

Bogdan Jankowicz

ZASTODOWANIE NISKOPUŁAPOWYCH LOTÓW BEZZAŁOGOWYCH DLA FOTOGRAMETRYCZNEGO POZYSKIWANIA INFORMACJI O TERENACH WIEJSKICH

***Streszczenie.** Publikacja przedstawia analizę lokalnych, dokonywanych na małej wysokości lotów fotogrametrycznych przy zastosowaniu bezzałogowych środków transportu powietrznego (platform lotniczych), celem otrzymania obrazów terenu dla potrzeb pozyskiwania informacji o obszarach wiejskich, w tym m. in. monitoringu rozwoju obszarów rolniczych.*

Spośród bezzałogowych środków zdolających przenosić aparaturę fotogrametryczną (kamerę z ewentualnym oprzyrządowaniem) wyróżniają się: balon, latawiec oraz grupa zdalnie sterowanych elektronicznie, miniaturowych maszyn latających wśród których największą rolę mogą odegrać: samoloty, śmigłowce, motolotnie i sterowce.

1. Wprowadzenie.

Obok powszechnie znanego problemu związanego z obniżeniem kosztów realizacji lotów fotogrametrycznych dla opracowania nowych lub aktualizacji już istniejących map – warto zwrócić uwagę na jeszcze jedno zagadnienie.

Dotyczy ono możliwości zastąpienia w uzasadnionych przypadkach bezpośrednich, geodezyjnych pomiarów terenowych metodami fotogrametrycznymi, a konkretnie – pozyskiwaniem obrazów terenu w skalach o mianownikach 5000, 2000, 1000, a nawet 500 z bezzałogowych, miniaturowych środków transportu powietrznego (w literaturze anglojęzycznej zwanych Micro Crewless Air Vehicle) wyposażonych docelowo w niewielkie kamery cyfrowe o rozdzielczości zapewniającej wymaganą dokładność dla określonych opracowań.

O celowości podjęcia w/w tematu świadczy wiele przykładów zaczerpniętych z techniki wojskowej jak chociażby prezentacja w 1999 r podczas salonu lotniczego Le Bourget w Paryżu bardzo udanego wariantu samolotu napędzanego śmigłem o nazwie „Czarna wdowa” konstrukcji firmy AeroVironment. Sześćdziesięciogramowa konstrukcja o rozpiętości 15 cm zdolna była do prowadzenia misji rozpoznawczych na odległość 4 km. Zainstalowana na niej kamera ważyła 2 gramy natomiast 75% wagi samolotu stanowiły baterie [Mł.Technik 7/2001].

Wracając do zastosowań fotogrametrycznych - nie zawsze jednak zachodzi konieczność użycia profesjonalnego, kosztownego sprzętu fotogrametrycznego i lotniczego dla celów pozyskiwania zdjęć terenu będącego w obszarze zainteresowań fotogrametrów.

Dlatego atrakcyjną alternatywą może być zastosowanie niewielkiego: balona, latawca (szczególnie w wersji z wirującymi płacami-skrzydłami), motolotni, samolotu, śmigłowca, a także sterowca – kierowanych z ziemi. W wersji bardziej zaawansowanej technologicznie zdalnie sterowana kamera z kontrolą obrazu przesyłanego na ziemię zapewniłaby dokonanie odpowiednich ujęć terenu.

2 . Analiza badań .

W sytuacji kiedy obszar naszego zainteresowania stanowią tereny o rzadkiej i stosunkowo niskiej zabudowie jak tereny rolnicze, często niewielkie obszarowo pojedyncze działki, to zastosowanie miniaturowego środka transportu lotniczego (platformy lotniczej MCAV) z umieszczoną na jego pokładzie kamerą może stanowić interesującą alternatywę nie tylko dla średniopułapowego, standardowego, kosztownego i absorbującego nalotu fotogrametrycznego ale również dla geodezyjnego pomiaru bezpośredniego.

Dysponując wymienionymi środkami można dokonywać nalołów ze stosunkowo niskich wysokości nad terenem . Pozyskuje się wtedy zdjęcia w stosunkowo dużej skali, za czym idzie odpowiednia dokładność i możliwość dokonywania lokalnych nalołów fotogrametrycznych, co znacznie obniży koszt późniejszego opracowania jak również może mieć wpływ na zwiększenie częstotliwości aktualizacji.

Istnieje również możliwość aplikacji kamery filmowej, cyfrowej CCD w miejsce wspomnianego aparatu „still-camera”. Otrzymuje się wtedy ciąg wideosekwencji, spośród których wybiera się te najodpowiedniejsze dla utworzenia stereogramu o odpowiedniej bazie i treści obrazu.

Ponadto umożliwia ona uzyskanie dużej ilości ekspozycji nadliczbowych spośród których można dokonywać wyboru. Uzyskuje się tym samym szybki monitoring wybranych terenów umożliwiający częstszą, szybszą, a zatem mniej kosztowną aktualizację, biorąc pod uwagę bardzo wysoką dynamikę zmian w zagospodarowaniu i użytkowaniu terenu w ostatnich latach.

Proponowanym przez autora wariantem sprzętowym podczas lotu fotogrametrycznego jest zainstalowanie w szkielet konstrukcji przenoszącej samopoziomującego w pewnym zakresie urządzenia przytrzymującego kamerę . W przypadku balona i latawca, a także sterowca stanowić go może rodzaj małej gondoli, odpowiednio mocowanej linkami do konstrukcji nośnej . Natomiast mocowanie kamery w miniaturowym samolocie, śmigłowcu bądź motolotni wymaga bardziej sztywnego zawieszenia . W każdym przypadku należy pamiętać o zabezpieczeniu kamery przed uderzeniem, chociażby w trakcie lądowania .

Najprostszym rozwiązaniem w wykonaniu amatorskim jest tutaj owinięcie jej folią pneumatyczną.

W nowoczesnych kamerach cyfrowych pomocny staje się również układ elektronicznej stabilizacji obrazu – Super Steady Shot .

Za ich zastosowaniem przemawia również bezproblemowa współpraca chociażby z autografem cyfrowym VSD-AGH lub stacją fotogrametryczną.

Mniejsza jak na razie w stosunku do analogowych rozdzielczość obrazu z kamer cyfrowych, tym bardziej predysponuje je do aplikacji w bezzałogowym sprzęcie latającym (MCAV) dla nalołów lokalnych, umożliwiających loty na małej wysokości nad terenem. Zatem korzystne jest wykonywanie zdjęć cyfrowych bezpośrednio w odpowiednio dużej skali .

Przykładowo, aby uzyskać pojedyncze zdjęcie z szeregu wideosekwencji pokrywające obszar 1 ha na obrazie cyfrowym będącym odpowiednikiem formatu 21x21 cm przy skali 1:500 należałoby wykonać ekspozycję z wysokości 20 m nad terenem przy ogniskowej obiektywu kamery cyfrowej – 40 mm . Zakładając prędkość małego

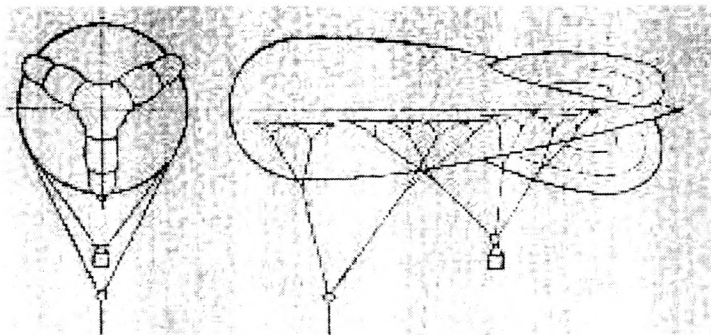
samolotu bezałogowego – 30 – 40 km/h i pokrycie zdjęciami w szeregu 60% interwał pomiędzy kolejnymi ekspozycjami powinien wynosić poniżej 3 sekund – stąd "still-kamera" o podobnej powtarzalności ekspozycji wydaje się być wystarczająca

Należy zaznaczyć, że obecnie nadal brak jest przepisów prawnych regulujących ruch powietrzny środków transportu powietrznego będących w sferze zainteresowań niniejszej publikacji (dotyczy to również załogowych lotni i motolotni); tym samym nie jest ustalony zakres wysokości na jakiej mogą poruszać się te środki jako, że dotychczas w świetle prawa nie są to statki powietrzne. Praktycznie więc parametry lotu mogą być swobodnie określane przez projektanta lotu fotogrametrycznego.

Przechodząc do krótkiej charakterystyki miniaturowych, bezałogowych środków transportu powietrznego (MCAV) pod kątem przydatności w fotogrametrii należy pamiętać, że każdy z nich posiada zarówno zalety jak i wady.

Intencją autora było przetestowanie choćby wybranych z nich.

- 1) Balon na uwięzi – stosunkowo tani i mało wrażliwy na warunki atmosferyczne, łatwo osiąga zadaną wysokość, jest stabilny, ale wymaga napełniania gazem lżejszym od powietrza, najlepiej helem (wadą jest jego duży koszt) lub wodorem (tańszym, ale bardziej niebezpiecznym – wybuchowym), stąd konieczność posiadania odpowiednich butli z gazem. Dla celów fotogrametrycznych najlepiej nadaje się rodzaj balonu obserwacyjnego w kształcie cygara, ze statecznikami i przywieszoną gondolą na sprzęt (kamerę) – rys. 1.

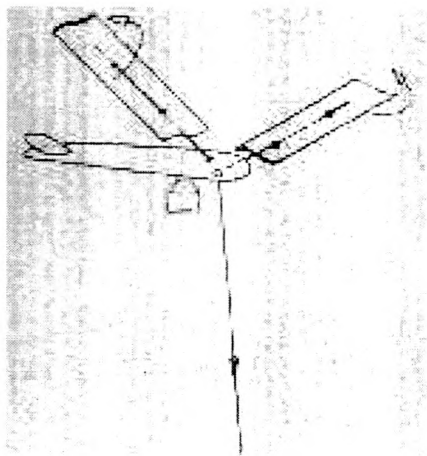


Rys. 1. Balon fotogrametryczny jako odmiana balonu obserwacyjnego.

- 2) Latawiec – przy jego zastosowaniu już w 1888 roku po raz pierwszy Francuz Arthur Battut uzyskał zdjęcie z powietrza. Jest on mniej kłopotliwy w użyciu niż balon, ale wymaga odpowiednich warunków atmosferycznych, szczególnie pod względem prędkości wiatru, która musi być większa od 5 m/s, ale nie może to być wiatr porywisty. Stąd dla geodety, zmuszonego pracować w każdych warunkach pogodowych może to stanowić pewne ograniczenia. Kolejną kwestią jest wysokość na jaką będzie można w danych warunkach wyprowadzić latawiec i ewentualne trudności manewrowe z tym związane. Niedogodnością dla geodety realizującego zdjęcie terenu jest nieco gorsza stabilność latawca niż balonu. Tę

niedogodność można jednak wyeliminować wprowadzając stabilizację giroskopową.

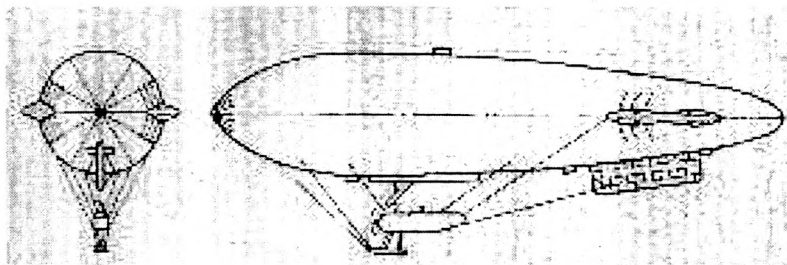
Na uwagę zasługuje tutaj latawiec nowego typu, w kształcie samolotu, o płatach wirujących wokół ich osi podłużnych dzięki „esowatemu” profilowi. Jednocześnie działają one jako giroskopy ustateczniające lot latawca (rys.2).



Rys.2. Proponowany latawiec fotogrametryczny z wirującymi płacami.

- 3) Miniaturowy, zdalnie sterowany, bezałogowy samolot – to konstrukcja najbardziej zaawansowana technicznie, umożliwiająca wysoką precyzję realizacji lotu fotogrametrycznego, zwłaszcza w połączeniu z dobrej klasy urządzeniem zdalnego sterowania i kontroli lotu oraz możliwym przekazem telewizyjnym - na drodze samolot-operator – zasięgu aktualnie realizowanego obrazu. Zasadniczą wadą tego środka transportu jest jego koszt i zbyt duża prędkość przelotowa.
- 4) Śmigłowiec – główną jego zaletą to fakt, że może on zawisnąć niemal nieruchomo nad obiektem i wykonać zdjęcie, jednak duże wibracje spowodowane obrotami wirnika powodują, że konstrukcja ta wymaga jeszcze dopracowania pod względem ewentualnego jej zastosowania w fotogrametrii. Ponadto śmigłowiec w swym układzie normalnym jest niestateczny, tzn. odchylony nie wróci do położenia pionowego, przeciwnie niż np. balon z koszem, gdzie siła wyporu i ciężar kosza dają moment prostujący. Śmigłowiec pochyla się razem ze swą siłą nośną spowodowaną działaniem wirnika, a prócz tego opór boczny kadłuba zwiększa pochylenie.
- 5) Sterowiec – wydaje się być jedną z najbardziej stabilnych konstrukcji lotniczych (choć w miniaturze trudniej jest utrzymać tę stabilność) z możliwością lotu z niskimi prędkościami, stąd mógłby wynikać jego wysoki stopień przydatności dla

celów fotogrametrycznych; ogranicza go jednak konieczność zastosowania kosztownego i kłopotliwego w pozyskaniu i eksploatacji helu (rys.3).



Rys.3. Sterowiec miniaturowy, przenoszący kamerę w odpowiednim koszu jako konstrukcja możliwa do zastosowania w nalotach fotogrametrycznych.

6) Motolotnia miniaturowa – była i jest obiektem szczegółowych badań nad lotem fotogrametrycznym oraz realizacją zdjęć, a w przyszłości ich analizą dokładnościową i oceną stopnia przydatności dla opracowań fotogrametrycznych. Lekka, o dość dużym udźwigu, jest swego rodzaju konstrukcją pośrednią pod względem budowy pomiędzy samolotem a lotnią. Szczegółowa analiza tej platformy o jednometrowej rozpiętości skrzydeł (już konkretnie w wykonaniu amatorskim) przedstawiona zostanie w odrębnej publikacji.

W początkowej fazie badań umieszczono w konstrukcji nośnej tej aerodyny kamerę systemu APS (Advanced Photo System) ze względu na jej niewielką masę – 130 gramów i stosunkowo wysoką rozdzielczość w porównaniu z porównywalnymi, typowymi kamerami cyfrowymi (rys.4). Wyposażono ją w urządzenie zdalnego, mechanicznego wyzwolenia migawki poprzez kanał radiowy po osiągnięciu zaplanowanej wysokości lotu i zadanej lokalizacji terenowej 2-D.

Reasumując, wybór platformy transportowej będzie zależał od użytkownika, przy uwzględnieniu zalet i wad, które mają znaczenie już w przypadku konkretnych prac fotogrametryczno-geodezyjnych .

Kolejnym problemem jest zdalna aktywacja kamery (wyzwalanie migawki) - może ona odbywać się drogą radiową jak w przypadku modelu aparatu przedstawionego przez autora bądź z zastosowaniem wyłącznika czasowego (np. zasilania z akumulatora), który po osiągnięciu zadanej wysokości i lokalizacji uaktywnia kamerę . Interesującym rozwiązaniem technicznym może być sposób aktywacji kamery za pośrednictwem niewielkiego odbiornika GPS (np. GPS-V-WAAS firmy Garmin) sprzężonego elektronicznie z układem wyzwolenia kamery po uprzednim wprowadzeniu do pamięci GPS trasy lotu i punktów głównych ekspozycji (obrazów). Wreszcie mocowanie kamery – zależy od rodzaju platformy MCAV; generalnie musi ono zapewnić samopoziomowanie się kamery w pewnych, określonych granicach i stabilizację obrazu (funkcja „Super Steady Shot”).



Rys.4. Proponowana do zastosowania dla motolotni miniaturowej trójformatowa kamera „Lixus” systemu APS ($f=24$ mm).

3. Wnioski .

Jak widać z przeprowadzonej analizy – przy założeniu odpowiednich warunków przenoszenia (transportu) i zabezpieczenia kamer realizacja (cyfrowych), lotniczych zdjęć fotogrametrycznych, pozyskiwanych z małych wysokości, przy zastosowaniu bezzałogowych, miniaturowych środków transportu powietrznego może mieć szanse stać się rutynowym sposobem rozwiązywania geodezyjnych zagadnień związanych z pozyskiwaniem informacji i monitorowaniem rozwoju obszarów wiejskich, rolnych, terenów o stosunkowo niskiej zabudowie, itp. będąc tym samym rozwiązaniem w pewnym sensie konkurencyjnym dla nalotów z wysokich pułapów oraz w niektórych przypadkach dla bezpośrednich pomiarów geodezyjnych.

Bibliografia :

- 1 . Brodzki Zdzisław . Lotnictwo – encyklopedia . WNT, Warszawa 1970 .
- 2 . Elsztajn Paweł. Budowa i pilotaż latawców. WkiŁ, Warszawa 1975.
- 3 . Hypki Tomasz. Miniaturowe bezpilotowce....Młody Technik 7/2001.
- 4 . Schier Wiesław. ABC miniaturowego lotnictwa. WkiŁ, Warszawa 1977.
- 5 . Schier Wiesław. Samoloty w historii i w miniaturze. WkiŁ, Warszawa 1973.

Recenzował: dr inż. Zdzisław Kurczyński