point cloud generation: a survey over a historical site, „ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” vol. IV-4/W4 (2017);
- [6] H.-J. Przybilla, M. Lindstaedt, T. Kersten: Investigations into the quality of image-based point clouds from UAV imagery, „ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” vol. XLII-2/W13 (2019);
- [7] L. Hinge, J. Gundorph, U. Ujang, S. Azri, F. Anton, R.A. Abdul: Comparative analysis of 3D photogrammetry modeling software packages for drones survey, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” vol. XLII-4/W12 (2019);
- [8] R. Niederheiser, M. Mokroś, J. Lange, H. Petschko, G. Prasicek, S.O. Elberink: Deriving 3D point clouds from terrestrial photographs – comparison of different sensors and software, „The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences” vol. XII-B5 (2016);
- [9] B. Kloc, A. Mazur, M. Szumilo: Comparison of Free and Commercial Software in the Processing of Data Obtained from Non-Metric Cameras, „Journal of Ecological Engineering”, 2/2021;
- [10] 50° North: Review: UAV image processing software, <http://www.50northspatial.org/uav-image-processing-software-photogrammetry/>