

Dronem do wypadku



Do sporządzania dokumentacji zdarzenia drogowego policja wykorzystywała do niedawna głównie proste i tanie koła pomiarowe, taśmy miernicze czy dalmierze laserowe, a ostatnio – także tachimetry. Możliwe jednak, że już wkrótce dołączą do nich dające więcej możliwości bezzałogowe statki latające.

Konrad Sosnowicz

Temat UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) jest w ostatnim czasie bardzo popularny. Jedni podchodzą do tej technologii z dystansem i lekką obawą, inni natomiast dostrzegają w niej ogromny potencjał. Nie ma jednak wątpliwości, że popularne drony odpowiedzialne są obecnie za niemałą rewolucję. Problem z ich wdrożeniem zwykle polega na tym, że przeciętna osoba nie wie, jak zacząć korzystać z UAV i jakie produkty może za pomocą bezzałogowców uzyskać. W związku z tym jako student Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej w pracy inżynierskiej postanowiłem przedstawić pozytywne zmiany, jakie może nieść za sobą wykorzystanie dronów oraz fotogrametrii. Za obiekt analiz wybrałem inwentaryzację zdarzenia drogowego.

● Problem do rozwiązania

Po wypadku lub kolizji do zadań policji należy m.in. zabezpieczenie miejsca

zdarzenia oraz sporządzenie odpowiedniej dokumentacji technicznej. Wszelki materiał dowodowy należy pozyskać w jak najkrótszym czasie, aby móc uprzątnąć jezdnię i przywrócić ruch na drodze. Jak to zrobić, nie rezygnując z dokładności, a przy tym zapewnić funkcjonariuszom bezpieczeństwo podczas pracy? Okazuje się, że drony, a wraz z nimi fotogrametria, są w stanie rozwiązać ten problem.

W tym miejscu chciałbym wspomnieć, że wykorzystanie w policji geodezyjnych technik pomiarowych bazujących na UAV nie jest pomysłem nowym. W wielu krajach na świecie wdraża się pilotażowe projekty, które usprawniają pracę funkcjonariuszy. Z tego typu rozwiązań korzystają już np.: Departament Policji w Las Vegas, Włoska Policja we współpracy z firmą Analyst Group, oraz Royal Canadian Mounted Police z Kanady. Drony znalazły też uznanie podczas największego światowego wydarzenia związanego z tematyką rekonstrukcji wypadków – konferencji WEREX 2016.

● Proces pozyskiwania danych

Przygotowane na potrzeby analiz pole testowe obejmowało teren o wymiarach około 40 x 40 m oraz 3 samochody. Osnowę fotogrametryczną tworzyły znaczki pomiarowe naklejone na różne elementy pojazdów oraz kilka punktów naziemnych. Jednym z założeń eksperymentu było maksymalne ograniczenie pomiarów w terenie, dlatego zrezygnowałem z wyznaczenia odbiornikami GPS współrzędnych fotopunktów. W zamian wokół samochodów biorących udział w symulacji rozmieściłem 4 listwy o znanych wymiarach. Posłużyły one jako obiekty skalujące.

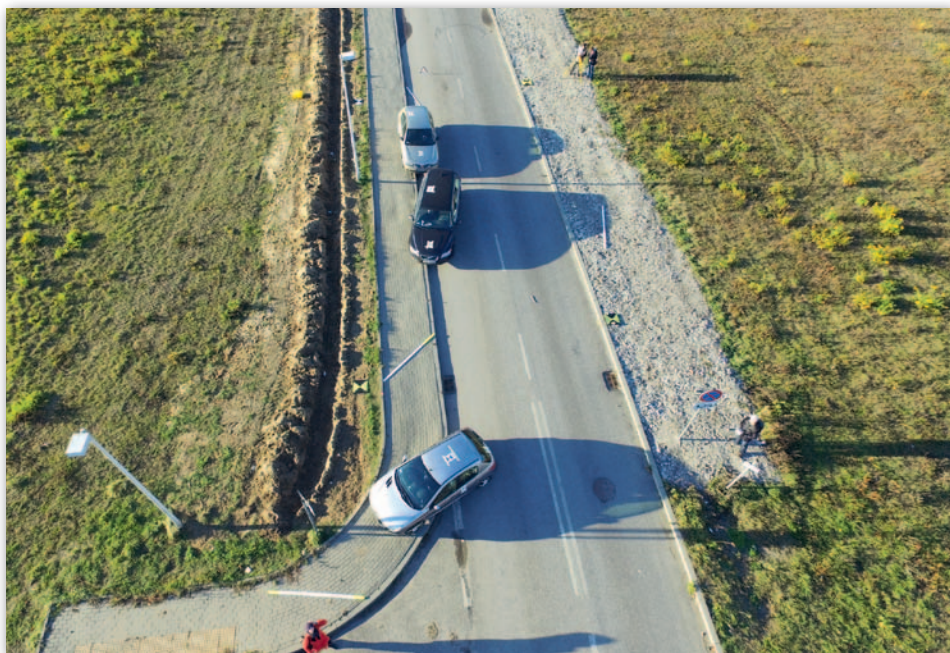
Pozyskanie danych obrazowych składało się z dwóch zasadniczych etapów przeprowadzonych równocześnie: wykonania nalotu dronem oraz obfotografowania sytuacji ręcznym aparatem. W ten sposób pozyskanych zostało 340 zdjęć z pułapu drona oraz 166 z ziemi. W badaniach wykorzystałem wirnikowiec DJI Phantom 3 Professional. Jest to proste w obsłudze, powszechnie dostępne i stosunkowo tanie urządzenie wyposa-

żone w nadajnik odbierający sygnał GPS i GLONASS oraz kamerę pozwalającą na wykonywanie zdjęć w rozdzielczości 12 Mpx. Phantom 3 posiada również wbudowany moduł umożliwiający loty poza zasięgiem wzroku z przesyłaniem obrazu na żywo z odległości do 2 km. Naloty zostały wykonane z wykorzystaniem aplikacji Pix4Dcapture. Do naziemnej części opracowania posłużył aparat fotograficzny Canon EOS 5D Mark II z obiektywem 24 mm. Ponadto przy użyciu skanera impulsowego GeoMax Zoom300 zaskanowałem obszar badań w celu pozyskania materiału referencyjnego.

Eksperyment zakładał przetestowanie różnych wariantów inwentaryzacji miejsca zdarzenia drogowego. Czynnikiem różnicującym był czas potrzebny na wykonanie prac w terenie oraz szczegółowość zebranych informacji. Realizacja najkrótszego wariantu trwała tylko 10 minut, a najdłuższego – 40 minut. Czas trwania misji uzależniony był głównie od podejścia do wykonywania nalogu, m.in. liczby przelotów różniących się między sobą ustawieniem kamery, kierunkiem oraz zwrotem nalogu.

• Uzyskane materiały

Zdjęcia – zarówno te wykonane za pomocą UAV, jak i z ziemi – wykorzystałem do stworzenia w programie Pix4Dmap-



1. Zdjęcie pola testowego wykonane podczas nalogu fotogrametrycznego

per gęstej chmury punktów 3D. Materiały uzyskane we wspomnianych wcześniejszych wariantach to:

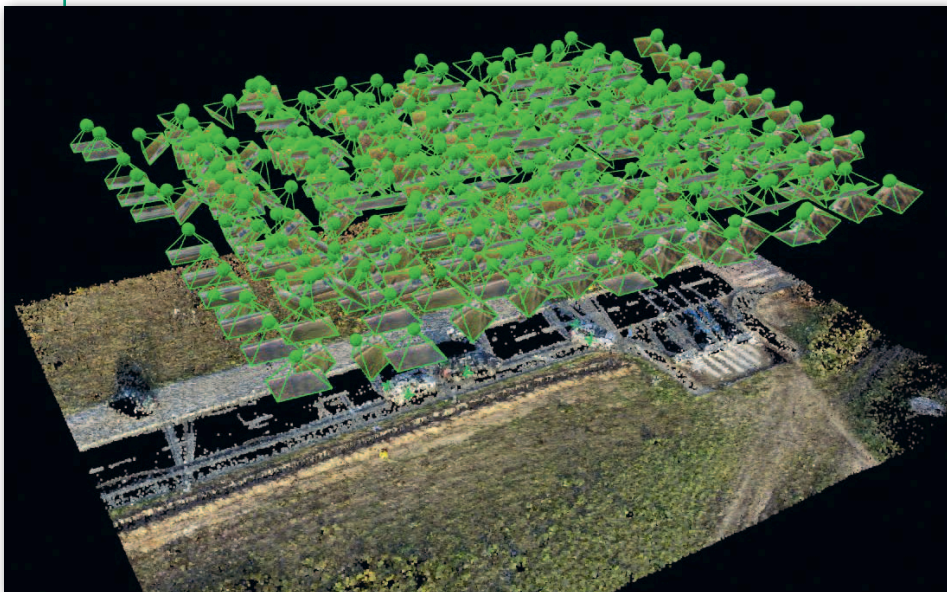
1. Zdjęcia naziemne. Ze względu na usytuowanie aparatu największą szczegółowością odznaczały się powierzchnie pionowe. Słabo odwzorowały się natomiast dachy samochodów oraz sytuacja wokół zdarzenia. Wykonanie zdjęć zajęło mi 15-20 minut.

2. Zdjęcia z nalogu nadirowego. Czas pozyskania zdjęć nadirowych to tylko 10 minut. Jakość wygenerowanej na ich podstawie chmury punktów była stosunkowo niska jak na możliwości opisywanej technologii. Mimo to produkt ten można zdecydowanie określić jako bogatszy w informację w porównaniu z tradycyjnymi metodami pomiarowymi.

Porównanie specyfiki różnych metod dokumentacji zdarzeń drogowych

Podejście fotogrametryczne z wykorzystaniem dronów nie byłoby pierwszą metodą geodezyjną wspomagającą pracę służb policyjnych – m.in. w 2015 roku warszawska policja została wyposażona w tachimetry [więcej o stołecznym wdrożeniu systemu eSurv w GEODECIE 3/2016 – red]. Ponadto coraz popularniejsze stają się metody bazujące na skaningu laserowym, szczególnie w celu dokumentacji wnętrza pomieszczeń. Od dawna stosowana jest również tradycyjna fotogrametria wykorzystująca zdjęcia naziemne wykonane zwykłym aparatem. Technologie te mają swoje plusy, ale nie są pozbawione wad, i na ich tle wykorzystanie dronów wygląda naprawdę obiecująco.

	Fotogrametria z wykorzystaniem danych pozyskanych z drona	Skaning laserowy	Pomiary tachimetryczne (eSurv)	Tradycyjna fotogrametria	Taśma miernicza, koło pomiarowe, ręczne dalmierze laserowe
Obszar, jaki można udokumentować w danej jednostce czasu	Bardzo duży	Duży	Przeciętny	Mały	Mały
Koszt sprzętu i oprogramowania	Przeciętny/Mały	Bardzo duży	Przeciętny	Przeciętny	Bardzo mały
Czas potrzebny na udokumentowanie tego samego obszaru	Krótki	Umiarkowanie krótki	Długi	Długi	Bardzo długi
Szczegółowość i kompleksowość zebranych danych	Bardzo duża	Duża	Przeciętna	Przeciętna	Mała
Obróbka danych	Łatwa	Trudna	Umiarkowanie trudna	Trudna	Łatwa
Obsługa sprzętu i oprogramowania	Umiarkowanie trudna	Trudna	Umiarkowanie trudna	Trudna	Łatwa
Narażenie funkcjonariuszy na niebezpieczeństwo podczas wykonywania pomiarów	Bardzo małe	Umiarkowane	Umiarkowane	Znaczące	Duże
Możliwość wykorzystania danych do dalszej obróbki i produktów pochodnych	Bardzo duża	Duża	Przeciętna	Przeciętna	Mała



2. Rozmieszczenie w przestrzeni zdjęć wykonanych podczas nalołów fotogrametrycznych (wariant 3 i 4) – zrzut ekranu z aplikacji Pix4Dmapper

3. Zdjęcia ukośne z 4 nalołów. W tym wariantcie uzyskałem bardzo równy rozkład gęstości punktów zarówno na powierzchniach poziomych, jak i pionowych. Do 40 minut wydłużył się jednak czas kompletowania danych.

4. Zdjęcia naziemne oraz zdjęcia ukośne z 4 nalołów. Takie podejście pozwoliło na kompleksowe udokumentowanie całego terenu oraz szczegóło-

we odwzorowanie pojazdów. Ze względu na jednoczesne zbieranie danych naziemnych i z niskiego pułapu, czas pozyskiwania również zamknął się w 40 minutach.

Z analizy powyższych wariantów wynika, że najskuteczniejszym podejściem gwarantującym odpowiednie zagęszczenie informacji jest wykorzystanie UAV w parze z fotogrametrią naziemną.



3. Widok sytuacji z różnych perspektyw – chmura punktów z wariantu 4

Nie oznacza to, że pozostałe rozwiązania nie znajdują tu żadnego zastosowania. Przy pewnych założeniach fotogrametria naziemna w postaci przedstawionej w wariantcie 1 może okazać się wystarczająca. Ograniczeniem tego podejścia jest przede wszystkim perspektywa wykonania zdjęć, jak również aspekty związane z bezpieczeństwem. Przy kompleksowych opracowaniach na niekorzyść gra również czas.

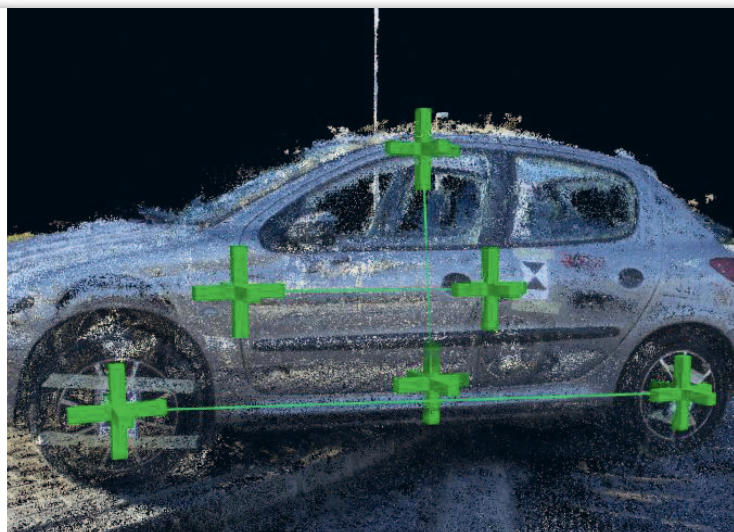
Podejście związane z nalołem nadirowym z wariantu 2 poleciłbym jedynie w sytuacjach charakteryzujących się dużą dynamiką i potrzebą niezwłocznej dokumentacji. Wykorzystanie fotogrametrii niskiego pułapu do zbierania zdjęć ukośnych – jak w wariantcie 3, już przy wykorzystaniu średniej jakości kamery sportowej daje zadowalające efekty. W wielu przypadkach może okazać się to wystarczającym rozwiązaniem. W pozostałych sytuacjach, gdzie wymagana jest większa szczegółowość, konieczne może być uzbrojenie drona w mocniejszy aparat fotograficzny.

● Analiza otrzymanych produktów

Do dalszych analiz wykorzystałem tylko chmurę punktów z wariantu 4, jako najbardziej kompleksową i bogatą w wartość interpretacyjną, i porównałem ją z referencyjnymi danymi ze skaningu laserowego. Prace przeprowadziłem w programie CloudCompare. Należy nadmienić, że skaner wyjątkowo słabo poradził sobie z odwzorowaniem powierzchni błyszczących, takich jak karoseria samochodu. Wiązki lasera „ślizgały się” po nich, nie wracając do instrumentu. Z tego względu w niektórych miejscach (szczególnie, kiedy wiązka lasera padała pod dużym kątem) występują braki w chmurze punktów. Na „dziury” w skanach dachów pojazdów decydujący wpływ miała natomiast niewystarczająca wysokość statywu.

Pierwszym etapem porównania było zlokalizowanie obydwu chmur w jednym, lokalnym układzie współrzędnych. Operację tę przeprowadziłem za pomocą narzędzia wyrównania programu CloudCompare. Zastosowałem transformację 3D przez podobieństwo bez skalowania o 6 stopniach swobody (przemieszczenia względem trzech osi oraz trzy obroty). Transformację wykonałem na podstawie homologicznych punktów.

Po przekształceniach średnia odległość między chmurami wyniosła 1,6 cm z odchyleniem standardowym 2,2 cm. Największe odchyłki występowały w miejscach, gdzie chmura punktów ze skanera miała braki (dachy samochodów, okolice szyb oraz martwe



4. Pomiaru szczegółowe – wymiarowanie dowolnego elementu

poła wokół stanowiska skanera). Tam, gdzie chmura referencyjna była najgęstsza i najbardziej szczegółowa, różnice były równe lub mniejsze od średniej. Na podstawie tych wyników można stwierdzić, że chmura punktów otrzymana w procesie dopasowania zdjęć wykonanych dronem, wzbogaconych o zdjęcia naziemne oraz przede wszystkim przeskalowana jedynie za pomocą łat skalujących, jest wystarczająco precyzyjnym rozwiązaniem. Proces skanowania ma swoje ograniczenia (np. czas pracy zależny od liczby stanowisk wynikających bezpośrednio ze złożoności i roz-

miaru sytuacji, jak również problem martwych pól). Z tego względu wykorzystanie fotogrametrii opierającej się na zdjęciach jest w dziedzinie inwentaryzacji kolizji i wypadków drogowych efektywniejszym rozwiązaniem.

• Analiza wykorzystania w pracy policji

Praca służb policyjnych z użyciem przedstawionego produktu będzie polegać przede wszystkim na pomiarze szczegółów miejsca zdarzenia drogowego. Dlatego kolejnym dobrym testem dokładności powstałej chmury punktów było porównanie konkretnych wymiarów samochodów pomierzonych na chmurze z katalogowymi wymiarami określonymi przez producenta (tab. powyżej). Z analizy otrzymanych wyników można wysnuć wniosek, że powstała chmura punktów pozwala na dokonanie pomiarów charakterystycznych elementów aut z centymetrową dokładnością.

Opracowana trójwymiarowa chmura punktów oraz wszelkie jej pochodne mogą być wykorzystywane jako substytut dotychczasowych sposobów utrwalania zdarzenia drogowego. Cały proces wykonywania zdjęć jest stosunkowo szybki i pozwala w krótkim czasie zarchiwizować badany teren, dzięki czemu jednostki policyjne będą mogły sprawnie przejść do procesu zabezpieczania dowodów rzeczowych. Chmura punktów stanowi doskonały materiał do pomiaru odległości, powierzchni lub objętości. Daje „możliwość powrotu” do badanego

Porównanie wartości pomierzonych z katalogowymi dla samochodu Volvo V70 III Kombi

Wymiar	Katalogowy [cm]	Pomierzony [cm]
Długość	482	481
Szerokość między lusterkami	211	210
Wysokość	155	154
Rozstaw osi	282	281
Rozstaw kół – przód	159	159
Rozstaw kół – tył	159	158

miejsca bez straty ułamka informacji ze względu na upływ czasu.

Powstały model rzeczywistości pozwala dokładnie rozpoznać miejsce zdarzenia, jego strukturę i właściwości. Może służyć jako dokumentacja techniczna do protokołu oględzin, a także być podstawą do weryfikacji szkiców ogólnych, szczegółowych i specjalnych. Co więcej, chmura punktów jest doskonałym podkładem do prac w programach typu CAD. Na uwagę zasługuje również to, że skany są realistycznym odwzorowaniem rzeczywistości i mogą wpłynąć na przyspieszenie procesów sądowych, lepszą partycypację biegłych z różnych dziedzin i świadków, a co za tym idzie – zwiększenie prawdopodobieństwa podjęcia właściwej decyzji w stosunku do sprawcy.

Konrad Sosnowicz

Na podstawie pracy dyplomowej pt. „Wykorzystanie UAV do fotogrametrycznej dokumentacji kolizji i wypadków drogowych” napisanej przez autora w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej WGİK PW pod opieką dr. hab. inż. Zdzisława Kurczyńskiego, we współpracy z mgr inż. Wojciechem Ostrowskim

Perspektywy na przyszłość

Obecnie wraz z firmą SkySnap oraz Zakładem Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Wydziału Geodezji i Kartografii PW realizujemy współfinansowany przez Unię Europejską projekt pn. „Opracowanie nowej usługi i metodyki wykonywania pomiarów stanowiących wsparcie w dokumentacji wypadków drogowych za pomocą fotogrametrycznej inwentaryzacji wypadków przy użyciu bezzałogowych statków powietrznych (BSL)”. Termin realizacji przedsięwzięcia to marzec 2017 r. Po uzyskaniu pozytywnych opinii biegłych i organów policji możliwe stanie się wprowadzenie technologii tworzenia dokumentacji zdarzeń drogowych za pomocą BSL do powszechnego użytku. Ponadto w ramach projektu 27 października br. w Gmachu Głównym Politechniki Warszawskiej odbędzie się seminarium, podczas którego omówione zostaną praktyczne możliwości wykorzystania dronów w ubezpieczeniach oraz inwentaryzacji zniszczeń będących następstwem zdarzeń drogowych. Więcej informacji na stronie <http://dronywubezpieczeniach.pl>

Konrad Sosnowicz