

MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA ZDJEĆ LOTNICZYCH NISKIEGO PUŁAPU JAKO DANYCH FOTINTERPRETACYJNYCH DO OCENY UŻYTKÓW ZIELONYCH*

*Robert Jacek Tomczak, Krzysztof Nowakowski, Sebastian Kujawa,
Krzysztof Koszela, Przemysław Jan Nowak
Instytut Inżynierii Biosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

Streszczenie. Fotointerpretacja zdjęć lotniczych jest dziedziną rozwijaną wielokierunkowo od wielu lat. Do niedawna bazą do badań były zdjęcia lotnicze z obiektów załogowych oraz zdjęcia satelitarne, co w znaczący sposób ograniczało zakres zastosowań. Głównymi ograniczeniami były min. koszt i częstotliwość wykonywania zdjęć nad tym samym obszarem oraz wysokość, przekładająca się na jakość zdjęcia i minimalną wielkość odwzorowywanych elementów. Zastosowanie zdalnie sterowanych przez naziemnego operatora lub autonomicznych lekkich obiektów latających (UAV) pozwala na zupełnie nowe możliwości wykonywania zdjęć [Heine 2008]. Autorzy pracy za pomocą zdalnie sterowanego, wyposażonego w elementy automatyki pionowzlotu wykonali serię zdjęć użytków zielonych. Wykonano przegląd i analizę zdjęć lotniczych wykonanych z wysokości do 100 m w celu wskazania cech i parametrów do ich interpretacji. Zaproponowano elementy metodyki do fotointerpretacji zdjęć na potrzeby rozpoznawania zmian w strukturze użytków zielonych.

Słowa kluczowe: fotointerpretacja, zdjęcie lotnicze, niski pułap, model zdalnie sterowany, wielowirnikowiec

Wprowadzenie

Jednym z problemów w rolnictwie pozostaje ocena i monitoring wszelkiego typu użytków rolnych, możliwa do przeprowadzenia głównie z powietrza, a utrudniona z powierzchni ziemi. Do zakresu takiej oceny należą: ocena równomierności eksploatacji lub zasobności użytków, czy ocena zniszczeń spowodowanych przez żywioły lub zwierzęta. Tradycyjna, szeroko opisana w literaturze fotografia lotnicza wysokiego pułapu – wyko-

* *Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2013 jako projekt badawczy N N313 047039.*

nywana z samolotów załogowych oraz z bardzo wysokiego pułapu – wykonywana z satelitów, ma wiele różnorodnych zastosowań, jednak w tych przypadkach jej użycie jest trudne lub nieuzasadnione. Zasadniczymi problemami są: duża lub bardzo duża wysokość wpływająca na rozdzielczość zdjęcia i jakość zobrazowania elementów, duży koszt i problemy z natychmiastową wykonywalnością, niezbędną w obliczu konieczności oceny skutków kataklizmów naturalnych (np. gradu, ulewy czy suszy).

Inżynieria rolnicza z założenia zajmuje się rozwiązywaniem problemów rolniczych z zastosowaniem nowoczesnych metod i systemów technicznych. Dynamiczny rozwój techniki, a w szczególności wzrost możliwości obliczeniowych coraz mniejszych i coraz tańszych mikroprocesorów pozwala tworzyć coraz bardziej zaawansowane rozwiązania techniczne, które mogą przynieść zaskakujące rozwiązania istniejących problemów. Jednym z takich szybko rozwijających się rozwiązań technicznych jest automatyzacja sterowania bezzałogowymi modelami lotniczymi [Se i in. 2010]. Wykorzystanie takich modeli do zadań inżynierii rolniczej wydaje się coraz bardziej naturalne [Annen 2007, Herwitz 2004], a postępujący rozwój techniczny i spadek cen powinien ułatwić przekształcenie hobbystycznych rozwiązań w profesjonalne wsparcie produkcji rolnej.

Dotychczasowe próby opisane w literaturze, wskazywały na istnienie wielu problemów z zastosowaniem bezzałogowych modeli latających – UAV (ang. Unmanned aerial vehicle). Autorzy [Cupiał 2009; Sugiura i in. 2005] wskazują m.in. na następujące problemy:

- bezpieczne pilotowanie modelu wymaga wielu godzin treningu,
- niski udźwąg uniemożliwia zastosowanie profesjonalnych aparatów i kamer,
- problemy z zawisem nad określonym punktem i precyzyjnym utrzymaniem pozycji,
- problemy ze stabilnością i powtarzalnością przelotów,
- duża zależność od warunków atmosferycznych, w szczególności nawet słabego wiatru.

Wszyscy autorzy podkreślają jednak [również: Swain 2010] możliwą wysoką przydatność fotografii niskiego pułapu, wskazując na konieczność odpowiedniego przystosowania sprzętu latającego [Xiang, Taina 2006].

Większość problemów związanych jest z obsługą urządzenia przez człowieka. Zastosowanie w pełni automatycznego lub częściowo automatycznego systemu pilotażu wpłynie na ich zminimalizowanie. Niski udźwąg można zwiększyć, a zależność od czynników atmosferycznych zmniejszyć, stosując innego typu model latający, np. o wielu nieosiowych wirnikach. Oba rozwiązania wymagają jednak zastosowania mikroprocesorowego układu sterowania [Tomczak i in. 2012].

Cel, zakres i metoda badań

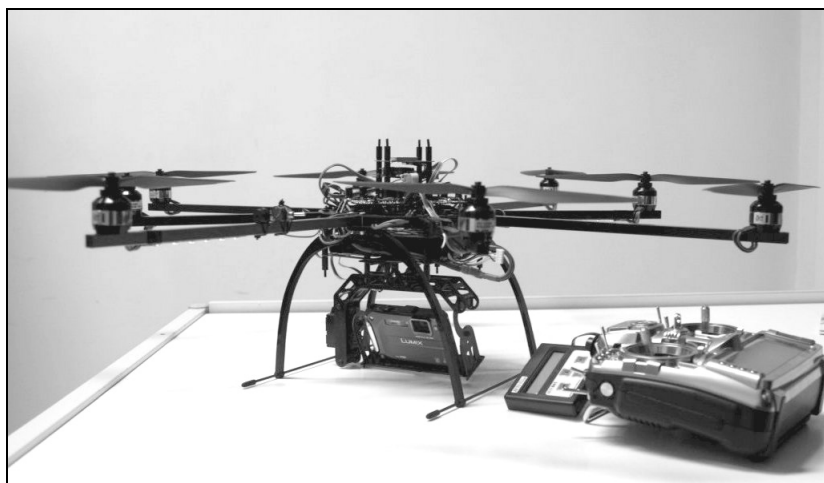
Omówione badania stanowią część większego projektu badawczego i posłużyły przygotowaniu metodyki badawczej do realizacji następnych etapów.

Celem badań było określenie różnic pomiędzy fotointerpretacją zdjęć lotniczych niskiego pułapu wykonywanych z UAV, a typowych zdjęć lotniczych i wskazanie lub wytworzenie metod pozwalających dokonać właściwej fotointerpretacji na tych zdjęciach.

Przyjęto, że należy wyznaczyć zależności pomiędzy pułapem wykonywanego zdjęcia, rozdzielczością odwzorowania cyfrowego, wielkością i charakterem obiektów podlegających interpretacji, potrzebami rozpoznawania obiektów oraz czasem działania i zasięgiem UAV.

Do badań wybrano użytki i nieużytki zielone – obszar pola ćwiczeń Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu i dolinę zalewową Warty w okolicach Śremu. Pierwszy reprezentował teren suchy, a drugi teren okresowo zalewany, obydwa charakterystyczne dla łąk wypasowych w Wielkopolsce.

Jako UAV wykorzystano zdalnie sterowany wielowirnikowiec o ośmiu śmigłach rozmieszczonych wokół układu sterującego (Rys. 1), oferujący manualny, półautomatyczny lub w pełni zautomatyzowany tryb lotu. Wielowirnikowiec został zbudowany z elementów pochodzących od różnych dostawców oraz wytworzonych na miejscu. Śmigła o średnicy 25 cm podzielone są na dwie grupy, napędzane są trójfazowymi silnikami o mocy 110 W każdy. Śmigła z grup umieszczone są na przemian i obracają się w przeciwnych kierunkach. Zasilanie stanowią centralnie umieszczone pakiety litowo-polimerowe o pojemności 5Ah. Konfiguracja taka zapewnia dużą stabilność i praktycznie brak samoczynnego obrotu wokół osi pionowej i dużą nośność. W celu zwiększenia zwrotności osie silników mogą być pochylone względem osi wirnikowca w dwóch płaszczyznach, jednak nie stwierdzono takiej potrzeby. System mikroprocesorowego sterowania połączony z oprogramowaniem, tzw. Flight Controller, pochodzi z niemieckiej firmy specjalizującej się w budowie tego typu modeli (mikrokooper.de) i jest uważany przez modelarzy za najlepszy obecnie dostępny.



Rys. 1. Wielowirnikowiec wraz z aparaturą sterująco-kontrolną. Stan na styczeń 2012

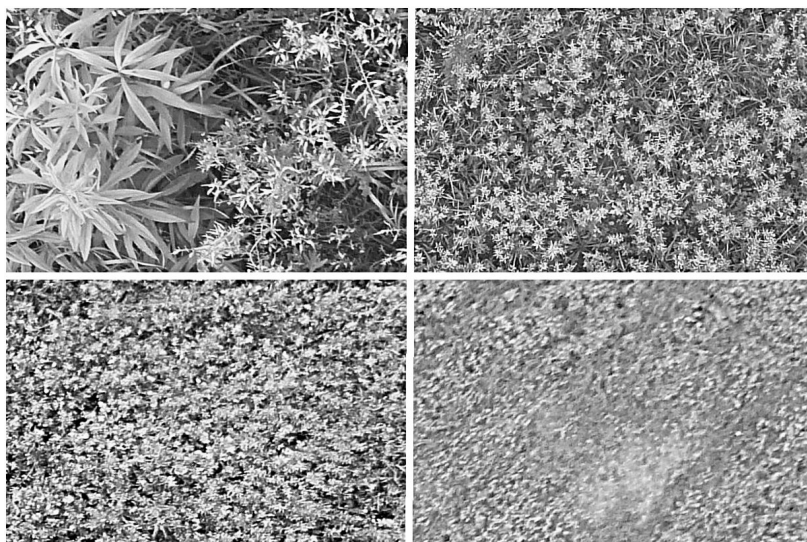
Fig. 1. A multicopter along with steering-control apparatus. State as on January 2012

Wielowirnikowiec posiada następujące możliwości sterowania:

- w pełni ręczne sterowanie z wykorzystaniem nadajnika RF,
- ręczne przeloty ze stabilizacją i automatycznymi zawisami,
- zawis na określonej wysokości z wykorzystaniem ciśnieniomierza,
- pozycjonowanie z wykorzystaniem żyroskopów i kompasu,
- pozycjonowanie z wykorzystaniem ww. i sygnałów z odbiornika GPS i DGPS,
- automatyczne przeloty na podstawie danych z odbiornika GPS i współrzędnych punktów zapisanych w pamięci lub przesyłanych w trakcie lotu.

Wykonywanie zdjęć lotniczych powierzono kompaktowemu aparatowi cyfrowemu Panasonic DMC-FT3 wyposażonemu w stabilizację obrazu i matrycę 12 milionów pikseli. Aparat wybrano ze względu na podniesioną odporność na wstrząsy, wodoszczelność, odbiornik GPS, kompas i wysokościomierz ciśnieniowy. W celu minimalizacji odchylenia osi optycznej aparatu od pionu, zawieszono go na dwuosiowym systemie pozycjonowania sterowanym sygnałami z żyroskopów zamontowanych w wirnikowcu. Zachowanie odpowiedniej pozycji zwalnia z konieczności dodatkowego przetwarzania zdjęć [Xiang, Tian 2011]. Wyzwalanie migawki odbywać się może ręcznie – przełącznikiem z nadajnika albo automatycznie, przez oprogramowanie wirnikowca – w zadanych odstępach czasu i po osiągnięciu punktu docelowego. Punkt docelowy definiowany jest jako okrąg o średnicy 5 m ze środkiem na wskazanych współrzędnych. Zmniejszanie promienia okręgu jest możliwe, ale skutkuje wydłużeniem okresu pozycjonowania wirnikowca. Zdjęcia wykonywano w trybie wstępnej preselekcji parametrów, na tzw. programie krajobrazowym. Warunki oświetlenia były zazwyczaj dobre, bez opadów atmosferycznych, przy bezchmurnym niebie lub z wysoką podstawą chmur.

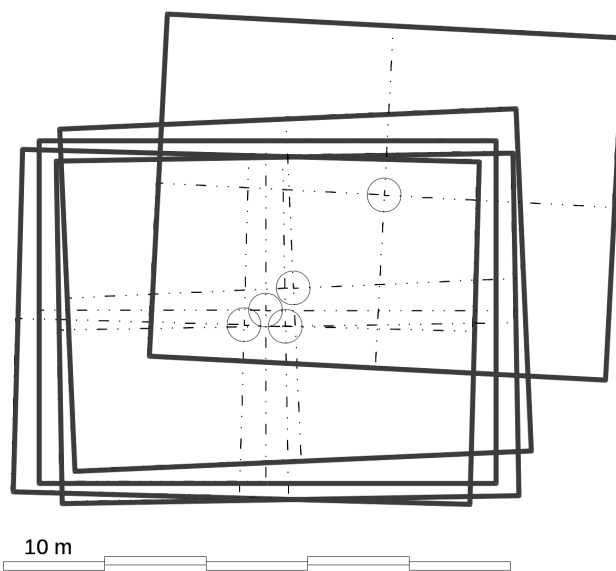
W celu określenia optymalnych warunków wykonywania zdjęć lotniczych dla potrzeb identyfikacji struktury użytków zielonych wykonano serię nalotów i zdjęć, dokonując zmiany wysokości wykonywania zdjęcia. Zdjęcie na pozycji startu służyło jako punkt odniesienia dla wysokości bezwzględnej GPS. Zdjęcia wykonane z różnej wysokości, przy niestałym wietrze wiejącym z prędkością 10–20 km·h⁻¹, przedstawiono na rysunku 2. W celu lepszej możliwości porównania zdjęć, wycięto centralny fragment o jednakowym wymiarze pikseli.



Rys. 2. Porównanie zdjęć z różnej wysokości (obszary 600 na 400 pikseli wycięte ze zdjęć 4000 na 3000 pikseli): od lewej, rzędami: 5, 15, 30 i 70 m

Fig. 2. Comparison of photographs taken from different heights (areas 600x400 pixels cut out from images 4000x3000 pixels): from the left in rows: 5, 15, 30 and 70 m

Jednym z zastosowań przyjętych w założeniach projektu jest możliwość monitorowania zmian w roślinności i strukturze roślinności, przez wykonywanie okresowych nalotów na te same pozycje terenu. W celu weryfikacji założenia wykonano serię nalotów z punktu startowego na punkt o ustalonych współrzędnych na wysokości ok. 35 m, wykonując zdjęcia. Zdjęcia dopasowano do siebie za pomocą programu Hugin służącego do łączenia zdjęć panoramicznych. Schematyczne przesunięcia osi i środków zdjęć względem siebie przedstawia rys. 3. Najbardziej odbiegające od pozostałych zdjęcie zostało prawdopodobnie wykonane już na odlocie z punktu z powodu opóźnienia automatyki ostrości w aparacie. Zauważyć należy, że ewentualne niedokładności pozycjonowania mogą zostać zmniejszone na podstawie danych z GPS i kompasu aparatu fotograficznego.



Rys. 3. Rozrzut zdjęć wykonanych z wysokości 35 m, z kolejnych nalotów na ten sam punkt
Fig. 3. Scatter of images taken from the height 35 m from subsequent swoop on the same spot

Wnioski

Dobór statku powietrznego do wykonywanego zadania uznać należy za trafny. Wielowirnikowy, wielosilnikowy model latający o napędzie elektrycznym, wyposażony w elementy automatyki sterującej opartej na GPS, elektronicznych żyroskopach, kompasie i wysokościomierzu, nie wymaga zaawansowanych umiejętności pilotażu, chociaż start i doziemienie mogą jeszcze wymagać pomocy operatora. Powtarzalność nalotów i funkcjonalność testowanego oprogramowania należy uznać za wystarczającą. Podkreślić należy dostępność na rynku różnorodnych systemów automatycznego sterowania ze współpracującym oprogramowaniem, w tym na otwartych licencjach, co umożliwi dostosowanie go do specyficznych potrzeb.

Dla przyjętej metody wykonywania zdjęć zastosowanym aparatem z ekwiwalentem ogniskowej dla klatki małego formatu równej 28 mm można sformułować poniższe wnioski:

- Wykonywanie zdjęć z wysokości do 30 m pozwala bez większych problemów rozróżnić gatunki roślinności w stopniu zbliżonym do badania naziemnego.
- Zdjęcia wykonywane z wysokości 80-100 m pozwalają na ocenę jednorodności pokrycia roślinnością i detekcję przerw w pokrywie (zniszczeń, cieków, dróg) o szerokości min. 30 cm, przy jednoczesnym zachowaniu możliwości pokrycia dużego obszaru w trakcie jednego nalotu.
- Wbudowany w aparat GPS i kompas ułatwiają obróbkę zdjęć, a ich dokładność jest wystarczająca.

Bibliografia

- Annen, S. and Nebiker, S.** (2007): Einsatz von Mikro- und Minidrohnen für Fernerkundungsaufgaben in der agrochemischen Forschung und Entwicklung.- Publikationen der Deutsche Gesellschaft für Proteomforschung; DGPF 16, 571-578.
- Cupiał M.** (2009): Zastosowanie zdalnie sterowanych modeli latających w inżynierii rolniczej; Inżynieria Rolnicza, 6 (115), 31-36.
- Heine N., Esswein M., Kruger W. and Saur G.** (2008): Automatic image exploitation system for small UAVs; Proceedings of SPIE Vol. 6946: Airborne Intelligence, Surveillance, Reconnaissance (ISR) Systems and Applications V; Proc. SPIE, 6946.
- Herwitz, S.R., Johnson, L.F., Dunagan, S.E., Higgins, R.G., Sullivan, D.V., Zheng, J., Lobitz, B.M., Leung, J.G., Gallmeyer, B., Aoyagi, M., Slye, R.E. and Brass, J.** (2004): Demonstration of UAV-based imaging for agricultural surveillance and decision support; Computers and Electronics in Agriculture, 44, 49-61.
- Se S, Laliberte F, Kotamraju V, Dutkiewicz M.** (2010): Automated motion imagery exploitation for surveillance and reconnaissance SPIE Defense, Security, and Sensing; 0001; DOI:10.1117/12.920498.
- Sugiura R., Noguchi N., Ishii K.** (2005): Remote-sensing technology for vegetation monitoring using an unmanned helicopter; Biosystems Engineering, 90 (4), 369-379.
- Swain, K. C., Thomson, S. J., & Jayasuriya, H. P. W.** (2010): Adoption of an unmanned helicopter for low-altitude remote sensing to estimate yield and total biomass of a rice crop, Transactions of the ASAE, 53(1), 23-27.
- Tomczak R. J., Rudowicz-Nawrocka J., Kujawa S., and Mueller W.** (2012), Autonomous flying system for grasslands and fields monitoring; Proc. SPIE 8334, 83340M; DOI:10.1117/12.946047.
- Xiang, H., Tian, L.** (2006): Development of autonomous unmanned helicopter based agricultural remote sensing system; ASAE, 063097.
- Xiang H., Tian L.** (2011): Method for automatic georeferencing aerial remote sensing (RS) images from an unmanned aerial vehicle (UAV) platform; Biosystems Engineering, 108, 104-113.

POSSIBILITIES FOR APPLICATION OF AERIAL PHOTOGRAPHS OF LOW ALTITUDE AS PHOTO INTERPRETATION DATA FOR ASSESSMENT OF GRASSLANDS

Abstract. Photointerpretation of aerial photographs is a discipline which has been developed in many directions for many years. Aerial photographs from manned objects and satellite photographs have recently constituted a base for research which considerably limited the scope of application. Expenses and frequency of taking pictures over the same area as well as height translated into the quality of a picture and the minimum size of the reproduced elements have been the main limitations. The use of aerial vehicles remotely controlled by a navigator or unmanned aerial vehicles (UAV) allows completely new possibilities of taking pictures [Heine 2008]. The authors of the study took a series of pictures of grasslands with the use of remotely controlled vertiplane equipped with elements of automatics. Inspection and analysis of aerial pictures taken from the height up to 100m in order to indicate properties and parameters for their interpretation were carried out. Elements of methodology for photointerpretation of photographs for the needs of recognising changes in the structure of grasslands.

Key words: photointerpretation, aerial photograph, low altitude, remotely controlled model, multicopter

Adres do korespondencji:

Robert Jacek Tomczak; e-mail: rjt@up.poznan.pl
Instytut Inżynierii Biosystemów
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań