



PRZEWODNICZĄCY RADY DISCYPLINY
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg

Dr hab. inż. Janusz Będkowski

WPŁYNĘŁO

Warszawa, 06.03.2025

Instytut Podstawowych Problemów Techniki

IPPT PAN

Recenzja rozprawy Pana mgr. inż. Marka Retingera pt.: „Rozwój metod śledzenia markerów pasywnych dedykowanych dla lekkich jednostek latających z wykorzystaniem optycznych systemów przechwytywania ruchu”

Rozprawa Pana mgr. inż. Marka Retingera pt.: „Rozwój metod śledzenia markerów pasywnych dedykowanych dla lekkich jednostek latających z wykorzystaniem optycznych systemów przechwytywania ruchu” w ramach dyscypliny naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, w ramach dziedziny nauk: Nauki Inżynieryjno-Techniczne dotyczy wyników badań Autora związanych z rozwojem technologii optycznych systemów przechwytywania ruchu i ich dostosowania do kontroli lotu lekkich jednostek latających.

Recenzja składa się z ośmiu części. Pierwsze sześć akapitów stanowi moją odpowiedź na informacje i zalecenia dla recenzentów sformułowanych przez Radę Naukową Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej. W mojej ocenie zalecenia te są uniwersalne i pomocne w opracowaniu niniejszej recenzji. Przedostatni akapit dotyczy krytycznych uwag końcowych na które oczekuje pisemnej odpowiedzi Autora. Ocenę końcową przedstawiłem w akapicie końcowym.

1. Jakie zagadnienie naukowe/badawcze jest rozpatrywane w pracy (cel i teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora?

Autor przedstawił następujące zagadnienia badawcze w rozdziale 1.2:

- Rozwój metod automatycznego doboru ustawień kamer systemów ang. „motion capture” pozwolił na zastosowanie mniejszych i lżejszych znaczników przy zachowaniu wysokiej jakości śledzenia.
- Zmiana technik materiałowych pozwoliła na budowę znaczników o zredukowanej masie, minimalizując ich wpływ na jednostki latające klasy MAV i niższych.
- Ograniczono wpływ znaczników na jednostkę latającą co poskutkowało wydłużeniem czasu trwania lotu oraz poprawiło jego charakterystykę i otworzyło nowe perspektywy badawcze.

Autor przedstawił następujące cele:

- Zdefiniowano wskaźniki jakości pozwalające na ocenę jakości śledzenia obiektu oraz porównano charakterystyki widoczności różnych materiałów retro refleksyjnych.
- Zbadano możliwości użycia materiałów retro refleksyjnych w kontekście budowy znaczników 2D oraz 3D przy zachowaniu masy nie wyższej niż w przypadku fabrycznych znaczników 3D, zapewniając czas śledzenia obiektu bliski 100%.
- Przeprowadzono analizę porównawczą wpływu znaczników o zredukowanym rozmiarze i masie na odtwarzanie trajektorii oraz czas trwania lotu jednostek klasy MAV i niższych.

- Opracowano algorytm automatycznego doboru podstawowych, konfigurowalnych parametrów kamer, pod kątem polepszenia widoczności znaczników.

W mojej ocenie problematyka badawcza zastała jasno sformułowana przez Autora.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle?

Bibliografia składa się ze 97 pozycji. Autor może pochwalić się znaczącym dorobkiem naukowym w ramach wymienionych 16 pozycji ze znaczącym udziałem własnym. Sumaryczny współczynnik IF jest imponujący.

Pozycje literaturowe przypadają na lata 1960 – 2025, tylko dziewięć pozycji jest z 2024 roku i jedna z 2025 roku.

Przegląd literatury został przedstawiony w rozdziale drugim „Charakterystyka systemów przechwytywania ruchu i aktualny stan wiedzy”. Autor przedstawia systemy przechwytywania ruchu, klasyfikację podstawowych systemów pozycjonowania obiektów, omawia optyczne systemy przechwytywania ruchu, materiały retrorefleksyjne, aktualny stan wiedzy a na koniec tego rozdziału przedstawia przesłankę że powyższa analiza stanowi motywację oraz punkt wyjścia do pracy badawczej, zrealizowanej oraz opisanej w rozprawie.

W mojej ocenie zabrakło opisu innych technik śledzenia ruchu m. in. opartych na znacznikach ARUCO, ChArUco, czy też technikach opartych np. o pryzmat geodezyjny z automatycznym śledzeniem zrobotyzowanym tachimetrem, czy też odtwarzania trajektorii wykorzystując LiDAR-SLAM, CAMERA-SLAM czy też po prostu odbiornik GNSS.

3. Czy autor rozwiązał podstawowe zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Autor zaproponował wskaźniki jakości, pozwalające na ocenę jakości śledzenia obiektu oraz pojedynczych markerów pasywnych, składających się na niego. Autor przeprowadził eksperymenty walidujące w różnych laboratoriach, o różnej konfiguracji kamer, w ramach eksperymentów o odmiennej charakterystyce. Poprawność eksperymentów została potwierdzona w ramach przeprowadzonej analizy charakterystyk materiałów retrorefleksyjnych jak i automatycznego doboru ustawień kamer. Omówione wskaźniki mają także zastosowanie w przypadku wykrywania efektów rozmycia znaczników.

Założone cele badawcze zostały osiągnięte.

Autor przeprowadził eksperymenty w różnych laboratoriach. Eksperymenty zostały przygotowane oraz przeprowadzone z dbałością o powtarzalność oraz rzetelność otrzymanych wyników.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Autor wskazał trzy pozycje literaturowe bezpośrednio związane z rozprawą:

11. Retinger Marek, Michalski Jacek, Kozierski Piotr, Giernacki Wojciech, Toward improving tracking precision in motion capture systems, 2023 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), IEEE, 2023, pp. 919-925.

14. Retinger Marek, Michalski Jacek, Kozierski Piotr, Drapikowski Paweł, Ensuring High Visibility of Passive Markers at Fixed Camera Gain Using Divide and Conquer Method, IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 9, no. 11, pp. 9741-9748, Nov. 2024 (200 pkt., IF = 4,6).

15. Retinger Marek, Michalski Jacek, Kozierski Piotr, Flat Marker: Reducing the weight of motion capture markers for micro flying robots, Robotics and Autonomous Systems, vol. 184, Feb. 2025 (140 pkt., IF = 4,3)

Podkreślam, że te artykuły pokazują znaczący „impact” Autora w zakresie opracowania systemu śledzenia lekkich robotów latających klasy mikro. W związku z tym Autor legitymuje się oryginalnym dorobkiem i pozycjonuje rozprawę na poziomie światowym. Oryginalność rozprawy polega na opracowaniu oraz przeprowadzeniu szeregu eksperymentów usprawnionego systemu śledzenia lekkich robotów latających klasy mikro który charakteryzuje się nieznacznym zwiększeniem masy robota poprzez zastosowanie lekkich markerów. W wyniku tego stwierdzenie Autora, że system nieznacznie wpływa na charakter poruszania się robota jest poprawne. Autor przeprowadził eksperymenty w różnych laboratoriach, uwzględniając różne warunki środowiskowe oraz różne roboty latające klasy mikro.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Autor przedstawił uzyskane wyniki poprawnie i przekonująco. Pewien niedosyt powoduje brak oszacowania budżetu niepewności dla badanego systemu śledzenia.

6. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk inżynieryjno-technicznych?

Roboty latające klasy mikro ze względu na swoją masę nie są w stanie przenosić ciężkich markerów bez znaczącej zmiany dynamiki lotu. Oznacza to, że Autor wprowadził nową metodę śledzenia która jest transparentna patrząc z punktu widzenia potencjalnego zaburzenia lotu. Dzięki temu badania nad dynamiką lotu są wiarygodne i nie są podatne na błędy systematyczne wynikające z uprzednio stosowanych markerów.

7. Uwagi redakcyjne

Strona 48: „tutaj spadek temperatury jest **zgody** z charakterystyką omówioną w ramach pierwszego etapu”

Strona 85: „wskaźnik ltrack został **pomięty**”

8. Krytyczne uwagi końcowe na które oczekuje odpowiedzi Autora

Strona 56

„Analiza efektu rozmycia dotyczyła dwóch przypadków. Pierwszy obejmował szybki ruch pojedynczego płaskiego markera, przy rejestracji obrazu z częstotliwością 50 Hz (rys. 3.11). „ → co oznacza stwierdzenie „szybki ruch”.

Strona 56

„Drugi przypadek to przelot dronem z prędkością ograniczoną do 4 m/s (z uwagi na wytyczne bezpieczeństwa). „ → w jaki sposób wyznaczono i zmierzono prędkość?

Strona 63

„Średnia jasność w okolicach narzędzia pomiarowego wynosiła 1086 luksów” → w jaki sposób dokonano tego pomiaru?

Strona 100

„Błąd pomiaru może sięgać w niektórych przypadkach nawet milimetrów” → w jaki sposób oszacowano tę wartość błędu?

Pytanie końcowe

Czy kamery stosowane w eksperymentach są z ‘rolling’ czy ‘global shutter’ i jaki ms to wpływ na przeprowadzone eksperymenty.

Prośba końcowa

Proszę o oszacowanie budżetu niepewności wyznaczenia pozy (pozycja, rotacja) uwzględniając parametry kamer (rozdzielczość) średnicy znaczników, dokładności oraz precyzji wyznaczenie środka znacznika oraz odległości do kamer.

9. Ocena końcowa

Rozprawa Pana mgr. inż. Marka Retingera pt.: „Rozwój metod śledzenia markerów pasywnych dedykowanych dla lekkich jednostek latających z wykorzystaniem optycznych systemów przechwytywania ruchu” **spełnia wymagania** określone w art. 187 ust. 1-2 Ustawy.