

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Rafała FRĄCKOWIAKA

pt. BADANIE I OPTYMALIZACJA ZASTOSOWAŃ
KAMER MULTI-SPEKTRALNYCH I TERMOWIZYJNYCH W INŻYNIERII LEŚNEJ

Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa dotyczy opracowania oraz przeprowadzenia badań mobilnego zestawu przeznaczonego do monitorowania stanu lasów oraz oszacowanie populacji zwierzyny w lasach, z wykorzystaniem obserwacji multispektralnych, w paśmie widzialnym i podczerwieni. Powyższy sens badawczy rozprawy odzwierciedlają i potwierdzają przedstawione w rozprawie tezy i cele rozprawy. Tematyka rozprawy ma ważne znaczenie dla prawidłowej oceny stanu leśnego środowiska naturalnego oraz szeroko rozumianej gospodarki leśnej.

Zagadnieniem wprowadzającym do rozważań merytorycznych jest przybliżenie obiektu badań, jakim były wybrane obszary Nadleśnictwa Czarna Białostocka. Obiekt badań został wyczerpująco scharakteryzowany pod kątem właściwości terenowych, klimatycznych, pogodowych oraz występującego drzewostanu i zwierzyny.

W kolejnych rozważaniach Doktorant przeprowadził dyskusję emisyjnych właściwości rozpatrywanego drzewostanu i zwierzyny jako źródeł promieniowania cieplnego oraz obiektów odbijających fale widzialne. Przedstawiona analiza spektralna umożliwiła sformułowanie wymagań pasmowych i energetycznych na część pomiarową opracowywanego zestawu, w postaci kamer multispektralnych. Z kolei, przyjęcie założeń na wysokość i prędkość lotu zestawu pozwoliło na rozwinięcie i udokładnienie wymagań na rozdzielczość matrycy oraz charakterystyki optyczno-geometrycznych obiektywów.

Dużo uwag poświęcono czytelności rejestrowanych termogramów, która zależy od pory roku, kontrastu termicznego oraz chłodzącego wiatru. Aby uzyskać wydajniejsze różnicowanie indeksu wegetacyjnego, w kamerach wykorzystano trzy kanały spektralne. Rozdzielczości wybranych kamer spełniają limity dyfrakcyjne.

Wybrany BSP integruje część pomiarową wraz z układem stabilizacji położenia osi optycznej obiektywów, spełnia wymagania na założony czas lotu oraz spełnia wymagania i ograniczenia prawne. Wykonane terenowe testy funkcjonowania BSP i kamer potwierdziły poprawność zaproponowanych rozwiązań.

Dla przyjętych do inwentaryzacji obszarów opracowano metodyki badań. Wyznaczone zostały parametry lotu zapewniające możliwie najlepsze wykorzystanie kamer multispektralnych, przy bezpiecznym prowadzeniu lotu, w warunkach ograniczonej widoczności oraz przestrzeganiu obowiązujących przepisów dotyczących BSP.

Na przestrzeni 2 lat wykonano wiele lotów kontrolnych, w zróżnicowanych warunkach pogodowych, termicznych oraz różnych porach roku, wysokościach i prędkościach. Badano zasięg łączności zestawu w terenie leśnym oraz w przestrzeni otwartej. Weryfikowano użyteczność pomiarową wytypowanych kamer. Przeprowadzono pomiary natężenia dźwięku generowanego przez BSP, dla różnych warunków startu i lotu, pod kątem oddziaływania hałasu na zwierzęta.

Uzyskane wyniki rejestracji poddane zostały przetwarzaniu i uogólnieniom, wykorzystując do tego celu specjalistyczne oprogramowanie: do opracowania ortofotomap oraz obliczania indeksów wegetacyjnych. Wygenerowane ortofotomapy oraz zdjęcia z kamer przetwarzano w dedykowanym oprogramowaniu do przestrzennej analizy badanego terenu.

Notatka jasno opisuje rozwiązywane problemy i jest bogato ilustrowana wynikowymi zdjęciami i grafikami.

Ocena merytoryczna osiągnięć przedstawionych w rozprawie

Zadania w rozprawie są usystematyzowane i konsekwentnie realizowane. Świadczy to o umiejętnościach Doktoranta w zakresie zaplanowania złożonych badań, ich organizacji oraz skutecznym prowadzeniu. Unikalną cechą rozprawy jest jej interdyscyplinarny charakter, obejmujący elementy następujących dziedzin nauki i techniki: biologii lasu, promieniowanie termalne roślinności i zwierząt, miernictwo, układy rejestracji obrazów,

aerodynamika, BSP, zdalne sterowanie, anteny i propagacja fal, geodezja, geoinformatyka oraz planowanie eksperymentów.

Wytypowany BSP integruje część pomiarową wraz z układem stabilizacji osi optycznej obiektywów, spełnia wymagania na założony czas lotu oraz spełnia wymagania i ograniczenia prawne. Wykonane terenowe testy działania BSP i kamer potwierdziły poprawność zaproponowanych rozwiązań.

Opracowane metodyki badań spełniają warunki skutecznej oceny stanu badanego drzewostanu oraz zapewniają lokalizację zdegradowanych obszarów lasu, wymagających natychmiastowej interwencji. Wyniki badań posłużyły do wskazania miejsc zdegradowanych, które zostały potwierdzone w terenie.

Opracowany zestaw pozwala na bezinwazyjne oszacowanie liczebności populacji zwierząt bytujących w terenie leśnym, przy minimalnym zagrożeniu hałasem.

Uzyskane przez Doktoranta wyniki mają fundamentalne znaczenie dla rozwoju nowoczesnych metod oceny stanu leśnego środowiska naturalnego oraz sposobów zarządzania gospodarką leśną.

Mankamenty i niedociągnięcia rozprawy

Na wyświetlanych termogramach brak jest informacji o podstawowym parametrze jakim jest czas ekspozycji, od którego zależy stopień degradacji zdjęcia, w szczególności jego ostrość i rozróżnialność. Czasy ekspozycji są ważne w sytuacjach występowania dużych prędkości kątowych linii obserwacji przedmiotów terenowych, a taka podczas badań zachodziła.

Rozdzielczość terenowa zależy od skuteczności stabilizacji osi optycznej kamery przez gimbal. W notatce nie wspomniano o tym negatywnym zjawisku. Czy eksperymentalnie weryfikowano ten parametr.

Operowanie wynikami głośności, z dokładnością do dziesiątych i setnych części decybelu budzi wątpliwości natury pomiarowej i probabilistycznej. Tym bardziej, że dla wykorzystywanego decybelomierza dokładność pomiaru natężenia dźwięku wynosi $\pm 1.5\text{dB}$.

Nie jasne są również motywy wyznaczania charakterystyk statystycznych hałasu (wartości średniej oraz wariancji) mierzonego dla różnych odległości od BSP. Przedstawione w tabelach średnie oraz wariancje są formalnie prawidłowe z matematycznego

punktu widzenia, lecz liczenie np. wariancji z różnicy poziomów nie ma sensu fizycznego, bowiem, ze względu na silne zniekształcenia funkcją logarytmiczną, nie niosą żadnej informacji o średnim poziomie hałasu i jego fluktuacjach.

Przy charakteryzowaniu zwierzyny jako obiektów badania nie wspomina się o naturalnej mobilności zwierząt. Znajomość skłonności do przemieszczania w terenie ułatwiłaby planowanie tras lotów tak, aby zminimalizować wielokrotne policzenia.

We wnioskach końcowych sformułowano uwagę „Rozmycie ortofotomapy wynika ze zbyt dużej prędkości lotu”. Jest to jak najbardziej trafny wniosek i pokrywa się uwagą Doktoranta, dotyczącą zatrzymywania BSP i wykonywania zdjęć w zawisie.

Niejasności interpretacyjne budzi zobrazowanie rys.35 oraz umieszczony podpis pod rysunkiem.

W notatce spotyka się niefortunne sformułowania w stylu: „najbardziej optymalne” „możliwie optymalne”.

Pytanie do Doktoranta „Co należy zmienić w warunkach badań, aby zwiększyć skuteczność wykrywania i identyfikacji zwierzyny”.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone testy i badania weryfikacyjne w pełni potwierdzają dużą przydatność i skuteczność opracowanych metodyk oraz rozwiązań sprzętowych i programowych do badań stanu leśnego ekosystemu.

Stwierdzam, że zakładane w rozprawie tezy badawcze zostały potwierdzone, a postawione cele badawcze zostały osiągnięte.

Biorąc pod uwagę poziom merytoryczny rozprawy, oryginalny dorobek oraz wysoka użyteczność praktyczną uzyskanych rezultatów stwierdzam, że opiniowana praca mgr inż. Rafała Frąckowiaka **spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim** przez aktualnie obowiązującą Ustawę o tytule i stopniach naukowych i dlatego zasługuje na dopuszczenie do publicznej obrony rozprawom doktorskim.

