

Wykorzystanie dronów do rekonstrukcji wypadków komunikacyjnych

Piotr Mazur, Jerzy Chojnacki

Przedstawiono metodę wykorzystania dronów do pozyskiwania dokumentacji do rekonstrukcji wypadków komunikacyjnych. Metoda ta pozwala na przyspieszenie prac w terenie i zmniejszenie utrudnień i zagrożeń spowodowanych wstrzymaniem ruchu drogowego na czas prac ekip biegłych na miejscu zdarzenia

Słowa kluczowe: rekonstrukcja wypadków drogowych, fotogrametria, wizualizacja 3D

Wstęp

Ze względów proceduralnych każdy wypadek drogowy powinien zostać zewidencjonowany. Napisanie protokołu oględzin miejsca wypadku drogowego wymaga dokładnego opisu, należy wykonać pomiary, szkice i fotografie śladów i miejsca zdarzenia [1]. Zdjęcia wykonywane są ręcznie, z poziomu widoczności osoby stojącej na ziemi. Zrobienie ich zajmuje dużo czasu, a zbyt mała ich ilość utrudnia dokładne opracowanie fotogrametryczne i bezbłędne zrekonstruowanie wypadku. Przeprowadzenie prac dokumentacyjnych zajmuje również dużo czasu policji. Osoby biorące udział w oględzinach miejsca wypadku drogowego znajdują się pod ogromną presją pracując w obliczu konieczności przeprowadzenia dochodzenia wymagającego zamknięcia trasy przejazdu na kilka godzin, prowadzi to do znacznego dyskomfortu inspektorów oraz jest źródłem potencjalnych błędów. Blokowanie dróg na czas przygotowania pełnej dokumentacji wypadku drogowego powoduje zwiększenie ryzyka kolejnych zdarzeń o 2,8 % (FHWA, Federalny Zarząd Autostrad, USA).

Poza koniecznością sporządzania dokumentacji wypadków drogowych istnieje również procedura wykonywania podobnych jak w przypadku wypadków drogowych, a czasami nawet bardziej zaawansowanych, kryminalistycznych oględzin miejsc zdarzeń i sporządzenia dokumentacji z tych miejsc. Kryminalistyczne oględziny miejsc zdarzeń to czynności taktyczno-techniczne dokonywane w ramach procesu karnego, polegające na systematycznych i szczegółowych spostrzeżeniach, badaniach i analizach wykonanych na danym miejscu. Dokumentacja sporządzona w wyniku ich wykonywania jest dowodem w sprawie [2]. Sporządzenie jej wymaga utrwalenia i zabezpieczenia śladów oraz zebrania odpowiedniego materiału dowodowego na potrzeby postępowania karnego. Dokumentacja jest również bazą do odtworzenia przebiegu zdarzenia w celu wszechstronnego i obiektywnego wyjaśnienia jego okoliczności. Czynności te zmierzają do ustalenia lub wykrycia sprawcy. Sporządzenie dobrej dokumentacji fotograficznej z oględzin

zdarzenia drogowego powinno wiernie odwzorować zastane zdarzenie tak, aby dokumentacja pozwalała przyspieszyć postępowanie. W ramach sporządzania dokumentacji fotograficznej wykonuje się zdjęcia ogólnoorientacyjne oraz sytuacyjne. Zdjęcia ogólnoorientacyjne ukazują ogólny wygląd miejsca zdarzenia z terenami przyległymi tak by pozwalały by można było je zlokalizować w terenie. Zdjęcia sytuacyjne powinny pokazywać miejsca zdarzenia ze śladami i pojazdami uczestniczącymi w wypadku. Zdjęcia powinny zawierać: ślady hamowania, oderwane fragmenty pojazdów, plamy oleju, paliw, krwi. Zdjęcia należy wykonywać tak by przedstawiały usytuowanie śladów względem siebie i pojazdów uczestniczących w zdarzeniu. Uszkodzone pojazdy powinny być sfotografowane z czterech stron oraz, w miarę możliwości, z góry [3].

Zdjęcia zamieszczone w dokumentacji wypadku powinny umożliwiać wykonanie niezbędnych porównań, pomiarów i wyliczeń, tak by można było przeprowadzić odtworzenie w kolejności odwrotnej faz przebiegu wypadku. Pozwolą one na wyznaczenie położenia pojazdów na drodze, kierunków jazdy, wartości ich prędkości w każdej fazie zdarzenia drogowego. Rekonstrukcja zdarzenia drogowego przeprowadzona na podstawie dokumentacji powinna umożliwić ustalenie, kto z uczestników wypadku drogowego jest jego sprawcą oraz czy uczestnicy mogliby uniknąć lub zapobiec temu zdarzeniu [4]. Podczas rekonstrukcji ocenia się: typ zderzenia pojazdów, tor ruchu oraz parametry ruchu pojazdów przed zaistnieniem wypadku, prędkości pojazdów w momencie kolizji, techniki jazdy oraz miejsce zderzenia samochodów [5]

1. Wykorzystanie fotogrametrycznych metod do wspomagania rekonstrukcji wypadków drogowych.

Podstawowymi narzędziami służącymi do sporządzenia dokumentacji są: taśma miernicza, dalmierz laserowy i aparat fotograficzny. Niestety aparat fotograficzny wprowadza błędy wynikające z dystorsji obiektywu fotograficznego i błędów z odczytu z powodu rozdzielczości mapy bitowej zdjęcia wczytanego do pamięci komputera. Aby dokumentacja fotograficzna umożliwiała wykonanie dokładnych pomiarów należy ograniczyć znaczenie tych błędów poprzez: skalibrowanie kamery na podstawie zdjęć wzorców, wyznaczenie poprawek przy użyciu programów komputerowych kompensujących błędy oraz stosowanie kamer z matrycami o bardzo dużej rozdzielczości matrycy.

Poza tradycyjnymi przyrządami pomiarowymi stosuje się zaawansowane technologie przetwarzania obrazów i fotogrametrii, pozwalające na późniejsze dokonanie

pomiarów kluczowych parametrów zdarzenia (odległości, położenie pojazdów) z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania fotogrametrycznego. Metody te wymagają dużego zaangażowania i staranności wykonania poszczególnych etapów, szczególnie przy pozyskiwaniu danych, ze względu na ich złożoność, czaso- i pracochłonność muszą być wykonane tylko w niezbędnym zakresie, który podczas dalszych procedur może okazać się niewystarczającym [1, 6, 7, 8, 9].

Rzeczywistość dostarczyła inspektorom cennych narzędzi, które pozwalają na bardziej precyzyjne dokumentowanie zdarzeń. Korzysta się ze skanerów laserowych czy total Station, lub wszystkich tych rozwiązań razem, po to aby wygenerować chmurę punktów 3D obrazujących miejsce zdarzenia. Działania te wymagają jednak odpowiednio wyszkolonego personelu, który nie zawsze jest dostępny w danym czasie, przygotowania i drogich przyrządów pomiarowych.

2. Drony w przygotowaniu dokumentacji wypadkowej

Drony - bezzałogowe staki latające, do niedawna używane w programach wojskowych do prowadzenia walk stały się już szeroko stosowanym sprzętem do monitorowania katastrof naturalnych, a także mogą służyć jako idealny instrument wspomagający tworzenie dokumentacji zdarzeń i wypadków drogowych oraz kryminalistycznych oględzin miejsc zdarzeń. Dostępność tych niedrogich bezzałogowych pojazdów latających (UAV, RPAS) otwiera nowe możliwości pozyskiwania dokumentacji. Drony umożliwiają nie tylko sporządzenie dokumentacji fotograficznej z poziomu ziemi ale mogą wznieść się na zaplanowaną wcześniej wysokość i przemieszczając się na niej wykonać olbrzymią ilość zdjęć.

Im większe rozmiary sceny wypadku, tym przewaga wykorzystania dronów do wykonywania dokumentacji wypadku nad klasycznymi metodami rośnie. Można zaryzykować stwierdzenie, że praca z UAV przy pozyskiwaniu zdjęć do dokumentacji może zostać skrócona 5-cio krotnie w porównaniu z metodami tradycyjnymi a pomiary – 3 krotnie. Dokumentacja pozyskana za pomocą dronów i opracowana za pomocą specjalistycznego oprogramowania, może być wiarygodnym i rzetelnym dowodem w procesie sądowym [10].

Otrzymany materiał zdjęciowy, pochodzący z kamer dronów, może być wykorzystany w dwójnasób, jako chmura punktów pozwalająca na stworzenie modelu 3D sceny wypadku oraz jako tradycyjne zdjęcia wykonane z wielu punktów. Co więcej model 3D dostarcza danych pomiarowych (odległości, kąty itd.) z dokładnością 1-2 cm. Dzięki wysokiej automatyzacji samego pozyskiwania danych (lot autonomiczny pojazdu UAV, zaprojektowany za pomocą dedykowanego oprogramowania) jak i procesu generowania dokumentacji, pozwala brać udział w pracach mniej wykwalifikowanemu personelowi.

Do prac wykorzystuje się pojazdy bezzałogowe, zarówno wielowirnikowce jak i płatownice. Przewaga płatownic nad wirnikowcami do wykonywania zdjęć dużej powierzchni terenu wynika głównie ze ich stosunkowo krótszego czasu oblotu.

Popularnym pojazdem bezzałogowym, wykonującym autonomiczne loty nad obiektem jest eBEE firmy Sensefly o rozpiętości skrzydeł poniżej jednego metra i maksymalnym czasie lotu 50 minut [11]. Wyposażony w kamerę o rozdzielczości 12 Mpx pozwala pozyskać zdjęcia do dalszej obróbki (chmura punktów, model 3D, dokumentacja fotograficzna). Im wyższa rozdzielczość kamery tym lepszej jakości są otrzymane zdjęcia, jednak pociąga to za sobą zwiększenie masy kamery, a co za tym idzie wykonanie dokumentacji fotograficznej wymaga większych pojazdów.

Dobrze odpowiednio oprogramowanie pozwala uzyskać dodatkowe informacje poprzez automatyczne wygenerowanie modelu 3D zdarzenia oraz chmury punktów pozwalające również dokonywać pomiarów istotnych odległości czy wymiarów. Interesującym pakietem oprogramowania jest oferta firmy AnalystGroup, dostarczająca również kompletne zestawy (dron, oprogramowanie, akcesoria) [12]. Zawsze jest dostępny w danym czasie, przygotowania i drogich przyrządów pomiarowych.

3. Procedury wykonania dokumentacji wypadkowej

Przeprowadzono pomiar symulowanego wypadku samochodowego. Ze względów bezpieczeństwa oraz możliwości technicznych, sceną symulacji był samochód osobowy ustawiony na polnej drodze. Do pozyskania materiału zdjęciowego wykorzystano popularny dron DJI Phantom 4. Materiał fotograficzny z kamery RGB o rozdzielczości 12 mln pikseli przekazywany był w trakcie nalotu do tableta zamontowanego na stacji kontroli lotu, przedstawionej na rys. 1.



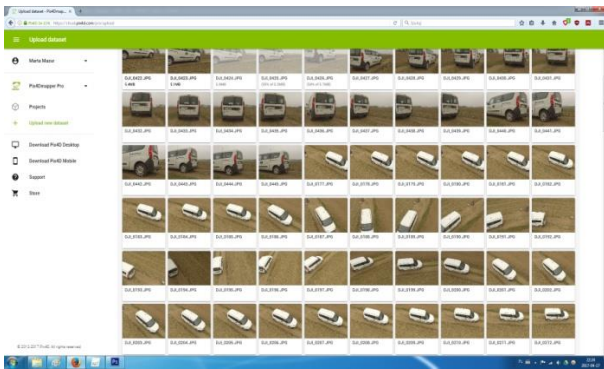
Rys. 1. Stacja kontroli lotu DJI Phantom 4

Pobrano 279 zdjęć RGB. Zdjęcia wykonano w dwóch grupach:

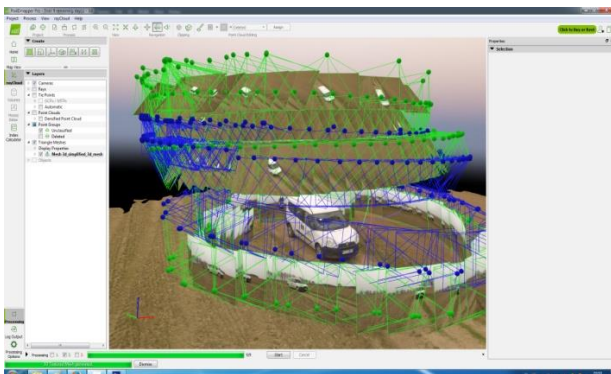
1) zdjęcia NADIR (prostopadle do fotografowanej powierzchni) z wysokości 15 metrów, w siatce 20x20 metrów zapewniając pokrywanie się zdjęć w 80%,

2) zdjęcia z 3 orbit o promieniu około 20 metrów. Orbits miały wysokość 20, 30 i 40 metrów a kąt nachylenia kamery odpowiednio 30, 45 i 60 stopni.

Pozyskane zdjęcia wprowadzono do oprogramowania Pix4D Pro [13]. Później opracowano chmurę punktów a następnie opracowano model 3D. Po dokonaniu korekty chmury punktów uzyskano wysokiej jakości model trójwymiarowy symulowanego miejsca zdarzenia. Przebieg procesu pozyskiwania zdjęć, oraz prace nad wykonaniem obrazu trójwymiarowego przy użyciu aplikacji Pix4d przedstawiono na rysunku 2 i rys 3.



Rys. 2. Widok aplikacji internetowej Pix4D Cloud podczas przesyłania zdjęć



Rys. 3. Aplikacja desktopowa Pix4DPro. Widoczny wygenerowany model 3D obiektu oraz poszczególne zdjęcia pozyskane przez pojazd UAV z 3 orbit na różnych wysokościach

Uzyskany za pomocą programu Pix4D model przestrzenny do rekonstrukcji scen wypadków i przestępstw zapewnia szybkie stworzenie dokumentacji, oszczędza czas i wydatki oraz oferuje bardzo precyzyjne mapy. Wygenerowane wyniki są dostępne na stałe w postaci plików umożliwiając pomiar w dowolnym momencie. Rzeczywiste miejsca są dokładnie odwzorowane w postaci przestrzennych obrazów, w 3D i pozwalają na uzyskanie szczegółowych informacji z dużą dokładnością, do jednego centymetra [10].

Zamieszczone rysunki 4a i 4b przedstawiają ten sam samochód w obrazie 3D, oglądany z różnych kierunków. Przed przystąpieniem do wykonania nalotu dronem, w celu wykonania dokumentacji wizualnej, można oznaczyć teren znakami umożliwiającymi zidentyfikowanie znajdujących się na nim dowodów, elementów pojazdu i śladów charakterystycznych dla śledztwa. W porównaniu do innych instrumentów umożliwiających wykonanie precyzyjnej dokumentacji, takich jak skanery laserowe, koszt wykonania mapowania za pomocą dronów jest znacznie niższy.

Drony zapakowane do samochodu można przewozić wszędzie. Są gotowe do lotu po kilku minutach montażu. Takie małe systemy są również łatwiejsze w obsłudze i konserwacji, oszczędzając wydatki i czas spędzony na szkoleniu pracowników. Czas wyłączenia z ruchu odcinków dróg, na których doszło do poważnych zdarzeń drogowych zostaje w ten sposób skrócony kilkakrotnie.



Rys. 4a. Wygenerowany model 3D obiektu



Rys. 4b. Wygenerowany model 3D obiektu

Ważne jest również to, że wykorzystanie tej metody wzrasta gdy w wypadkach bierze udział wiele pojazdów, lub gdy wydarzenia związane z dokonaniem przestępstwa miały miejsce na dużym obszarze. Użycie opisanej metody, umożliwiającej wierne odtworzenie miejsca wypadku drogowego na podstawie zdjęć wykonanych z bezałogowego statku powietrznego przyspiesza wykonanie dokumentacji. Pozwala w ten sposób na zarejestrowanie śladów, które mogłyby ulec przypadkowemu zniszczeniu spowodowanego przez zjawiska pogodowe a także przez osoby wykonujące obmiar.

Wnioski

Przedstawiona metoda pozwala na efektywne i skuteczne zgromadzenie dokumentacji zdarzenia drogowego już po krótkim szkoleniu z obsługi pojazdów bezałogowych i oprogramowania. Pozwala w szybki sposób wrócić do pełnowartościowego modelu zdarzenia i w razie konieczności uzupełnić brakujące dane w toku postępowania wyjaśniającego.

Bibliografia

1. Opis i rekonstrukcja wypadków drogowych. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny

- Zakład Inżynierii Eksploatacji Pojazdów Politechnika Warszawska, 2006.
2. Włodarska A. Kryminalistyczne oględziny miejsca zdarzenia na przykładzie wypadku drogowego. Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, 2016, 20 (3), s. 121-132.
 3. <http://pokrzywdzonyprzestepstwem.info/dokumentacja-fotograficzna-miejsca-wypadku-drogowego/>.
 4. Szada-Borzyszkowski W., Szada-Borzyszkowska M. Rekonstrukcja zderzenia pojazdów na różnych nawierzchniach drogi. Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. 2015, 6, s. 217-223.
 5. Szada-Borzyszkowski W., Szada-Borzyszkowska M. Wpływ prędkości pojazdów na wielkość uszkodzeń podczas zderzenia. Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. 2015, 6, s. 224-227.
 6. J. Bernasik, Wykłady z fotogrametrii i teledetekcji. Kraków, 2008.
 7. Możliwości współczesnej fotogrametrii w aspekcie rekonstrukcji wypadków drogowych, Problemy Kryminalistyki, nr 253/06, s. 54–59, 1995.
 8. Gravesen G., Setting the Scene – Using Drones for Traffic Accident Reconstruction and Analysis. [Online]. Dostępne na: <http://waypoint.sensefly.com/setting-the-scene-using-drones-for-crash-reconstruction-and-analysis/> [Udostępniono: 10-kwi-2017].
 9. D. Sobczyk, Praca Dyplomowa Fotogrametryczne metody w rekonstrukcji wypadków drogowych. Kraków: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, 2010.
 10. <https://pix4d.com/accident-and-crime-scene-investigation/> [Udostępniono: 10-kwi-2017].
 11. [B. Berner i J. Chojnacki, Wykorzystanie Dronów w Rolnictwie Precyzyjnym, Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, t. 6, ss. 19–21, 2016.
 12. AnalistGroup, The solution for vehicle accident reconstruction and safety, 2017. [Online]. Dostępne na: <https://www.analistgroup.com/en/new-solutions-with-drones/solution-for-traffic-accident-reconstruction>. [Udostępniono: 10-kwi-2017].
 13. <https://pix4d.com/> [Udostępniono: 17-kwi-2017].

mgr inż. Piotr Mazur – Politechnika Koszalińska, Katedra Automatyki Mechaniki i Konstrukcji, ul. Raclawicka 15 - 17, 75-620 Koszalin

dr hab. inż. Jerzy Chojnacki – Politechnika Koszalińska Katedra Automatyki Mechaniki i Konstrukcji, ul. Raclawicka 15 - 17, 75-620 Koszalin

Using drones for traffic accident reconstruction

The method of using drones to obtain documentation for the traffic accidents reconstruction has been presented. This method allows for quick work of experts at the place of accident and reduces the dangers caused by the traffic stopping.

Key words: road accident reconstruction, photogrammetry, 3D visualization

Autorzy: