

POZYSKIWANIE DANYCH PRZESTRZENNYCH DO REJESTRACJI WYDARZENIA O CHARAKTERZE MASOWYM Z WYKORZYSTANIEM BEZZAŁOGOWEGO STATKU POWIETRZNEGO

MACIEJ SMACZYŃSKI

Zakład Kartografii i Geomatyki, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

Abstract: At present, Unmanned Aerial Vehicles show the world from a new perspective, formerly hardly accessible. The author made an attempt at examining the potential and the effectiveness of the innovative UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technology for the purpose of taking a series of photographs during a mass event treated as a dynamic phenomenon. The aim of the study was to systematize the process of obtaining spatial data on mass events and to suggest the use of the appropriate research methods.

Keywords: UAV, BSP, GNSS, data acquisition, geomatics, mass events

WPROWADZENIE

W ostatnich latach jesteśmy świadkami ogromnych zmian zachodzących w dziedzinie fotogrametrii, a ściślej rzecz ujmując z metodami ich pozyskiwania i opracowaniem. Ma to związek przede wszystkim z prężnie rozwijającą się technologią bezzałogowych statków powietrznych (*Unmanned Aerial Vehicle*). Jako stosunkowo nowy produkt na rynku technologicznym, na którym aktualnie panuje duży popyt na platformy bezzałogowe, bez większych problemów znalazł on już swoją rzeszę zwolenników. Wśród nich są przede wszystkim amatorzy szukający gadżetu, jednakże coraz większą grupę użytkowników stanowią profesjonaliści, którzy bezzałogowce wykorzystują do celów praktycznych.

Jeszcze do niedawna w fotogrametrii dominowały tradycyjne analogowe, a z czasem analogowo-analityczne metody opracowania zobrażeń lotniczych. Obecnie preferowana przez wykonawców, ale też przez zleceniodawców i użytkowników jest metoda cyfrowa. Należy nadmienić, iż w Polsce nie jest ona jedynie chętniej wykorzystywana, ale też wymagana przepisami prawa (Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji..., 2011). Aktualnie bezzałogowe statki powietrzne pozwalają ujrzeć świat z nowej, dotąd trudno osiągalnej perspektywy. Jak podaje Kunz (2013), bezzałogowce dają możliwość

pozyskania informacji geograficznej, która posłużyć może do przeprowadzenia wielowymiarowych badań naukowych. Bezzałogowe statki powietrzne, wyposażone w lekkie aparaty fotograficzne czy w różnego typu kamery zdolne są do pozyskiwania zobrażeń powierzchni Ziemi, na podstawie których możliwe jest wygenerowanie wielkoskalowych modeli 3D lub wykonanie pomiarów terenowych.

CEL BADAŃ

Głównym celem niniejszego artykułu jest próba usystematyzowania procesu pozyskiwania danych przestrzennych na przykładzie rejestracji wydarzenia o charakterze masowym z wykorzystaniem bezzałogowego statku powietrznego (BSP). Podstawowym problemem podczas wykonywania zobrażeń fotogrametrycznych danego zjawiska lub obszaru z niskiego pułapu staje się dobranie odpowiedniej metody postępowania badawczego. Aktualnie nie istnieje żaden wypracowany algorytm postępowania dotyczący pozyskiwania danych z otoczenia z wykorzystaniem bezzałogowców. Zamiarem autora jest zaproponowanie kompilacji metod badawczych pozwalających na zaprojektowanie nalotu, efektywne pozyskanie danych przestrzennych, harmonizację danych fotogrametrycznych, analizę przestrzenną oraz ich wizualizację.

ANALIZOWANE WYDARZENIE I OBSZAR BADAŃ

Wybór obszaru badań uzależniony został od miejsca organizacji rejestrowanej imprezy masowej. W dniu 23 kwietnia 2015 r. na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu zorganizowano „Dzień geografa”, z okazji którego przeprowadzono serię wykładów, zajęć i warsztatów okolicznościowych. Uwieńczeniem uroczystych obchodów był odbywający się późnym popołudniem na wolnym powietrzu „Piknik geograficzny”. Miał on miejsce po południowej stronie bezpośrednio przylegającej do budynku Collegium Geographicum.



Ryc. 1. Oszacowanie powierzchni obszaru badań na podstawie kartometrycznego podkładu

Źródło: <opracowanie własne na podstawie <www.geoportal.gov.pl>.

Fig. 1. Estimation of the surface area of study based on the cartometric background

Source: <www.geoportal.gov.pl>.

W toku przygotowywania projektu misji znaczącą rolę odgrywają kartometryczne materiały pobrane przez użytkownika z dowolnego serwisu mapowego, na podstawie których możliwe jest zdefiniowanie strefy nalotu oraz określenie jego powierzchni (Kędziński, Fryśkowska, Wierzbicki 2014). Na podstawie kartometrycznego podkładu pobranego z portalu mapowego <www.geoportal.gov.pl> ustalono, że przybliżona powierzchnia obserwowanego obszaru wynosi 1,1 ha (ryc. 1).

METODY BADAŃ W ASPEKCIE TECHNOLOGII UAV

Wybór metod badawczych zdeterminowany jest rozkładem toku postępowania na poszczególne cele cząstkowe. W niniejszym artykule na poszczególnych etapach procesu badawczego wyodrębniono m.in.:

- logistyczne zaplanowanie nalotu,
- założenie osnowy pomiarowej (GNSS),
- nalot – pozyskanie danych,
- transformację wyselekcjonowanych zdjęć (georeferencja),
- analizę przestrzenną,
- wizualizację,
- wnioski powstałe w wyniku badań.

GEOMATYCZNA METODA BADAŃ

Złożoność niniejszego procesu badawczego na kilka etapów zdeterminowała wyodrębnienie przewodniego toku badawczego. Za odpowiednią metodę, traktującą kompleksowo postawiony przez autora problem, uznano geomatyczną metodę badań. Nawiązując do geomatyki, geomatyczna metoda wspomagania badań stanowi techniczną płaszczyznę klasycznej kartograficznej metody badań (Kozieł 1997). Oznacza to, że każda procedura charakterystyczna dla kartograficznej metody badawczej, tj. praca z mapami czy planami, może zostać zautomatyzowana w środowisku komputerowym. Jak wymienia Kozieł (1997), do tego procesu możemy zaliczyć również takie czynności, jak pomiary, analiza wizualna, graficzna, matematyczno-statystyczna, przetwarzanie map oraz łączenie ich w celu uzyskania bardziej złożonych i rozbudowanych kompozycji. Metoda geomatyczna traktuje kompleksowo rozpatrywany problem badawczy. Znaczy to tyle, że jest ona wykorzystywana na każdym jego etapie, a mianowicie od pozyskania danych przez ich przetworzenie aż po wizualizację. Jednym z ważniejszych przykładów zastosowania tej metody podczas rejestracji wydarzenia o charakterze masowym z wykorzystaniem technologii UAV jest jej użyteczność do założenia na analizowanym obsza-

rze punktów osnowy fotogrametrycznej (*Ground Control Point*). Czynnością konieczną przed przystąpieniem do nalotu jest prawidłowe zaprojektowanie i założenie osnowy fotogrametrycznej (Kędzierski, Fryškowska, Wierzbicki 2014).

Należy dodać, iż w tym procesie bezpośrednio wykorzystana może być technologia Globalnego Satelitarnego Systemu Nawigacyjnego (*Global Navigation Satellite System*). Wyróżniamy trzy zasadnicze części systemu, zwane dalej segmentami (Czarnecki 2014). Pierwszym z nich jest segment kosmiczny składający się z 24 satelitów umieszczonych na sześciu niemalże kołowych satelitach, które pochylone są pod kątem 55° względem równika. Niniejsze satelity poruszają się na wysokości około 20 000 km, okrążając Ziemię w czasie 12 godz., zatem ponad horyzontem znajdują się w przybliżeniu 5 godz. Tym sposobem zapewniona jest stała obserwacja czterech satelitów w każdym punkcie na kuli ziemskiej.

Drugim niezwykle istotnym segmentem systemu GPS jest naziemny segment kontroli. Ma on za zadanie m.in. śledzenie satelitów, prowadzenie kontroli czasu, obliczeń wielkości poprawkowych, a następnie przekazywanie ich do pamięci satelitów. Opisany segment kosmiczny i kontroli stanowi dynamiczną sieć geodezyjną, będącą jednocześnie aktywną siecią geodezyjną informującą otoczenie o swoich parametrach (Czarnecki 2014). Oznacza to tyle, że pomiędzy naziemnymi stacjami referencyjnymi stanowiącymi element segmentu kontroli a satelitami wyniesionymi na orbity zachodzi „sprzężenie zwrotne”. Satelity znajdujące się w polu grawitacyjnym przekazują stacji naziemnej informację o swoim położeniu, która dokonuje obliczeń pozycji satelitów, uwzględniając model grawitacyjny i ruchy Ziemi (tj. czas, ruch biegun, ruchy płyt tektonicznych), a następnie przesyłają wyniki obliczeń z powrotem do satelitów.

Ostatnią, trzecią częścią systemu GNSS jest segment użytkowników składający się z grupy odbiorców posługujących się różnymi odbiornikami (aparaturą pomiarową), mający na celu natychmiastowo ustalić swoją pozycję. W 2008 r. uruchomiona została Polska aktywna sieć geodezyjna ASG-EUPOS (Czarnecki 2014). System ten składa się z rozmieszczonych równomiernie na terenie całego kraju 98 stacji referencyjnych odbierających sygnał z satelitów GNSS (ryc. 2). Krajowe centrum zarządzania mieści się w Warszawie i Katowicach. Zadaniem systemu ASG-EUPOS jest umożliwienie użytkownikowi wyposażonemu w jeden profesjonalny odbiornik GNSS wyznaczenie pozycji w dowolnym miejscu Polski z dokładnością od 0,02 m (odbiornik RTK) (Czarnecki 2014). Głównym celem uruchomienia Polskiego systemu ASG-EUPOS jest udostępnianie w trybie on-line poprawek wykorzystywanych podczas pomiaru przez odbiorniki GNSS oraz stworzenie stabilnego, jednolitego w skali kraju geodezyjnego układu odniesień przestrzennych (Bosy i in. 2008). W celu rejestracji imprezy masowej z wykorzystaniem technologii UAV osiągnięcie wspomnianej dokładności

Fotogrametryczna metoda badań ma na celu przede wszystkim takie zaprojektowanie i przygotowanie nalotu, aby możliwe było uzyskanie jak najlepszych jakościowo zobrażeń fotogrametrycznych. W rozpatrywanym przypadku rejestracji imprezy masowej mającej miejsce na określonym obszarze bardzo ważne jest zdefiniowanie jego granic (ryc. 3) oraz obliczenie przybliżonej powierzchni, np. na podstawie wcześniej przytoczonego serwisu mapowego.



Legenda

— granica obszaru badań

Ryc. 3. Wydzielony obszar badań na zdjęciu

Fig. 3. A separate field of study in the image

Jest to niezbędne do określenia prawidłowego pułapu lotu bezzałogowca, z którego będzie on zdolny objąć cały pożądaný obszar na jednym zobrażeniu lub więcej niż jednym podczas nalotu fotogrametrycznego. Ponadto swym zasięgiem muszą one obejmować interesujący nas obszar lub zjawisko. Należy również nadmienić, iż w niniejszym artykule rozpatrywana jest rejestracja imprezy masowej. Fakt ten jest bardzo ważny z punktu widzenia przebiegu tego typu wydarzeń, bowiem charakteryzują się one wysokim stopniem dynamiki w krótkim czasie. Na etapie projektowania nalotu czynnik ten jest bardzo ważny, aby określić odpowiednie interwały czasowe między nalotami. Metodyczne zaplanowanie nalotu ma na celu głównie zapewnienie bezpieczeństwa zarówno otoczenia, jak i wykorzystywanego sprzętu, a także zagwarantowanie kompletności i poprawności nalotu (Kędziński, Fryśkowska, Wierzbicki 2014). Projekt planowanego nalotu uzależniony jest przede wszystkim od wykorzystywanego bezzałogowego statku latającego oraz jego charakterystyki lotu. Do poprawnego zaprojektowania nalotu należy zdefiniować podstawowe parametry nalotu oraz pozyskanych zobrażeń (Kędziński, Fryśkowska, Wierzbicki 2014), tj.:

- wysokość nalotu oraz bezpośrednio związany z nim terenowy rozmiar pikse-la GSD (*Ground Sampling Distance*),
- podłużne pokrycie zdjęć,
- poprzeczne pokrycie zdjęć,
- miejsce startu i lądowania.

Najczęściej sporządzenie planu wykonania nalotu odbywa się dwuetapowo. Poprzedzający część terenową etap kameralny ma na celu logistyczne zaplanowanie nalotu. Należy do niego m.in. praca z kartometrycznym planem interesującego nas obszaru, pobranym z serwisu mapowego. Na jego podstawie możliwe jest zdefiniowanie strefy nalotu, a tym samym pożądaný obszar pokrycia zdjęciami. Uwzględniając kierunek wiatru, możliwe jest wstępne określenie miejsca startu i lądowania platformy bezzałogowej. Należy podkreślić, iż jest to element bezpośrednio wpływający na bezpieczeństwo sprzętu, a przede wszystkim otoczenia. Szeroko rozumiane pojęcie bezpieczeństwa należy zawsze przedkładać ponad wszelkie cele.

Jak pisze Kurczyński (2014), w celu wykonania pomiarów na podstawie zdjęć lotniczych pochodzących z nalotu należy je w pierwszej kolejności dowiązać geometrycznie w procesie aerotriangulacji do punktów osnowy fotogrametrycznej. Pod pojęciem osnowy fotogrametrycznej rozumie się zbiór punktów zdefiniowanych w danym układzie współrzędnych, zidentyfikowanych zarówno w terenie, jak i na zdjęciu. Wyróżniamy dwa rodzaje punktów: sygnalizowane – których sygnalizację wykonuje się bezpośrednio przed nalotem oraz niesygnalizowane – stanowiące zbiór jednoznacznie rozpoznawalnych szczegółów sytuacyjnych, tzw. fotopunkty naturalne (Kędzierski, Fryškowska, Wierzbicki 2014). Znaki sygnalizacyjne używane są najczęściej do wykonywania zobra-zowań wielkoskalowych (skala $\geq 1:2000$), natomiast w przypadku zobra-zowań w mniejszej skali najpowszechniej używane są fotopunkty naturalne (Kurczyński 2014). W określonych sytuacjach sygnalizacji podlegają również szczegóły terenowe, takie jak studzienki kanalizacyjne, hydranty, początki i końce rozjazdów kolejowych, punkty graniczne oraz inne wybrane elementy podziemnych i miejskich urządzeń inżynierskich.

Przed przystąpieniem do nalotu konieczne jest poprawne zaprojektowanie i założenie punktów osnowy fotogrametrycznej. W zobra-zowaniach pochodzących z niskiego pułapu niejednokrotnie rozdzielczość jest wyższa niż dokładność wyznaczenia współrzędnych fotopunktu, stąd ważna jest zależność między dokładnością wyznaczenia współrzędnych fotopunktów a rozdzielczością przestrzenną zdjęć pozyskanych z nalotu. Dokładnością punktu osnowy fotogrametrycznej są (Kędzierski, Fryškowska, Wierzbicki 2014):

- dokładność identyfikacji punktu w terenie,
- dokładność wyznaczenia jego współrzędnych terenowych – determinowana przez technologię GNSS,
- dokładność jego identyfikacji na obrazie.

KARTOGRAFICZNA METODA BADAŃ

Według definicji Medyńskiej-Gulij (2015), kartografia na podstawie map i innych sposobów reprezentacji kartograficznej, takich jak: globusy, panoramy, blokdiagramy, animacje kartograficzne oraz wirtualna rzeczywistość, pozwala na opracowanie informacji przestrzennej w sposób graficzny, komunikacyjny, wizualno-myślowy i technologiczny. Potrzeba przedstawienia i analizy rozpatrywanej imprezy masowej za pomocą mapy wymusiła zastosowanie kartograficznej metody badawczej (Saliszczew 2003). Niezwykle ważnym aspektem jest prawidłowe przekazanie pozyskanej z otoczenia informacji. Projektowanie mapy tematycznej winno być poprzedzone wnikliwą analizą informacji dotyczących zjawisk będących treścią mapy (Żyszkowska, Spallek, Borowicz 2012). W niniejszym badaniu obserwowana jest impreza masowa. Jest to zjawisko o charakterze dynamicznym o stosunkowo krótkim czasie (kilka godzin). Wybór odpowiedniej metody mapowania warunkuje prawidłową interpretację wizualizowanego zjawiska przez użytkownika. Metody mapowania stanowią standaryzowane sposoby prezentacji informacji za pomocą zmiennych graficznych (Kraak, Ormeling 1998). Z punktu widzenia niniejszego badania i określonego problemu najważniejszym kryterium prezentacji, na który wskazywali Ratajski i Winid (1963), będzie typ geometryczny zastosowanego elementu graficznego. Kryterium to wyróżnia metody punktowe, liniowe i powierzchniowe. Należy podkreślić, że zastosowanie w procesie badawczym zaawansowanej technologii zarówno pomiarowej, jak i analitycznej wskazuje na wysoki stopień powiązania między kartograficzną a geomatyczną metodą wspomagania procesu badawczego (Kozieł 1997). Technologię GIS (*Geographic Information System*) w procesie kartograficznym należy rozpatrywać jako narzędzie pozwalające na wykonanie wizualizacji (Medyńska-Gulij 2015). Wynikiem połączenia wspomnianej technologii oraz wykorzystania do prezentacji i analizy danych przestrzennych metod kartograficznych jest wizualizacja kartograficzna (Żyszkowska 2000).

WNIOSKI

Głównym celem niniejszych badań była próba usystematyzowania procesu pozyskiwania danych przestrzennych z wykorzystaniem bezzałogowego statku powietrznego. W rozpatrywanym przykładzie położono nacisk na aplikacyjne zastosowanie innowacyjnej technologii UAV jako narzędzia do rejestracji imprez masowych – wydarzeń o charakterze wysoce dynamicznym. Ważnym aspektem było określenie, iż wszystkie poszczególne cele cząstkowe składają się na cały proces badawczy. Pozwoliło to na wyodrębnienie i przyjęcie metody geomatycznej jako przewodniej, traktującej kompleksowo rozpatrywany problem. Znaczy to, że była ona stosowana na każdym etapie działań i wspomagała

każdą czynność w procesie badawczym. Ponadto stwierdzono, że właściwą drogą prowadzącą do prawidłowego pozyskania zobrazowań fotogrametrycznych będzie zastosowanie metody fotogrametrycznej. Jej teoretyczne założenia wykorzystano do pozyskania danych z niskiego pułapu. Na potrzeby badania założono klasyczną osnowę fotogrametryczną z wykorzystaniem techniki GNSS RTK. W celu poprawnej i zrozumiałej dla użytkownika prezentacji badanego wydarzenia za prawidłowo uznano metodę kartograficzną wspartą sferą techniczną, którą stanowiła metoda geomatyczna (Kozieł 1997).

Podsumowując, w badaniu zintegrowano teoretyczne podwaliny trzech klasycznych metod badawczych, tj. geomatycznej, fotogrametrycznej oraz kartograficznej w celu pozyskania danych przestrzennych dotyczących wydarzenia masowego. Kompilacja tych trzech metod i skorelowanie ich z technologią UAV pozwoliła na sprawne pozyskanie danych przestrzennych oraz ich integrację. Zdecydowanie ułatwia wszechstronne możliwości finalnej wizualizacji i archiwizacji danych dotyczących rejestracji eventów na wolnym powietrzu.

LITERATURA

- Bosy J., Graszka W., Leończyk M., 2008: *Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS jako element składowy państwowego systemu odniesień przestrzennych*, Przegląd Geodezyjny, 12, strony??.
- Czarnecki K., 2014: *Geodezja współczesna*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kędzierski M., Fryškowska A., Wierzbicki D., 2014: *Opracowania fotogrametryczne z niskiego pułapu*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa.
- Kozieł Z., 1997: *Concerning the need for development of the geomatic research method*, Geodezja i Kartografia, 663, 217–224.
- Kraak M.-J., Ormeling F., 1998: *Kartografia. Wizualizacja danych przestrzennych*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kunz M., 2013: *Nowoczesne metody i narzędzia telegeoinformatyczne służące pozyskiwaniu informacji geograficznej*, [w:] M. Kunz, A. Nienartowicz (red.), *Systemy informacji geograficznej w zarządzaniu obszarami chronionymi – od teorii do praktyki*, Wyd. FUH DANIEL, Toruń, 85–96.
- Kurczyński Z., 2015: *Fotogrametria*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Medyńska-Gulij B., 2015: *Kartografia. Zasady i zastosowania geowizualizacji*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Ratajski L., Winid B., 1963: *Kartografia ekonomiczna*, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 listopada 2011 r. w sprawie baz danych dotyczących zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu zawarte (Dz.U. z 2011 Nr 263, poz. 1571).
- Saliszew K.A., 2003: *Kartografia ogólna*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Żyszkowska W., 2000: *Semiotyczne aspekty wizualizacji kartograficznej*, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Żyszkowska W., Spallek W., Borowicz D., 2012: *Kartografia tematyczna*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.