

R e c e n z j a
rozprawy doktorskiej mgr inż. Fatiny Liliany Basmadji
pt. „*Systemy wspomagające naprowadzanie obiektów latających*
podczas lotu w skonfigurowanym terenie”
z Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

1. Uwagi ogólne

Przedmiotem rozprawy jest modelowanie matematyczne i symulacyjne badania komputerowe dynamiki lotu wraz z układami naprowadzania i sterowania bezzałogowych obiektów latających w terenie.

Istotą rozprawy jest identyfikacja parametryczna współczynników sił oraz momentów sił aerodynamicznych ww. obiektu w locie, wraz z opracowanymi modelami (algorytmami) sterowania po trasie z uwzględnieniem unikania kolizji terenowych i z innymi obiektami latającymi.

Rozprawa przedstawiona jest w 8 rozdziałach na 163 stronach. Wykaz literatury obejmuje 107 pozycji, z tego 8 publikacji współautorskich i 2 indywidualne Doktorantki. Zamieszczona literatura jest istotnie związana z problematyką rozprawy, z tego ok. 1/3 prac jest autorstwa pracowników Wydziału. Do rozprawy dołączona została płyta CD z programem symulacyjnym dynamiki lotu sterowanego samolotu Czajka.

2. Treść i ocena rozprawy

Wprowadzenie w problematykę rozprawy zawiera rozdział 1. Autorka prezentuje tu aktualny stan i perspektywy zastosowań bezzałogowych obiektów latających. Interesująco przedstawione zostały zagadnienia nawigowania obiektów po założonej trasie (w przestrzeni 3D), z uwzględnieniem unikania kolizji z przeszkodami terenowymi i innymi obiektami latającymi.

Na podstawie wymienionych rozważań Autorka formułuje cele rozprawy, którymi są opracowanie: modeli matematycznych oraz symulacyjnych nieliniowych i liniowych dynamiki lotu sterowanego obiektu (na przykładzie lekkiego samolotu Czajka), algorytmów wyznaczania trasy i unikania kolizji z przeszkodami terenowymi, innymi obiektami latającymi oraz adaptacja modelu numerycznego terenu (opracowanego przez Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej) do zadań rozprawy.

Przyjęta została teza rozprawy w brzmieniu: "Wśród wielu możliwych do zastosowania algorytmów identyfikacji właściwości obiektów latających oraz algorytmów planowania trasy tych obiektów można wybrać takie, które umożliwiają planowania trasy obiektu latającego nad skonfigurowanym terenem, którego numeryczny model można uzyskać w Ośrodkach Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej"

Znaczącymi w rozprawie są rozważania rozdz. 2. W szczególności dotyczy to starannie przeprowadzonej krytycznej analizy literaturowej dotyczącej metod planowania (w tym optymalizacji) trasy lotu obiektów latających. Wykorzystane tu zostały prace opublikowane w ostatnich latach, dotyczące bezkolizyjnych tras lotu jak i tras ruchu pojazdów stosowanych w robotyce. Dużo uwagi Autorka poświęciła metodom sztucznej inteligencji, wykorzystywanym w dalszej części rozprawy.

Rozważania rozdz. 3 dotyczą opracowania modelu matematycznego i komputerowego modelu symulacyjnego dynamiki lotu wraz z napędem sterowanego samolotu Czajka. Autorka wykorzystuje tu klasyczne równania mechaniki lotu. Współczynniki sił i momentów sił aerodynamicznych Doktorantka wyznaczyła za pomocą oprogramowania Digital DATCOM. Wymagało to znacznego nakładu pracy nad opracowaniem danych wejściowych do tego oprogramowania (dane geometryczne konstrukcji płatowca samolotu). Model komputerowy lotu samolotu został opracowany z wykorzystaniem pakietu oprogramowania Matlab Simulink. W końcu rozdziału zamieszczone zostały ważniejsze wyniki badań symulacyjnych lotu sterowanego samolotu. Dotyczy to parametrów lotu po wychyleniu steru wysokości i lotek. Zamieszczone wyniki wskazują na poprawne odwzorowanie lotu rzeczywistego samolotu. Z zamieszczonych przebiegów czasowych parametrów lotu widać wzbudzenie ruchów krótko i długookresowych oraz sprzężenie ruchu podłużnego i boczego. *W związku z powyższym proszę odpowiedzieć: co jest przyczyną wymienionych sprzężeń ruchu, czy uwzględniany jest moment giroskopowy od zespołu napędowego oraz czy istnieje możliwość porównania wyników z modelu z wynikami prób w locie?*

Rozdział 4 rozprawy zawiera opracowane przez Doktorantkę modele matematyczne liniowych i nieliniowych układów sterowania samolotem w podstawowych stanach lotu. Wykorzystane tu zostały metody projektowania tych układów opracowane przez zespół Promotora rozprawy. Rozdział jest starannie opracowany. Wartościowe są zamieszczone wyniki badań symulacyjnych lotu modelu samolotu (przedstawionego w rozdz. 3) sterowanego modelami wyznaczonymi w tym rozdziale. Interesujące są badania porównawcze przebiegów parametrów sterowania dla liniowego i nieliniowego modelu oraz parametrów lotu samolotu.

Opracowaną przez Doktorantkę wizualizację rzeczywistego terenu w zwartej formie zawiera rozdz. 5. Wykorzystane tu zostały numeryczne mapy (Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej) oraz wysoko zaawansowane techniki komputerowe (m.in. oprogramowanie MATLAB). Przedstawione w rozdziale m.in. obrazy z monitorów komputerowych świadczą o wysokiej jakości odwzorowania terenu „widzianego” z pokładu samolotu wraz z zobrazowaniem wskazań przyrządów pokładowych na monitorze stanowiska operatora sterującego lotem.

Znaczącymi w rozprawie jednocześnie oryginalnymi są rozważania rozdz. 6 i 7, dotyczące planowania tras przelotu w terenie (rozd. 6) oraz tras zapewniających niekolizyjność z innymi obiektami latającymi. Do planowania tras Doktorantka wykorzystuje wcześniej opracowany model numeryczny terenu i własny algorytm wyznaczania pseudo optymalnej trasy lotu. Zastosowane przy tym zostały krzywe Dubinsa. Uwzględnione przy tym zostały ograniczenia eksploatacyjne samolotu (osiągi i dopuszczalne przechylenie). Rezultaty planowania tras zostały dobrze udokumentowane na wykresach oraz na tle trójwymiarowych obrazów terenu. Wartościowe są zamieszczone w rozdziale wyniki porównawcze pras planowanych tras lotu z lotem uzyskanym z modelu matematycznego lotu samolotu Czajka. W p. 6.6.2 podane zostały związki opisujące prędkość zmiany kursu (s. 119) w locie. *Korzystne tu byłoby podanie interpretacji wykorzystywanych parametrów.* Oryginalnym osiągnięciem Doktorantki jest opracowany w rozdz. 7 algorytm omijania przez samolot innych obiektów latających. Właściwie przyjęte tu zostały założenia dot. znajomości parametrów lotu omijanego obiektu (położenie, prędkość i kurs). Doktorantka przedstawiła model matematyczny nieustalonego lotu samolotu w postaci rozmytej. W modelu uwzględnione zostały wyznaczone w rozdz. 3 charakterystyki aerodynamiczne obiektu wraz z charakterystykami układów sterowania (rozd. 4). Znaczące są tu zamieszczone wyniki numerycznych badań porównawczych parametrów wychylenia sterów i parametrów lotu (przy uwzględnieniu wyżej podanych założeń) z modelu rozmytego i z modelu przedstawionego w rozdz. 3. Duża zbieżność uzyskanych ww. wyników potwierdza poprawność odwzorowania przez model rozmyty lotu sterowanego samolotu. Należy tu podkreślić opublikowanie omawianych rezultatów w znaczących czasopiśmie.

Wnioski ze zrealizowanych zadań rozprawy zawiera rozdz. 8. Ten rozdział opracowany został w zwartej starannie opracowanej formie, jednocześnie wskazuje na zrealizowanie celów rozprawy i poprawność przyjętej jej tezy.

3. Podsumowanie

Rozwiązane w rozprawie zagadnienia – modelowania matematycznego i badań symulacyjnych dynamiki lotu sterowanego obiektu, jego naprowadzania na cel w terenie skonfigurowanym - są oryginalnym osiągnięciem Doktorantki. Tym samym rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i świadczy o umiejętności prowadzenia prac naukowych z wykorzystaniem najnowszych metod mechaniki i dyscyplin pokrewnych oraz zaawansowanych technik i technologii komputerowych.

Do zasadniczych znaczących elementów rozprawy zaliczam:

- opracowany model matematyczny i komputerowe badania symulacyjne nieustalonego lotu samolotu w postaci rozmytej, wraz z badaniami porównawczymi uzyskanych wyników z tego modelu i z modelu klasycznej mechaniki lotu,
- opracowane modele matematyczne i komputerowe dynamiki lotu bezzałogowego obiektu, układów sterowania oraz algorytmy naprowadzania obiektu na cel,
- opracowane algorytmy wyznaczania tras lotu obiektu z uwzględnieniem jego charakterystyk osiągowych w rzeczywistym terenie wraz z jego wizualizacją,
- wyznaczenie algorytmów zapobiegania kolizji z innymi obiektami latającymi.

Wyniki uzyskane z badań są właściwie opracowane i zobrazowane graficznie z wykorzystaniem najnowszych (i czasochłonnych) technik komputerowych.

Rezultaty rozprawy mogą być zastosowane w praktyce projektowania i eksploatacji bezzałogowych obiektów latających.

Rozprawa jest starannie opracowana. Nieliczne są uchybienia redakcyjne.

Rozwiązane w rozprawie liczne zadania, przewyższają znacznie podjęte w znanych mi wielu rozprawach doktorskich.

Powyższe stwierdzenia pozwalają mi na wnioskowanie o wyróżnienie rozprawy mgr inż. Fatiny Liliany Basmadji

4. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania obowiązującej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Fatiny Liliany Basmadji pt. "Systemy wspomagające naprowadzanie obiektów latających podczas lotu w skonfigurowanym terenie do publicznej obrony. Jednocześnie wnioskuję o jej wyróżnienie.

