

OCENA PRZYDATNOŚCI OBRAZÓW LOTNICZYCH NISKOPUŁAPOWYCH POWIERZCHNI ZIEMI DLA UZUPEŁNIENIA I AKTUALIZACJI TREŚCI MAPY OBSZARÓW WIEJSKICH

© Jankowicz B., 2005

This publication refer to analyse of lowheight, crewless, miniature air vehicles flights application for photogrammetrics servicing of agricultural area, also of digital CCD still and movie camera application in local photogrammetrics flights using visual, TV and 3G-UMTS supervision. Moto-hang-glider, was been searching for this principles . Comparision of low-flight air-images with direct survey point to absolute utility for map of rural areas updating, particulary with TV or GSM – UMTS system application in the air vehicle.

Słowo wstępne. Zwiększenie bezpieczeństwa lotów fotogrametrycznych oraz obniżenie ich kosztów, również dotyczących późniejszych opracowań lub aktualizacji, będących ich rezultatem – to zawsze aktualne problemy.

Dlatego nawiązując do poprzednich publikacji autora dotyczących zastosowania lotów niskopułapowych w fotogrametrii – warto podnieść kwestię możliwości zastąpienia w uzasadnionych przypadkach tradycyjnych nalotów, a nawet bezpośrednich, geodezyjnych pomiarów terenowych – pozyskiwaniem obrazów terenu w skalach 1:5000 do 1:500, bądź drobniejszych z bezzałogowych, małych platform lotniczych (BŚL – bezzałogowe środki latające lub z ang. MCAV – Micro Crewless Air Vehicle) wyposażonych docelowo w niewielkie kamery cyfrowe o rozdzielczości zapewniającej wymaganą dokładność dla określonych opracowań (zwłaszcza o charakterze uzupełniającym i aktualizacyjnym) z dodatkową możliwością zdalnej kontroli rejestrowanego obrazu, zapewniającą właściwą orientację zdjęcia (obrazu).

Badania i założenia projektowe. W odniesieniu do obszarów stanowiących tereny o rzadkiej i stosunkowo niskiej zabudowie jak tereny rolnicze, często niewielkie obszarowo pojedyncze działki lub jeśli w grę wchodzi aktualizacja fragmentu obszaru wcześniej realizowanego drogą tradycyjnego nalotu fotogrametrycznego to zastosowanie małej, bezzałogowej platformy lotniczej (MCAV) z umieszczoną na jej pokładzie kamerą może stanowić interesującą alternatywę nie tylko dla standardowego, kosztownego i absorbującego nalotu fotogrametrycznego ale również dla geodezyjnego pomiaru bezpośredniego.

Można wtedy dokonywać lotów ze stosunkowo niskich wysokości nad terenem. Pozyskuje się wtedy zdjęcia w stosunkowo dużej skali, za czym idzie odpowiednia dokładność i możliwość dokonywania lokalnych nalotów fotogrametrycznych, co znacznie obniży koszt późniejszego opracowania jak również może mieć wpływ na zwiększenie częstotliwości aktualizacji. Wymagana jest jedynie odpowiednia precyzja sterowania lotem i wyborem ekspozycji.

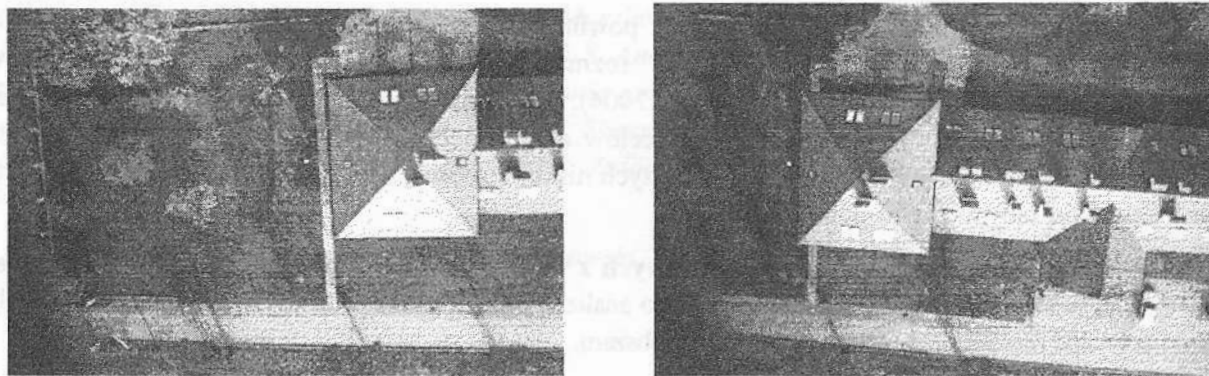
Problematyka związana z warunkami jakie powinny spełniać bezzałogowe środki latające jak i warunki lotu fotogrametrycznego, dopuszczalne rozmazanie na obrazie – została omówiona we wcześniejszych publikacjach autora (Jankowicz, 2004). Dlatego, obecnie dla określenia przydatności obrazów niskopułapowych w fotogrametrii dla celów aktualizacji i uzupełniania map wykonano test porównawczy wyniku opracowania obrazów lotniczych niskopułapowych z pomiarem bezpośrednim (met. biegunowa), dotyczącym tego samego terenu.

Test porównawczy obrazów niskopułapowych z wynikami pomiaru bezpośredniego w terenie. Podstawowymi materiałami wyjściowymi służącymi do analiz i badań przeprowadzonych w ramach testu były zdjęcia oraz wyniki pomiarów geodezyjnych badanego obszaru.

Tabela 1

Wykaz współrzędnych punktów pomierzonych metodą biegunową

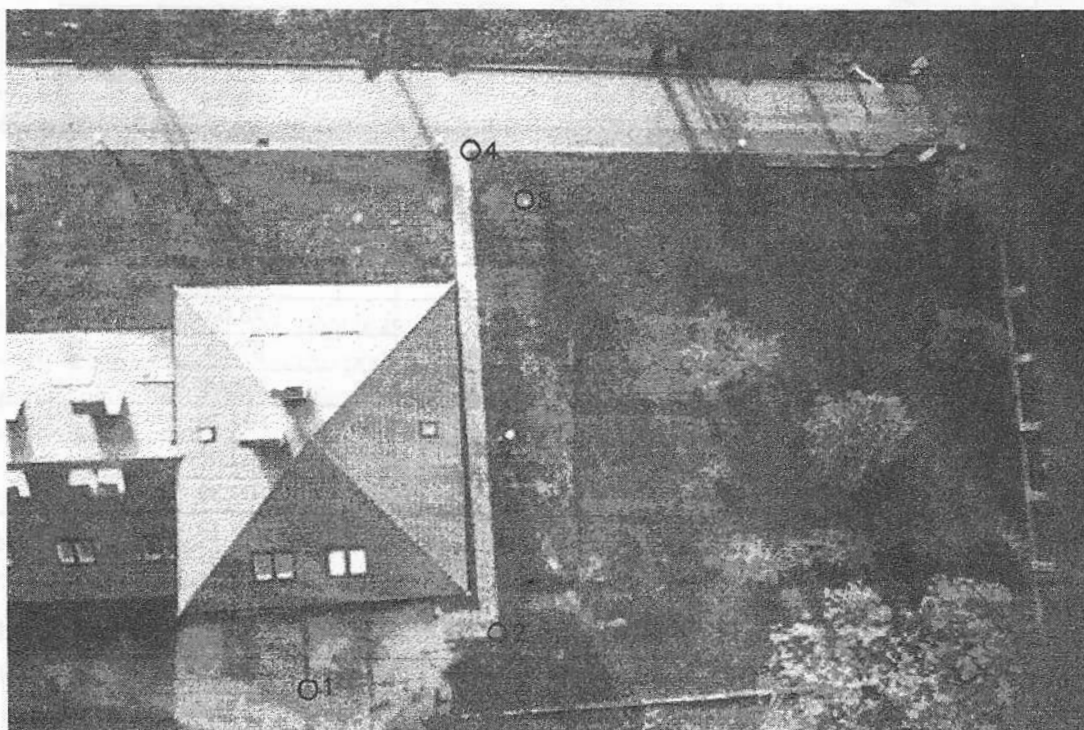
Nr	X	Y
S1	126,49	100,00
S2	100,00	100,00
1	107,60	105,91
2	107,19	100,07
3	114,45	102,39
4	120,62	106,12
5	121,48	99,89
6	123,41	104,40
7	125,01	103,33
8	125,00	106,34
9	123,36	106,35
10	126,84	110,53
11	127,00	113,88
12	127,13	117,04
13	131,19	131,65
14	91,91	78,08
15	97,99	87,54
16	96,75	103,09
17	96,72	104,29
18	97,56	105,01
19	100,63	109,88
20	96,01	115,13
21	99,02	117,51
22	107,33	117,37
23	100,39	126,41
24	99,07	129,11
25	95,67	129,97
26	96,05	130,16
27	97,11	123,10
28	100,17	130,27
29	94,22	142,09
30	95,73	142,24
31	98,57	138,46



Ryc. 1. Zdjęcie lewe i prawe

Do wykonania zdjęć użyto amatorskiego aparatu analogowego VIVITAR o ogniskowej 25 mm w wyniku czego otrzymane zdjęcia są niemetryczne i nie posiadają odwzorowanych znaczków tłowych. Celem wykonania orientacji zdjęć przyjęto za znaczki tłowe naroża negatywów. Mimo zastosowania amatorskiego sprzętu fotograficznego wpływ ewentualnej dystorsji obiektywu na dokładność późniejszego opracowania okazał się niewielki, do czego niewątpliwie przyczyniła się skala obrazu.

Po zorientowaniu wewnętrznym i wzajemnym obrazów, w celu dokonania orientacji absolutnej wybrano 4 punkty wyróżniające się optymalną charakterystyką i lokalizacją pod względem fotogrametrycznym.



Ryc. 2. Zdjęcie z zaznaczonymi punktami wybranymi do orientacji bezwzględnej

Przykładowo wyniki z orientacji bezwzględnej zdjęć i transformacji przedstawiały się następująco:

***** Obliczenie elementów orientacji bezwzględnej *****

Liczba wskazanych punktów : 4

OM= -0.2959ř FI= 8.3253ř KA= 87.1493ř

Skala : 1.2633

Biegun modelu : 10.2649 -1.0000 -12.0501

Biegun terenu : 112.1900 105.0750 200.0350

Srodek rzutow zdjecia lewego : 118.7224 118.3413 151.2032

Srodek rzutow zdjecia prawego : 115.4754 105.7041 152.5115

Macierz obrotu :

-0.0492097565	-0.9882376137	0.1447923293	
-0.9987120079	0.0504799116	0.0051091976	
-0.0123582052	-0.1443544156	-0.9894488756	1.00000

Pnt_mod	2.698	-12.191	-10.202
Pnt_mod'	2.728	-12.218	-10.211
Err_mod	0.0307	-0.0279	-0.0095
Pnt_ter	127.000	113.880	199.900
Pnt_ter'	126.969	113.921	199.884
Err_ter	-0.0311	0.0405	-0.0165

2

Pnt_mod	11.183	-11.124	-10.692
Pnt_mod'	11.144	-11.110	-10.662
Err_mod	-0.0390	0.0145	0.0300
Pnt_ter	125.010	103.330	200.130
Pnt_ter'	125.020	103.280	200.170
Err_ter	0.0102	-0.0504	0.0395

3

Pnt_mod	14.787	8.316	-13.528
Pnt_mod'	14.750	8.311	-13.621
Err_mod	-0.0366	-0.0047	-0.0925
Pnt_ter	100.000	100.000	200.230
Pnt_ter'	100.009	99.955	200.113
Err_ter	0.0087	-0.0452	-0.1171

4

Pnt_mod	12.392	10.999	-13.778
Pnt_mod'	12.437	11.017	-13.706
Err_mod	0.0449	0.0181	0.0721
Pnt_ter	96.750	103.090	199.880
Pnt_ter'	96.762	103.145	199.974
Err_ter	0.0122	0.0551	0.0941

Błędy średnie współrzędnych x,y,z : 0.0180 0.0481 0.0781

Błąd średniokwadratowy punktu w układzie odniesienia : 0.0935

Wyniki pomiarów wykonanych dla powyższych obliczeń :

Nr	xsl	ysl	xsp	ysp
1	1711.00	-1781.00	907.00	-1912.00
2	2229.00	-1705.00	1448.00	-1754.00

3	2387.00	-550.00	1524.00	-536.00
4	2246.00	-400.00	1365.00	-392.00

Ostateczne wyniki pomiaru:

Znaczkі tłowe, zdjęcie lewe

1	-18.0000	12.0000	0.00	-0.00
2	18.0000	12.0000	3087.00	-0.00
3	18.0000	-12.0000	3087.00	-2048.00
4	-18.0000	-12.0000	0.00	-2048.00

Znaczkі tłowe, zdjęcie prawe

1	-18.0000	12.0000	0.00	-0.00
2	18.0000	12.0000	3087.00	-0.00
3	18.0000	-12.0000	3087.00	-2048.00
4	-18.0000	-12.0000	0.00	-2048.00

Punkty orientacji wzajemnej w układzie obrazu

1	1582.00	-1097.00	560.00	-1252.00
2	2388.00	-1538.00	1600.00	-1556.00
3	1602.00	-460.00	669.00	-515.00
4	2387.00	-550.00	1524.00	-537.00
5	1555.00	-1781.00	740.00	-1935.00
6	2385.00	-1787.00	1615.00	-1811.00

Współrzędne tłowe punktów orientacji wzajemnej

1	0.450	-0.853	-11.487	-2.663
2	9.863	-6.003	0.660	-6.213
3	0.683	6.587	-10.213	5.945
4	9.851	5.536	-0.228	5.688
5	0.134	-8.841	-9.384	-10.640
6	9.828	-8.911	0.835	-9.192

Współrzędne terenowe punktów orientacji wzajemnej

1	114.118	117.402	191.209
2	121.470	99.876	200.479
3	99.073	117.424	199.619
4	100.026	99.960	200.095
5	127.131	117.089	200.030
6	126.529	99.960	200.458

Punkty dostosowania w układzie odniesienia

1	127.000	113.880	199.900
2	125.010	103.330	200.130
3	100.000	100.000	200.230
4	96.750	103.090	199.880
5	132.480	99.890	199.790

6	123.410	104.400	200.090
7	125.010	103.330	200.130
10	126.840	110.530	199.930
11	127.000	113.880	199.900
12	127.130	117.040	199.870
16	96.750	103.070	199.880
17	96.720	104.290	199.880
32	100.000	100.000	200.230

Punkty dostosowania w układzie obrazu

1	1711.00	-1781.00	907.00	-1912.00
2	2229.00	-1705.00	1448.00	-1754.00
3	2387.00	-550.00	1524.00	-536.00
4	2246.00	-400.00	1365.00	-392.00
5	2388.00	-1538.00	1600.00	-1556.00
6	2180.00	-1625.00	1387.00	-1678.00
7	2229.00	-1705.00	1448.00	-1754.00
10	1874.00	-1781.00	1083.00	-1885.00
11	1711.00	-1781.00	907.00	-1912.00
12	1555.00	-1781.00	740.00	-1935.00
16	2246.00	-400.00	1365.00	-392.00
17	2200.00	-395.00	1314.00	-391.00
32	2387.00	-550.00	1524.00	-537.00
33	2387.00	-550.00	1524.00	-536.00

Współrzędne terenowe punktów pomierzonych

41	121.470	99.876	200.479
42	99.073	117.424	199.619
43	127.131	117.089	200.030
44	126.529	99.960	200.458

Porównanie współrzędnych punktów pomierzonych bezpośrednio w terenie w stosunku do metody fotogrametrycznej. Wybrano do porównania punkty nie biorące udziału w orientacji bezwzględnej modelu.

Numery punktów dla których pomierzono współrzędne w układzie odniesienia odpowiadają punktom z pomiaru bezpośredniego w terenie.

Współrzędne z pomiaru bezpośredniego			Współrzędne pomierzone fotogrametrycznie			Różnice	
Nr	X	Y	Nr	X	Y	ΔX	ΔY
5	121,47	99,89	41	121,470	99,876	0,000	0,014
21	99,02	117,51	42	99,073	117,424	-0,053	0,086
12	127,13	117,04	43	127,131	117,089	-0,001	-0,049
s2	126,49	100,00	44	126,529	99,960	-0,039	0,040
Średnia różnica współrzędnych ΔX_{sr} ; ΔY_{sr}						0,023	0,047
Średnia liniowa różnica porównawcza między pomiarami – bezpośrednim i fotogrametrycznym ΔL_{sr}						0,052 m	

Wnioski. Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie badań na podstawie, których można by stwierdzić, czy wykonane zdjęcia z niskopułapowych lotów bezzałogowych mogą być przydatne do opracowań związanych z pozyskiwaniem informacji o terenie. Zakresem pracy objęto teren o powierzchni ok. 0,20 ha.

W ramach prac wykonano nalot fotogrametryczny, wybrano zdjęcia i poddano je obróbce cyfrowej. Zrealizowano również pomiar bezpośredni szczegółów terenowych znajdujących się na terenie wybranego obiektu. W kolejnym etapie wykonano obliczenia współrzędnych szczegółów terenowych oraz dokonano opracowania na autografie cyfrowym VSD.

Podsumowując, wyniki pomiaru i obliczeń można stwierdzić, że różnice współrzędnych pomierzonych bezpośrednio w terenie i współrzędnych obliczonych metodą fotogrametryczną są niewielkie i mieszczą się w granicach błędu pomiaru każdej z zastosowanych metod, co wskazuje na przydatność zastosowania fotogrametrycznych lotów niskopułapowych, bezzałogowych dla określonych wcześniej celów.

Z uwagi na to, iż brak jest znaczących deniwelacji terenu (teren płaski) nie dokonano analizy przestrzennej która w tym przypadku byłaby niemiarodajna. Celem wykonania takiej analizy powinien być wybrany teren o większym zróżnicowaniu wysokości.

Biorąc pod uwagę, że do nalotu fotogrametrycznego został użyty amatorski sprzęt tj. motolotnia bezzałogowa z zamontowanym na jej pokładzie analogowym aparatem fotograficznym uzyskane wyniki są tym bardziej zadowalające w kontekście zastosowania docelowo odpowiedniej jakości małej kamery cyfrowej oraz zapewnienia dodatkowej kontroli pozyskiwanego obrazu drogą telewizyjną lub technologii GSM.

Realizacja lotniczych zdjęć fotogrametrycznych, pozyskiwanych z niskich wysokości, przy zastosowaniu bezzałogowych środków transportu powietrznego ma duże szanse stać się rutynowym sposobem rozwiązania geodezyjnych zagadnień związanych z pozyskiwaniem informacji i monitorowaniem obszarów. Metoda ta może być w szczególności wykorzystywana w terenach o stosunkowo niskiej i rzadkiej zabudowie (tereny wiejskie) do aktualizacji i uzupełniania treści map.

Bogata różnorodność form zagospodarowania nieruchomości oraz wysoka dynamika zmian stwarza niejednokrotnie dużo problemów przy ich pomiarze metodami bezpośrednimi. Zdjęcia wykonane z niskiego pułapu takich terenów pozwalają na wierne odtworzenie na mapie wszystkich elementów zagospodarowania działki.

Zaletą tej metody w porównaniu z metodami bezpośrednimi niewątpliwie jest szybkość z jaką można pozyskać potrzebne dane.

Pomyślny wynik testu potwierdził przydatność badanych obrazów dla celów uzupełniania i aktualizacji treści map obszarów wiejskich, przy czym dodatkowa, zdalna kontrola lotu (pozyskiwanego obrazu) metodą telewizyjną lub GSM – UMTS zdecydowanie ułatwiłaby prowadzenie nalotu.

Realizacja lotniczych obrazów pozyskiwanych z małych wysokości, przy zastosowaniu bezzałogowych, miniaturowych platform lotniczych MCAV, wykorzystaniu małych kamer (również cyfrowych), wspomaganych przez nowoczesne systemy przesyłania obrazu (telewizja lub telefonia komórkowa 3G-UMTS) może mieć charakter uzupełniający oraz stanowić interesującą alternatywę dla pozyskiwania geoinformacji i monitoringu rozwoju obszarów wiejskich, również terenów o niezbyt wysokiej zabudowie – w odniesieniu do innych metod, nie tylko fotogrametrycznych i teledetekcyjnych, ale także bezpośrednich pomiarów geodezyjnych.

Za zastosowaniem lotów niskopułapowych zwłaszcza do aktualizacji i uzupełniania map katastralnych przemawia chociażby sam lokalny charakter tych lotów.

Obrazy z niskich pułapów mogą wspomagać tworzenie, uzupełnianie i aktualizację treści mapy ewidencyjnej gruntów.

1. Jankowicz Bogdan. *Archiwum Fot., Kart. i Teled.* – Kraków, 2004. *Kontrola nalotu fotogrametrycznego wykonywanego z bezzałogowych środków latających.* 2. *Internet.*

Recenzował: Prof. dr hab. inż. Aleksandr Dorozhynskyy, AR Kraków.