

WSTĘPNA ANALIZA PRZYDATNOŚCI WIELOSPEKTRALNYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH DO FOTOGRAMETRYCZNEJ INWENTARYZACJI STRUKTUR PRZESTRZENNYCH W DRZEWOSTANACH³

Streszczenie. *W referacie zostanie przedstawiona analiza przydatności fotogrametrii w aspekcie inwentaryzacji struktur przestrzennych w drzewostanach na przykładzie wielospektralnych zdjęć lotniczych wykonanych kamerą MSK-4.*

1. Wprowadzenie

Od wielu lat w SGGW prowadzone są badania nad wykorzystaniem technik geomatycznych do analizy stanu i zmian obszarów leśnych. Do tego celu służą m.in. liczne doświadczenia realizowane w rejonie Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW w Rogowie. W tym roku baza danych została powiększona o wielospektralne zdjęcia lotnicze, wykonane w skali 1:16 000. Na zdjęciach tych rozpoczęto wykonywanie analiz, których celem jest ocena przydatności pod kątem fotogrametrycznej inwentaryzacji struktur przestrzennych w drzewostanach.

2. Pozyskanie danych fotogrametrycznych

Celem wykonania różnorodnych analiz drzewostanu na wybranych obszarach testowych zaprojektowano nalot fotogrametryczny, z rejestracją danych obrazowych w kilku kanałach spektralnych. Obszary testowe pokryto z pewnym zapasem (w celu umożliwienia wykonania aerotriangulacji). Wybrane pola testowe charakteryzowały się tym, że znajdowały się tam kilkuletnie dane pomiarowe oraz wykonane kilka lat wcześniej spektrostrefowe zdjęcia lotnicze.

W projekcie wykorzystano czteroobiektywową kamerę spektralną MKS-4 (*niem. Multispektral-Kamera*, produkcji zakładów Carl Zeiss JENA). Kamera, której bazą była wcześniejsza MKF-6, pozwala na jednoczesną rejestrację czterech kanałów spektralnych. Do dyspozycji jest sześć specjalnych filtrów: 480 nm, 540 nm, 600 nm, 660 nm, 720 nm, 840 nm.

¹ SGGW w Warszawie, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa.

² AGH w Krakowie.

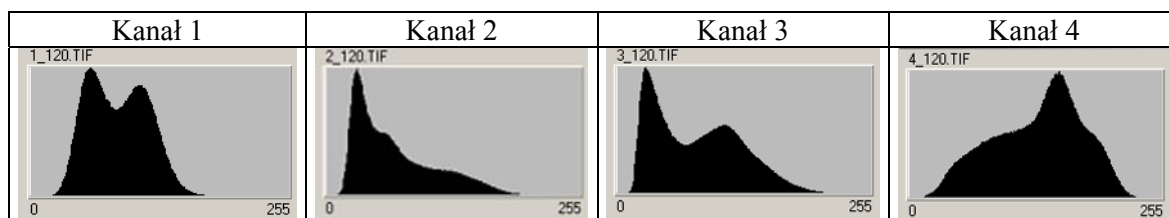
³ Praca naukowa finansowana częściowo ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003/2004 jako projekt badawczy 3 P06L 008 24 "Fotogrametryczna metoda badania stanu i zmian struktury przestrzennej drzewostanów".

W projekcie wykorzystano następujące filtry: zielony (o maksimum przepuszczalności 540 nm), czerwony (660 nm) i w dwa zakresy podczerwieni (720 oraz 840 nm). Kamera MSK-4 jest wyposażona w obiektyw PINTAR 4/125 o zdolności rozdzielczej 125 linii/mm. Zaprojektowano skalę zdjęć 1:16 000 przy stałej kamery $c_k=125.03$ mm. Termin nalotu wybrano w środku okresu wegetacji, tj. dla miesięcy lipiec-sierpień. Narzucono odpowiednie warunki dla wykonania nalotu: bezchmurna pogoda, godziny południowe, przy możliwie najwyższym położeniu słońca, dla czasu naświetlenia ustawionego na las. Kierunek nalotu wschód-zachód. Przed nalotem sygnalizowano fotopunkty, poprzez wyłożenie uprzednio przygotowanych płacht. Współrzędne fotopunktów pomierzono techniką GPS.

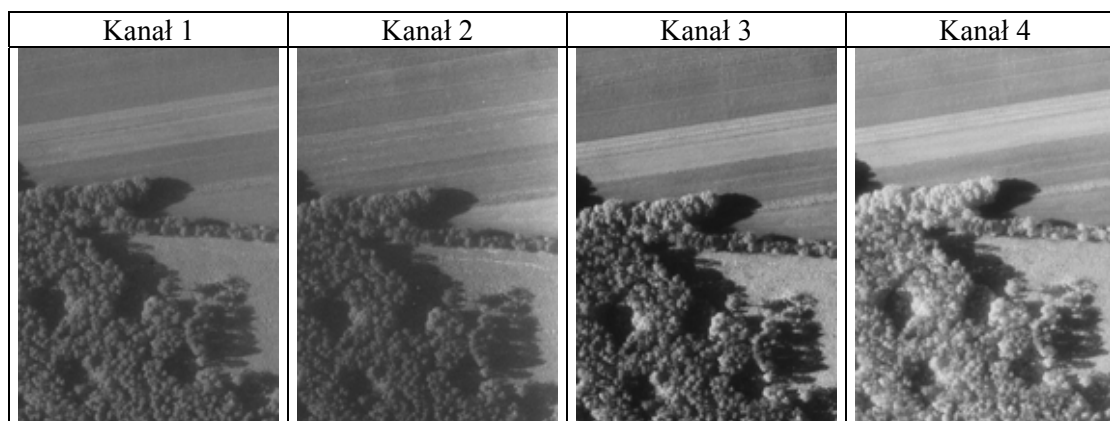
Nalot został wykonany dla dwóch obszarów testowych (Rogów i Głuchów).

Założono pokrycie podłużne 60 % oraz poprzeczne 25 %. Format zdjęć 55 na 80 mm ustawiony pionowo tj. krótszy bok zdjęcia znajdował się wzdłuż kierunku nalotu. W projekcie wykorzystano film *Kodak Infrared Aerographic Film 2424*.

Proces wywołania przebiegł prawidłowo. Naświetlone i wywołane rolki filmów (cztery) poddano skanowaniu na profesjonalnym skanerze fotogrametrycznym Photoscan TD -1 z rozdzielczością 14 mikrometrów i przy parametrach gęstości optycznej (opcja „density”) ustawionych tak, aby oddać pełny zakres histogramu dla zdjęć w poszczególnych kanałach (rys. 1 i 2). Obrazy zostały zapisane w formacie TIFF na 256 poziomach jasności.



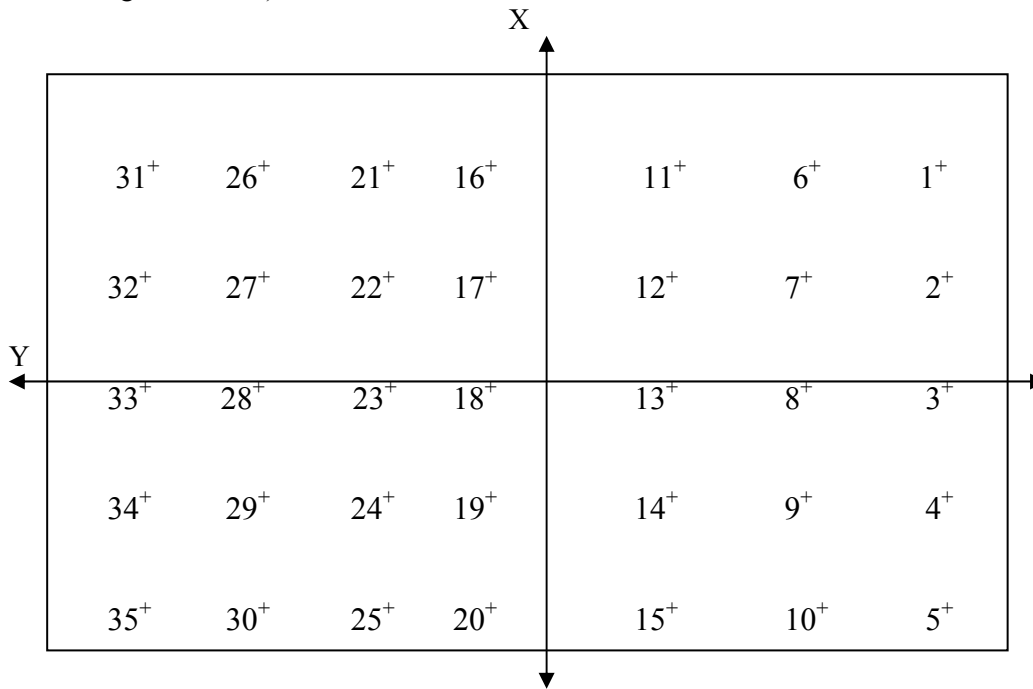
Rys.1 Histogramy tego samego fragmentu obrazu w czterech kanałach spektralnych.



Rys. 2 Fragment obrazu w czterech kanałach spektralnych.

3. Analiza materiałów i orientacja modeli

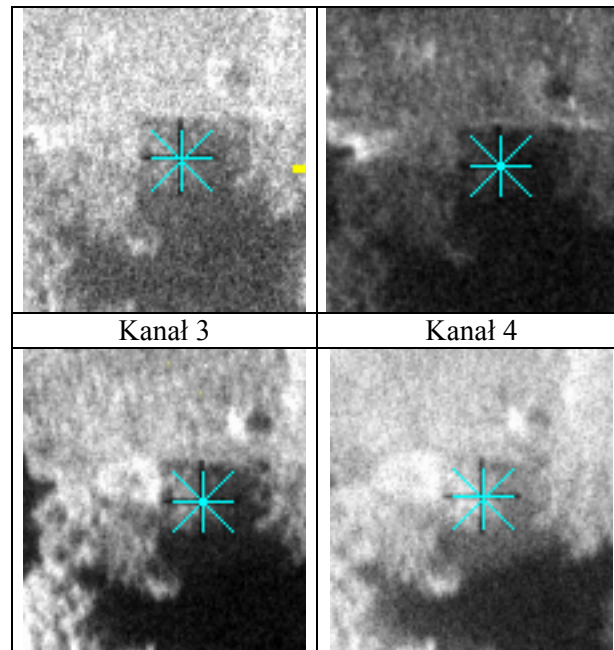
Wstępną analizę zdjęć wykonano w oparciu o wytyczne techniczne K-1.7. Celem sprawdzenia geometrii zdjęć wykonano orientacje wewnętrzną na VSD (Video Stereo Digitizer AGH).



Rys. 3 Szkic rozmieszczenia krzyży siatki reseau odfotografowanej na zdjęciach w kamerze MSK-4.

Orientacja została wykonana na krzyże siatki reseau. Średni błąd wpasowania zdjęcia we współrzędne siatki reseau, po transformacji biliniowej, kształtował się na poziomie 0,5 piksela (przykład rozmieszczenia siatki krzyży na zdjęciu – rys.3). Następnie wybrano przykładowe modele (po trzy z każdego kanału). Ponieważ w przypadku zdjęć wielospektralnych istotnym zagadnieniem jest współosiowość kamer, dlatego na kilku wybranych krzyżach siatki sprawdzono, czy treść znajdująca się w tle krzyża pokrywa się we wszystkich kanałach. Stwierdzono dość dobrą zgodność (w granicach błędów identyfikacji i pomiaru). Ukazuje to rys.4.

Kanał 1	Kanał 2
---------	---------



Rys. 4 Przykład tego samego krzyża siatki reseau na czterech obrazach w kolejnych kanałach spektralnych.

W kolejnym etapie wykonano orientację wzajemną. W tym celu, na każdym modelu pomierzono 12 punktów charakterystycznych i uzyskano dokładność na poziomie 0,5 piksela (średnia paralaksa szczątkowa). Wpływ na dokładność miała trudna identyfikacja szczegółów przy wyborze punktów (drzewa).

Kolejnym krokiem była orientacja bezwzględna. Ponieważ na tym etapie projektu nie została wykonana aerotriangulacja, orientacji dokonano na podstawie istniejących podkładów mapowych, obniża to co prawda dokładność opracowania (nie korzystamy z punktów sygnalizowanych), ale do naszych celów jest to w zupełności wystarczające (lokalizacja określonych grup drzewostanu). Na tym etapie uzyskano dokładności na poziomie ok. 1,75 m (RMS). Pomiaru modeli dokonano w systemie VSD. Kontrole poprawności wykonania orientacji przeprowadzono odczytując współrzędne terenowe tych samych punktów na modelach w czterech zakresach spektralnych. Otrzymano zgodność na poziomie błędów orientacji bezwzględnej, co potwierdza poprawność dotychczasowych operacji.

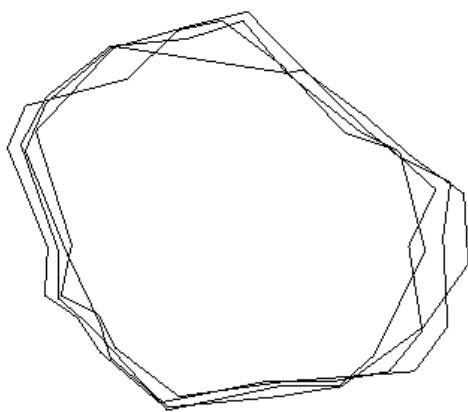
4. Rejestracja struktur przestrzennych drzewostanów

Przedmiotem zainteresowania były tzw. gniazda, tj. różnej wielkości powierzchnie (kilka - kilkanaście arów), które powstają na skutek usunięcia części dojrzałego drzewostanu w ramach przyjętego sposobu gospodarowania. Gniazda są wykonywane w celu wprowadzenia nowego pokolenia lasu, które będzie wzrastać w otoczeniu i pod

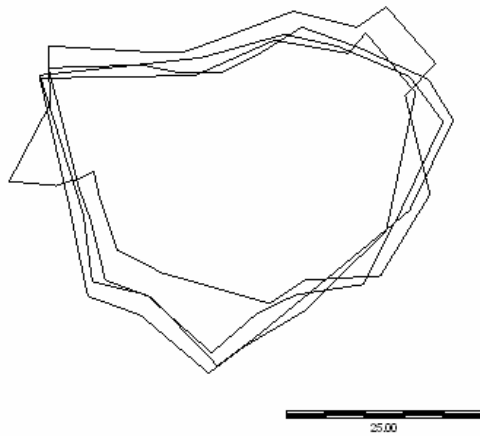
osłoną drzewostanu macecznego. Z praktycznego punktu widzenia, informacja o wielkości, kształcie i położeniu gniazd, ma dla leśnika istotne znaczenie. Współcześnie jednak, gniazda nie są przedmiotem inwentaryzacji, wykonywanej w odstępach 10-letnich w ramach prac urządzania lasu. Na przeszkodzie stoi wysoki koszt naziemnych prac pomiarowych. Z tego powodu postuluje się, aby do inwentaryzacji gniazd i podobnych do nich struktur wykorzystywać techniki fotogrametryczne.

Z doświadczeń nad wykorzystaniem wielospektralnych zdjęć lotniczych do interpretacji obszarów leśnych wiadomo, że poszczególne kanały spektralne przenoszą inny zakres informacji, co przejawia się w różnej ich przydatności do oceny np. składu gatunkowego lub kondycji zdrowotnej drzewostanów.

W niniejszej pracy postanowiono ocenić, czy warunki te mogą także istotnie wpływać na wyniki fotogrametrycznej inwentaryzacji gniazd. Przy wykorzystaniu zdjęć pochodzących z tego samego nalotu fotogrametrycznego, w podobny sposób zestrojonych do modeli stereoskopowych, można oczekiwać, że ewentualne różnice wyników inwentaryzacji będą wynikać z różnych warunków obserwacji poszczególnych kanałów spektralnych. Na obszarze uroczyska Doliska Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW w Rogowie wykonano inwentaryzację 10 gniazd - niezależnie na 4 modelach stereoskopowych, zbudowanych na bazie wcześniej wymienionych kanałów zdjęć wielospektralnych. Stwierdzono, że występują różnice pomiędzy wynikami inwentaryzacji, które wyrażają się w różnej lokalizacji przestrzennej (X, Y, Z) poligonów opisujących gniazda (rys. 5).



25.00



Rys. 5. Wyniki inwentaryzacji dwóch gniazd na czterech modelach stereoskopowych, zbudowanych na czterech różnych zakresach wielospektralnych zdjęć lotniczych

Stwierdzono, że zaobserwowane różnice przebiegu granic gniazd powstają na skutek:

- odmienniej interpretacji przebiegu granicy mimo, iż pomiar wykonał ten sam obserwator,
- nieczytelności szczegółów na zdjęciach, szczególnie z zakresu czerwieni oraz bliskiej podczerwieni (kanały 2, 3).

Trudności w odczytaniu treści obrazów wystąpiły w obszarach zacienionych. Zauważono także, że w wymienionych powyżej kanałach, utrudniona jest obserwacja wierzchołków drzew.

Odmiernym problemem jest inwentaryzacja drzew należących do młodego pokolenia, rosnącego w gniazdach. Pomiar fotogrametryczny tych obiektów wydaje się być szczególnie kłopotliwy, ze względu na znaczne ocienienie (efekt studni). Także tutaj zaobserwowano, że najwięcej szczegółów jest widocznych na obrazach z kanałów 1 (zieleń) oraz 4 (podczerwień).

Jak wynika z wykonanych obserwacji, problem doboru odpowiedniego zakresu spektralnego, może mieć znaczenie nie tylko w interpretacji zdjęć lotniczych, lecz także przy wykorzystywaniu ich w inwentaryzacji fotogrametrycznej. W dalszych etapach badań należy ocenić, w jakim stopniu obserwowane rozbieżności przebiegu granic gniazd, wpływają na istotne z gospodarczego punktu widzenia wielkości, charakteryzujące drzewostany, np.: pole powierzchni drzewostanu dojrzałego, zasobność drewna itp.