

OPRACOWANIA FOTOGRAMETRYCZNE ZE ZDJĘĆ WYKONYWANYCH NIEMETRYCZNYM APARATEM CYFROWYM Z POKŁADU MODELU LATAJĄCEGO – PIERWSZE PRZYKŁADY

PHOTOGRAMMETRIC MAPPING FROM PHOTOS MADE WITH NON-METRIC DIGITAL CAMERAS FROM UAV – FIRST EXAMPLES

Anna Zmarz, Wieńczysław Plutecki

Taxus SI Sp. z o.o., Warszawa

Słowa kluczowe: niemetryczny aparat cyfrowy, zdjęcia lotnicze, ortomozaika, fotogrametria, UAV
Keywords: non-metric digital camera, airborne photos, orthomosaic, photogrammetry, UAV

Wstęp

Firma Taxus SI Sp. z o.o. od blisko dwóch lat intensywnie interesuje się technologią opracowania ortomozaiki z materiału uzyskanego niemetrycznymi aparatami cyfrowymi z pokładu modeli latających. Przekonywujące są w tym temacie doświadczenia przede wszystkich zagraniczne, które pokazują, że możliwe jest uzyskanie tą drogą wartościowego materiału fotogrametrycznego, który z powodzeniem może być użyty do niektórych zastosowań: wspomaganie prac inwentaryzacyjnych, interpretacyjnych, prowadzenie pomiarów, wspomaganie tworzenia map wektorowych, itp. (Eisenbeiss, 2008; Eugster, Nebiker, 2008; Zongjian, 2008; Everaerts, 2008; Colomina, Blazquez, Molina, Pares, Wis, 2008). Każdy w swojej dziedzinie ma szansę ocenić, czy ortomozaika jest materiałem przydatnym w danym zastosowaniu.

Firma skorzystała w tym temacie z szansy jaką dają dofinansowania unijne i krajowe:

- otrzymała wsparcie na prace badawcze i rozwojowe oraz wdrożenie wyników tych prac w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Działanie 1.4-4.1 (rys. 1) dla projektu: „Opracowanie technologii wykonania ortomozaiki ze zdjęć lotniczych z samolotu bezzałogowego” (projekt trwa od października 2009 r. do września 2011 r.);
- otrzymała ze środków budżetowych na naukę wsparcie projektu celowego pt. „Wykorzystanie obrazów wielospektralnych wykonanych z bezzałogowych statków la-

- tających (BSL) do zastosowań w badaniu stanu środowiska na przykładzie inwentaryzacji uszkodzeń biotycznych w lasach” (projekt trwa od kwietnia 2010 r. do maja 2011 r.);
- skorzystała ze wsparcia w ramach programu „Bon na innowacje” realizowanego przez PARP w ramach pomocy finansowej niezwiązanej z programami operacyjnymi. W 2009 r. Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej Wydziału Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej opracował dla firmy ekspertyzę pt. „Analiza dotycząca doboru autopilota dla realizacji zadań fotogrametrycznych z modeli latających”.

Cel projektu

Celem przedsięwzięcia było uzyskanie jak najlepszego (pod względem fotogrametrycznym) materiału fotograficznego wykonywanego powszechnie dostępnymi kamerami niemetrycznymi, z modelu samolotu i opracowanie ich do postaci ortomozaiki o jak najlepszej jakości.

Projekt realizowany w firmie jest przedsięwzięciem z pogranicza kilku dyscyplin. Są to lotnictwo, autonomiczne systemy sterowania, GIS, fotogrametria, inne. Należało poznać wiele szczegółów z każdej z dziedzin, gdyż od ich współdziałania zależy końcowy sukces. Obecnie projekt jest na dość zaawansowanym etapie, na którym możliwe jest pozyskanie materiału i opracowanie ortomozaiki o zaskakująco poprawnej jakości.

Model samolotu

Ostateczna wersja poszczególnych elementów systemu jest rezultatem współpracy ze specjalistami w poszczególnych dziedzinach (projektowanie aparatów latających, autonomiczne systemy sterowania, mechatronika) i stopniowego ich udoskonalania przez testowanie. Pierwotnie model samolotu miał układ latającego skrzydła, co było inspirowane stosowanymi na świecie rozwiązaniami (<http://www.smartplanes.se/technical/specifications>, <http://www.gatewing.com/>, <http://aggieair.usu.edu>, <http://www.sensefly.com/products/swingletcam>). Testowany był napęd dwusilnikowy. Docelowo układ samolotu przybrał klasyczną wersję motoszybowca o napędzie elektrycznym, o doskonałej linii aerodynamicznej. Charakteryzuje się bardzo stabilnym lotem i świetną statecznością.

W fazie startu i lądowania model sterowany jest zdalnie w trybie ręcznym. W fazie lotu, gdy wykonywane są zdjęcia sterowanie przełączane jest na tryb autonomiczny. Autopilot MP2128 wspiera się odczytami GPS o częstotliwości rejestracji sygnału 4 Hz, dzięki czemu bardzo precyzyjnie realizowany jest plan lotu. Autopilot otrzymuje dane o ciśnieniu statycznym i dynamicznym z rurki Pitot, co umożliwia precyzyjniejsze, niż tylko z GPS utrzymanie wysokości i prędkości lotu. Wyposażony jest również w czujniki kątów pochylenia i przechylenia modelu, które przekazują odczyty z częstotliwością 30 Hz. Przekłada się to na skuteczną stabilizację lotu.

Opracowanie fotogrametryczne

Projekt nalogu fotogrametrycznego wykonywany jest z założeniem, że uzyskuje się pokrycie podłużne zdjęć w granicach 70-80%, a poprzeczne 65-70%. Zakładając, że lot wykonywany jest ze stałą prędkością (zwykle 60 km/h) projektuje się wyzwalenie aparatu co 3-5,4 sekundy (w zależności od wysokości lotu – zwykle 300-400 m, formatu zapisu: RAW/JPG).

W celu wyeliminowania zmian w dystorsji układu optycznego stosowane są aparaty cyfrowe z obiektywem o stałej ogniskowej. Obecnie jest to Sigma DP2. Aparat poddawany jest kalibracji.

Wraz z nabieraniem doświadczenia w projektowaniu trasy, parametrów lotu, poznaniu właściwości autopilota uzyskano dużą powtarzalność trajektorii lotu. Odtworzenie zaplanowanej trasy jest podstawowym warunkiem uzyskania odpowiedniego materiału fotogrametrycznego (pokrycia).

Kolejnym istotnym czynnikiem jest kąt odchylenia osi optycznej od pionu. Najwartościowsze do opracowania ortomozaiki są zdjęcia wykonane pionowo. Dzięki dokładnym danym z lotu, odczytywanym z plików „log” po locie można przeanalizować kąty przechylenia i pochylenia modelu w momencie wykonywania zdjęć.

Przykładowa trasa nalotu fotogrametrycznego pokazana jest na rysunku 2. Punkty na tej trasie pokazują położenie środków rzutów zdjęć (miejsz z których wykonano zdjęcia). Kolorowymi kropkami oznaczono kąty przechylenia modeli.

Z serii pojedynczych zdjęć składana jest ortomozaika (rys. 4). Proces przebiega półautomatycznie w specjalistycznym oprogramowaniu i wspomagany jest danymi z parametrów lotu (wysokość, kąty pochylenia, przechylenia, kursu) oraz współrzędnych środków rzutów zdjęć odczytanych z rejestru autopilota. Obecnie uzyskano testowe opracowania dla obszaru kilku kilometrów kwadratowych z pojedynczego nalotu, złożone z 400-500 zdjęć (rys. 3). Część z takich opracowań powstała w ramach współpracy przy opracowywaniu materiału do pracy doktorskiej A. Zmarz: „Zastosowanie bezzałogowych statków latających do pozyskania danych obrazowych o lesie”, prowadzonej na Wydziale Leśnym SGGW.

Rozdzielczość terenowa takiego opracowania wynosi ok. 10-15 cm. Na rysunku 5 pokazano kilka fragmentów ww. ortomozaiki w zbliżeniu. Pozwala to na wyróżnienie na materiale bardzo niewielkich obiektów.

Podczas ostatnich testów wykładana była sygnalizacja osnowy geodezyjnej w postaci znaków wykonanych z białej płyty o wymiarach 30x30 cm. Położenie osnowy geodezyjnej było pomierzone GPS o odpowiednio wysokim poziomie dokładności. Nazemne punkty osnowy były uwzględniane przy opracowywaniu ortomozaiki. Na rysunku 6 pokazano położenie kilku sfotografowanych punktów na ortomozaice względem punktów osnowy geodezyjnej. Dokładność położenia punktu ortomozaiki można oszacować wstępnie na średnio kilkadziesiąt centymetrów. Umożliwia to dokonywanie pomiarów dla gospodarki leśnej (wielkości zrębów, gniazd, powierzchni pokłeskowych, itp.).

Jak przystało na prawdziwą technologię fotogrametryczną, uzyskuje się w tym procesie także numeryczny model pokrycia terenu (NMPT) (rys. 7). Nie został jeszcze oszacowany poziom dokładności otrzymanego NMPT. Wyrywkowe pomiary pokazują na poprawne odwzorowanie wysokości. NMPT uzyskany wprost z procesu charakteryzuje się pewnym zgeneralizowaniem odwzorowania ukształtowania powierzchni. Dalsze prace badawcze dostarczą więcej wniosków i przyczynią się do udoskonalenia opracowania.

Projekt przewiduje przetestowanie i wdrożenie wykonywania opracowań w zakresie podczerwieni. Podkreśla się ich przydatność w badaniu środowiska (zdrowotność roślinności, uwilgotnienie, itp.). W tym celu został zmodyfikowany egzemplarz aparatu cyfrowego w taki sposób, by rejestrował na matrycy promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni. Wykonano pierwsze zdjęcia takim aparatem (rys. 8) i firma przygotowuje się do opracowania i analizy ortomozaiki w zakresach kanałów RGB oraz IR.

Zaawansowanie prac badawczo-rozwojowych

Obecnie system jest w fazie rozwijania i testowania. Na dzień dzisiejszy składa się z:

- modelu samolotu AVI-1 (rys. 9): konstrukcja kompozytowa; pełna mechanizacja płata; napęd elektryczny; udźwig: 2 aparaty kompaktowe lub 1 lustrzanka; długotrwałość lotu ok. 1 godziny; rozpiętość 3,5 m; wyposażenie w autopilota;
- komputera i aplikacji stacji naziemnej (rys. 10): połączenie radiomodemowe z autopilotem modelu samolotu w locie; pełna kontrola lotu *on-line* (położenie, parametry lotu); możliwość sterowania *on-line*; planowanie lotu; symulacja lotu (np. dla celów kontroli);
- zestawu fotografującego: aparaty o stałej ogniskowej; aparaty kalibrowane; wyzwalone automatycznie w czasie lotu ze stałym interwałem pomiędzy zdjęciami; uzyskiwane pokrycie podłużne 70-75%; uzyskiwane pokrycie poprzeczne 60-70%.



Rys. 9. Model samolotu AVI-1

Składanie ortomozaiki obejmuje pełen proces: aerotriangulację, ortorektyfikacja, tworzenie NMPT, mozaikowanie, wyrównanie tonalne (jeśli zachodzi potrzeba).



Rys. 10. Aplikacja stacji naziemnej w trakcie nadzoru lotu

Podsumowanie

Realizacja wymienionych we wstępie projektów badawczo-rozwojowych jest na półmetku. Przedstawione w artykule wyniki dotychczas prowadzonych prac pozwalają mieć nadzieję, że proponowana technologia opracowania ortomozaiki z materiału uzyskanego niemetrycznymi aparatami cyfrowymi z pokładu modeli latających znajdzie szerokie zastosowanie w Lasach Państwowych, m.in. do wspomaganie prac inwentaryzacyjnych i interpretacyjnych, prowadzenie pomiarów oraz przy tworzeniu map wektorowych.

Literatura

- Colomina I., Blazquez M., Molina P., Pares M.E., Wis M., 2008: Towards a new paradigm for high-resolution low – cost photogrammetry and remote sensing. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1.
- Eisenbeiss H., 2008: The autonomous mini helicopter a powerful platform for mobile mapping. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1.
- Eugster H., Nebiker S., 2008: UAV – based augmented monitoring – real-time georeferencing and integration of video imagery with virtual globes. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1.
- Everaerts J., 2008: The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1.
- Zongjian L., 2008: UAV for mapping – low altitude photogrammetric survey. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1.
- <http://www.gatewing.com/>, <http://aggieair.usu.edu> (dostępna listopad 2010).
- <http://www.sensefly.com/products/swinglet-cam> (dostępna listopad 2010).
- <http://www.smartplanes.se/technical/specifications> (dostępna listopad 2010).

Abstract

Taxus SI Ltd. with the support of EC and national donations implements the technology of orthomosaic based on airborne photos taken with non-metric digital camera from the board of UAV. It is possible to acquire a valuable photogrammetric product, which can be effectively used in various implementations: inventory and interpretation support, measurements, vector maps creation etc. A flying set is prepared consisting of specially designed airplane model with electric motor and equipped in autopilot, which can take two compact cameras or one LSR digital calibrated camera. It flies up to 1 hour and provides hundreds of airborne photos enabling creation of orthomosaic for an area of several square kilometers. A typical ground resolution is 10-15 cm and accuracy is estimated at 40-70 cm. At the same time, a DSM is generated. IR airborne photos were taken with the use of a modified compact camera. An IR orthomosaic is in preparation. Works will be continued till September 2011.

mgr inż. Anna Zmarz
doktorantka na Wydziale Leśnym SGGW
azmarz@taxussi.com.pl

Wieńczysław Plutecki
wplutecki@taxussi.com.pl

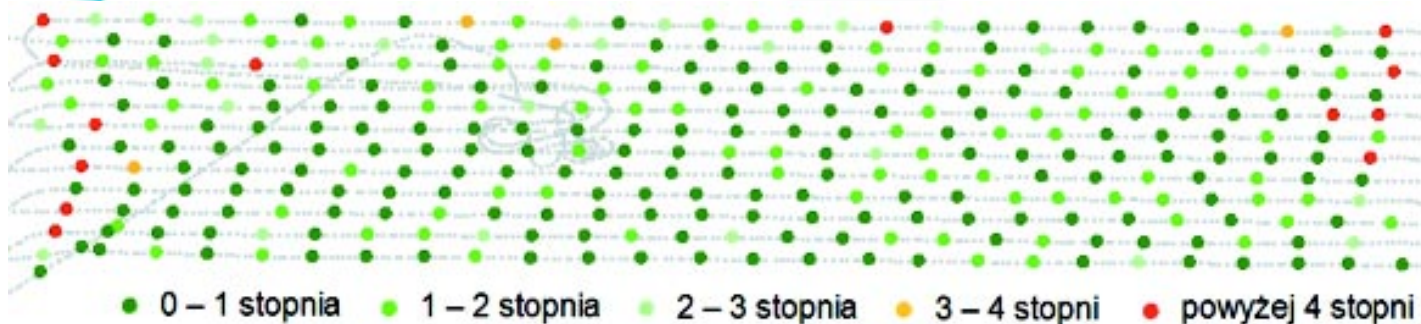
www.taxussi.com.pl
tel. +48 22 824 58 98



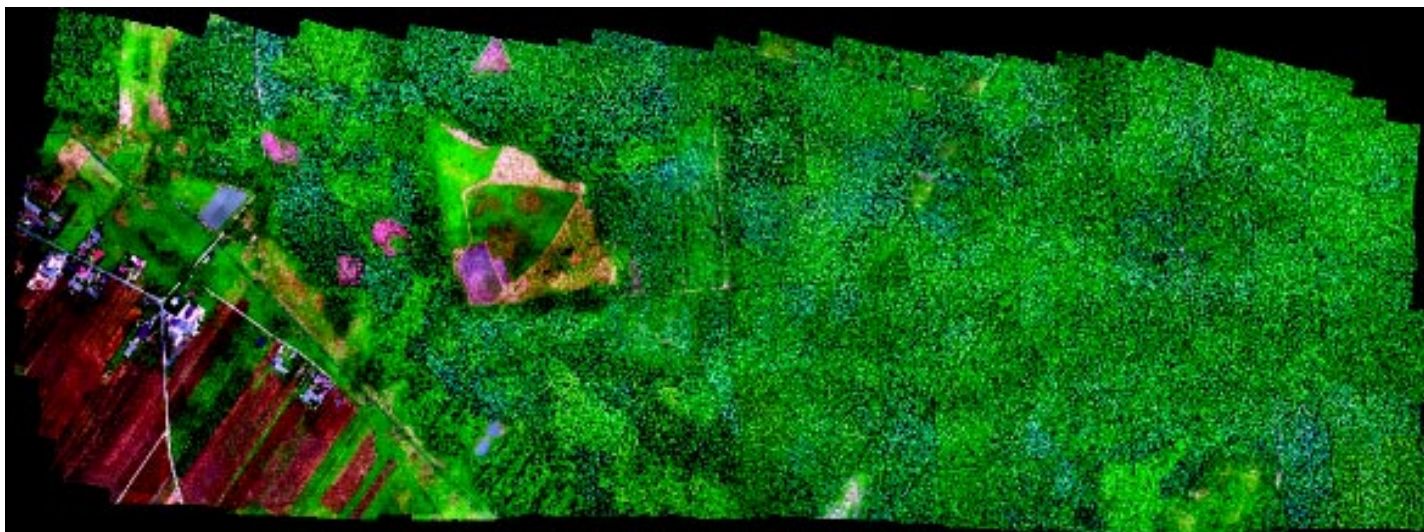
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Rys. 1. Logo Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka oraz Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Rys. 2. Kąty przechylenia modelu w momencie wykonywania zdjęć



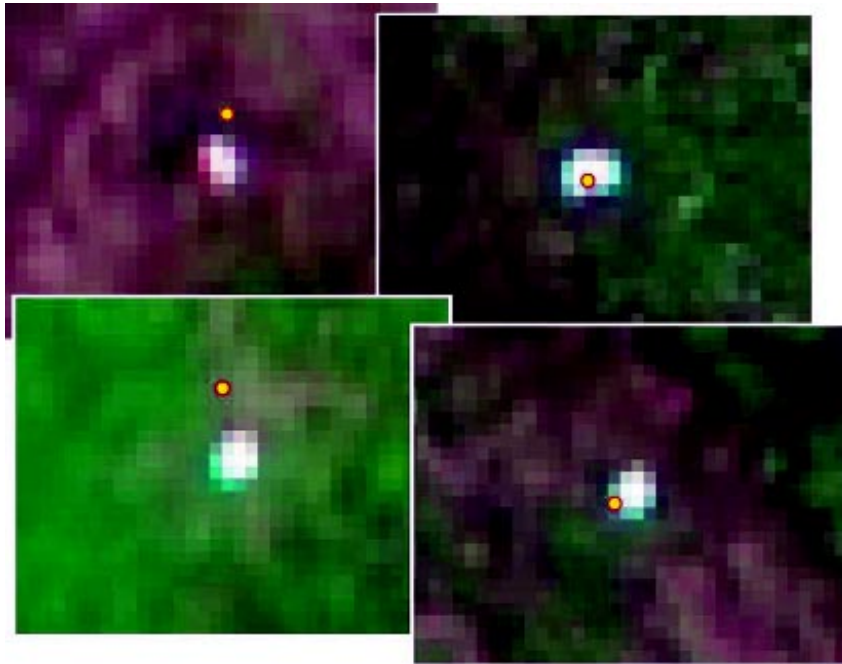
Rys. 3. Przykładowe ujęcia z pokładu modelu samolotu



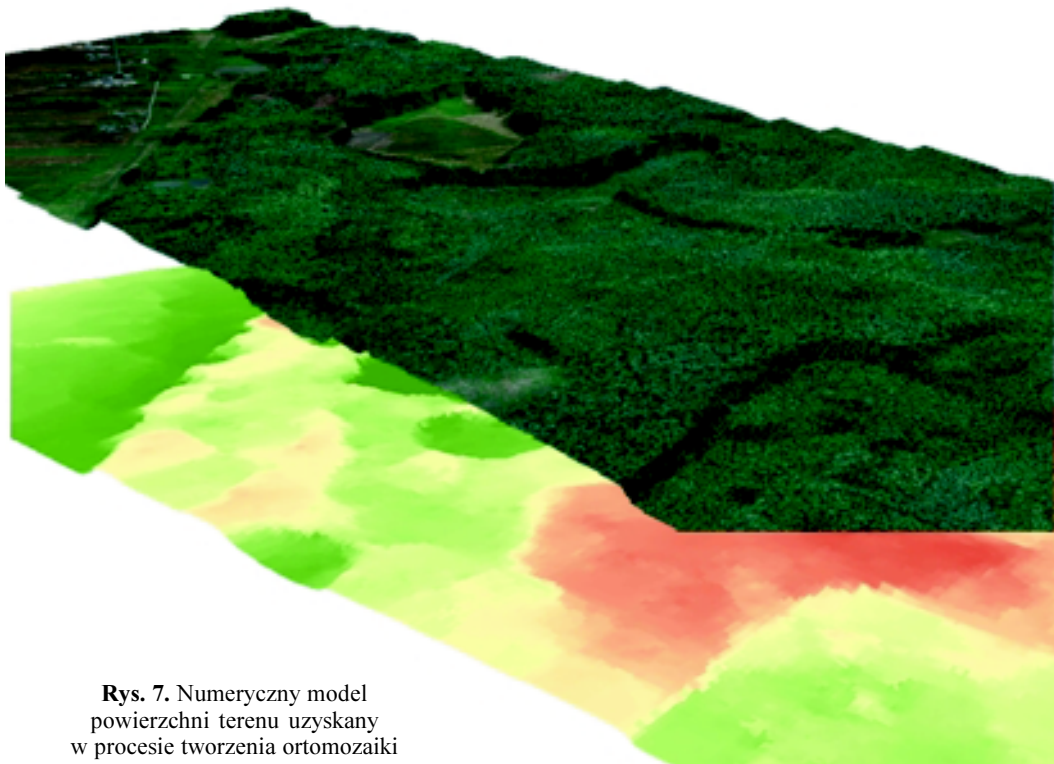
Rys. 4. Jedna z przykładowych ortomozaik – obszar ok. 800 x 3000 m (źródło: praca doktorska A. Zmarz „Zastosowanie bezzałogowych statków latających do pozyskania danych obrazowych o lesie”, Wydział Leśny SGGW, we współpracy z Taxus SI Sp. z o.o.)



Rys. 5. Fragmenty ortomozaiki w powiększeniu (źródło: praca doktorska A. Zmarz „Zastosowanie bezzałogowych statków latających do pozyskania danych obrazowych o lesie”, Wydział Leśny SGGW, we współpracy z Taxus SI Sp. z o.o.)



Rys. 6. Porównanie położenia kilku punktów terenowej osnowy geodezyjnej widocznych na ortomozaice oraz ich położenia z pomiaru GPS; wielkość terenowa piksela: 14 cm



Rys. 7. Numeryczny model powierzchni terenu uzyskany w procesie tworzenia ortomozaiki



Rys. 8. Przykładowe zdjęcie w zakresie podczerwieni wykonane zmodyfikowanym aparatem cyfrowym