

Prof. dr hab. inż. Jacek Kluska
Katedra Informatyki i Automatyki
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza
al. Powstańców Warszawy 12
35-959 Rzeszów

Rzeszów, 15 lutego 2015 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Fatiny Liliany Basmadji pt.
“Systemy wspomagające naprowadzanie obiektów latających podczas lotu
w skonfigurowanym terenie”

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej – Pana prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa, z dnia 11 lutego 2015 r., w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych Pani mgr inż. Fatinie Lilianie Basmadji.

Teza pracy mówi, że “*Wśród wielu możliwych do zastosowania algorytmów identyfikacji właściwości dynamicznych obiektów latających oraz algorytmów planowania trasy tych obiektów można wybrać takie, które umożliwiają planowanie trasy obiektu latającego nad skonfigurowanym terenem, którego model numeryczny można uzyskać w Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej*”. W celu potwierdzenia tej tezy, Autorka postawiła przed sobą następujące cele:

- pokazanie sposobu wyznaczania trajektorii lotu obiektów w rzeczywistym terenie określonym w przestrzeni trójwymiarowej,
- opracowanie modelu symulacyjnego samolotu MP-02 Czajka,
- zlinearyzowanie modelu samolotu w celu zaprojektowania układów sterowania,
- opracowanie algorytmu wyznaczania trasy obiektu latającego nad skonfigurowanym terenem,
- opracowanie algorytmu unikania kolizji z innym obiektem latającym.

Ujmując rzecz syntetycznie, Autorka chce zaproponować własne rozwiązanie bardzo złożonego problemu. Rozwiązanie to polega na opracowaniu metodologii wyznaczenia trasy bezzałogowego obiektu latającego w skonfigurowanym terenie rzeczywistym, z uwzględnieniem ograniczeń wynikających ze specyfiki rzeczywistego samolotu, jak również ograniczeń wynikających z ukształtowania terenu i obecności stref zakazanych, biorąc jednocześnie pod uwagę konieczność unikania kolizji z innym obiektem latającym, jak również szereg innych ograniczeń nałożonych na trasę lotu.

1 Zawartość rozprawy i ogólne uwagi merytoryczne

Praca liczy 163 strony, składa się z 8 rozdziałów, cytuje się 100 pozycji literatury, w tym 13 adresów www oraz 7 innych publikacji Autorki. Ponadto, do pracy została załączona płyta CD zawierająca model symulacyjny samolotu MP-02 Czajka. Zawarte są tam ważniejsze skrypty Matlaba i Simulinka oraz pliki danych, które Autorka wykorzystwała w pracy.

Wprowadzenie obejmuje krótką charakterystykę cywilnych zastosowań bezzałogowych obiektów latających. Zwrócono szczególną uwagę na potrzebę wyposażania takich obiektów w coraz większą inteligencję.

1. W rozdziale pierwszym podano ogólne informacje dotyczące cywilnego wykorzystania bezzałogowych obiektów latających i omówiono ważniejsze aspekty związane z planowaniem trasy.
2. W rozdziale drugim opisuje się tematykę planowania trasy i omawia podejścia stosowane w literaturze. Można potraktować ten rozdział jako przedstawienie aktualnego stanu badań.
3. Rozdział trzeci poświęcony jest modelowi matematycznemu samolotu. Model jest bardzo ważny, gdyż umożliwia symulację trajektorii lotu. Ma on postać nieliniowych równań różniczkowych. Uwzględnia on zmianę współczynników aerodynamicznych w zależności od warunków lotu (liczby Macha, wysokości i kąta natarcia) – jest to więc model niestacjonarny. Założono, że samolot ma stałą masę i jest ciałem sztywnym. W dalszej części tego rozdziału, model został dopasowany do konkretnego obiektu, tzn. samolotu MP-02 Czajka. W celu wyznaczenia liczbowych wartości współczynników aerodynamicznych dla tego samolotu, wykorzystano ogólnodostępne oprogramowanie Digital Datcom (*Data Compendium*). Podejście Autorki jest bardzo słuszne, ponieważ przybornik Matlaba “Aerospace Toolbox” umożliwia zaimportowanie plików z Digital Datcom do środowiska Matlab (za pomocą funkcji importu “datcomimport”). Wprowadzono więc parametry określające warunki lotu, parametry podstawowe i referencyjne, parametry kadłuba, skrzydła, statecznika poziomego i pionowego, jak również parametry dotyczące steru wysokości, klap, lotek oraz steru kierunku dla ruchu przechyłającego i boczego. W rezultacie otrzymano bryłę samolotu i współczynniki aerodynamiczne dla nieliniowego, niestacjonarnego modelu matematycznego samolotu MP-02 Czajka. Na rysunkach zilustrowano wybrane charakterystyki, czyli wartości współczynników w zależności od pewnych parametrów, np. zależność współczynnika siły nośnej od kąta natarcia dla różnych odchylenia steru wysokości, itd. Oprócz tego uzyskano model zespołu napędowego “silnik-śmigło”. W końcu (str. 56) otrzymano model symulacyjny samolotu MP-02 Czajka, który został przedstawiony za pomocą bloków Simulinka. Wykorzystano zaawansowaną bibliotekę bloków Simulinka zawartą w przyborniku “Aerospace Toolbox”. Za sukces uważam opracowanie kompletnego modelu rzeczywistego samolotu, który zamieszczono w pracy. Przedstawione przykładowe wyniki symulacji ruchu podłużnego samolotu oraz reakcje samolotu na wychylenie lotek powodują, że otrzymany model obiektu latającego staje się wiarygodny.
4. W rozdziale czwartym zaprojektowano układy sterowania samolotu MP-02 Czajka. Zastosowano metody klasyczne i zrobiono to moim zdaniem rzetelnie, używając

profesjonalnego oprogramowania Matlab/Simulink. Dokonano linearyzacji równań opisujących dynamikę samolotu dla wybranych stanów lotu: ustalonego lotu poziomego, zakrętu i lotu wznoszącego oraz opadającego, w różnych warunkach dotyczących wysokości i prędkości lotu. Utworzono modele samolotu w przestrzeni stanów dla ruchu podłużnego i poprzecznego. Dokonano syntezy układów sterowania w kanale podłużnym: kątem pochylenia, kątem toru lotu, wysokością lotu, przyspieszeniem w kierunku osi "z" oraz układ stabilizacji prędkości lotu przy założeniu, że prędkość zmienia się poprzez zmianę siły ciągu zespołu napędowego. Uważam za cenne, że w każdym przypadku zbudowano schematy Simulinka. Dokonano również syntezy układów sterowania w kanale bocznym: kątem przechylenia i kursem. Zaprojektowano też tłumik holendrowania w trzech wersjach, korzystając z modelu ruchu bocznego w wybranym punkcie pracy. Zbudowano schemat w Simulinku dla nieliniowego modelu samolotu i porównano procesy przejściowe otrzymane w wyniku symulacji dla liniowego oraz nieliniowego modelu samolotu przy zastosowaniu zaprojektowanych wcześniej układów sterowania, które były syntetyzowane dla zlinearyzowanego modelu samolotu.

5. W rozdziale piątym omówiono numeryczny model terenu. Dane otrzymano z Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Rzeszowie. Opisano z czego składa się numeryczny model terenu oraz omówiono sposób nakładania ortofotomapy danego obszaru na jego model numeryczny, co można wykorzystać do zwizualizowania terenu.
6. W rozdziale szóstym omówiono planowanie trasy obiektu latającego podczas lotu w skonfigurowanym terenie. Pokazano transformację układu związanego z samolotem do układu związanego z terenem. Omówiono problemy związane z wyznaczaniem punktów trasy dla samolotu z uwzględnieniem takich zjawisk jak przeszkody stałe, inne obiekty latające, strefy zakazane, maksymalna wysokość lotu, początkowy i docelowy kurs obiektu latającego. Podano przykład planowania trasy obiektu latającego z uwzględnieniem jego kursu początkowego i kursu końcowego. Zastosowano tu metodę krzywych Dubinsa (na marginesie: metoda z lat 50-tych ubiegłego wieku do optymalnego planowania ruchu, wciąż mająca zastosowania np. w robotyce). Autorka nie poszukuje trasy optymalnej, lecz trasę "prawie-optymalną", co uważam za słuszne, pragmatyczne podejście, które zbliża nas do warunków realnych. Wykorzystując mapę terenu i zakładając, że na trasie mogą się znaleźć przeszkody i strefa zakazana, na przykładzie pokazano, jak działa algorytm omijania przeszkody, gdy obiekt leci nad nią, czy też leci z prawej lub lewej strony przeszkody.
7. Rozdział siódmy poświęcono problemowi unikania kolizji z innym (niespodziewanie) napotkanym obiektem latającym podczas lotu w skonfigurowanym terenie. Autorka słusznie zauważa, że określenie trajektorii oraz zachowania się jakiegokolwiek obiektu latającego wymaga rozwiązywania złożonych układów nieliniowych równań różniczkowych ze współczynnikami zależnymi od warunków lotu. Dlatego zaproponowała opis nieliniowego modelu matematycznego samolotu o sześciu stopniach swobody w postaci rozmytej. Model rozmyty pozwala na określenie trajektorii lotu w kolejnych dyskretnych chwilach czasu, w odstępach czasowych równych 1 sekundzie. Stosuje się prostą heurystyczną metodę wnioskowania rozmytego a następnie wyostrzenie zbioru rozmytego metodą środka ciężkości. W zaproponowanym modelu

rozmytym uwzględniono nie tylko dynamikę samolotu ale również uchyby w stanie ustalonym, bezwładności (zwane przez Autorkę opóźnieniami, jednak nie do końca zgodziłbym się w tym miejscu z Autorką), czas potrzebny na osiągnięcie zadanej wartości, jak również pewne właściwości układów pomiarowych. Jest to szczególnie ważne w przypadku konieczności wykonania odpowiedniego manewru pozwalającego uniknąć kolizji z innym obiektem latającym. Okazuje się, że opracowany model rozmyty samolotu jest w dużym stopniu zbliżony z modelem w postaci układu nieliniowych równań różniczkowych (rozwiązywanych metodą Runge-Kutty 4. rzędu). To sukces. Największe różnice wystąpiły w przypadku ruchu bocznego, co jest spowodowane zbyt dużym krokiem dyskretyzacji przestrzennej kąta przechylenia (przyjęto 3 punkty charakterystyczne: -30° , 0° , 30° , które Autorka nazywa "zmiennymi bazowymi". Zwiększenie liczby punktów charakterystycznych wymaga oczywiście większego czasu obliczeń. Szkoda, że Autorka nie podała oszacowania czasu obliczeń dla modelu rozmytego.

Algorytm omijania innego obiektu latającego znajdującego się na trasie przelotu oparto na założeniu, że najpierw wyznacza się odpowiedni manewr a następnie poszukuje się ciągu sterowań wykorzystując metodę optymalizacji rojem cząstek. Czas trwania optymalizacji zależy od ilości przyjętych cząstek oraz liczby iteracji procesu optymalizacji. Ujawnia się przy tym pewna wada podejścia polegająca na możliwości utknięcia rozwiązania w ekstremum lokalnym. Oczywiście istnieją lepsze lub gorsze sposoby poradzenia sobie z tym problemem. Autorka zaproponowała, aby początkowe wartości cząstek obejmowały całą możliwą przestrzeń rozwiązań. Są też inne sposoby, jednak nie wydaje mi się, aby w tym momencie Autorka była zobligowana do szczegółowego rozpatrywania tego problemu, w tak bogatej rozprawie. Ważne, że dość skutecznie zastosowana została jedna z bardzo sensownych, współczesnych metod inteligencji obliczeniowej do rozwiązania problemu unikania kolizji z innym obiektem latającym.

2 Kilka uwag krytycznych wraz z komentarzem

1. Tytuł rozprawy mógł być bardziej precyzyjny i uwzględniać rodzaj obiektu latającego, ponieważ chodzi o autonomiczny (bezzałogowy) obiekt latający.
2. Na str. 22 napisano, że gdyby istniała taka sytuacja, że koszt przejścia w grafie z jednego wierzchołka do drugiego mógłby mieć wartość ujemną, to nie można stosować algorytmu Dijkstry. Nie wyjaśniono kiedy w praktyce mogłaby mieć miejsce taka sytuacja w przypadku wyznaczania trasy dla obiektu latającego.
3. Autorka zastosowała optymalizację za pomocą roju cząstek a sam algorytm ogólnie został opisany w punkcie 2.4.4.2. Słusznie napisano na str. 29, że w optymalizacji rojem cząstek, rozwiązanie problemu realizowane jest za pomocą dwóch równań (2.10)–(2.11). Autorka zapomniała dopisać indeks we wzorach na prędkość i -tej cząstki (2.10) i położenie i -tej cząstki (2.11). Powinno być zatem

$$\mathbf{v}_i(t+1) = w_i \mathbf{v}_i(t) + c_1 r_{1,i} (\mathbf{p}_i(t) - \mathbf{x}_i(t)) + c_2 r_{2,i} (\mathbf{g}(t) - \mathbf{x}_i(t)) \quad (2.10)$$

$$\mathbf{x}_i(t+1) = \mathbf{x}_i(t) + \mathbf{v}_i(t+1) \quad (2.11)$$

Jest to zwykle przeoczenie, bo zaraz pod tymi wzorami – przy prędkości, położeniu itd. – jest indeks “ i ”, odnoszący się do i -tej cząstki w trzech miejscach. Ponadto, indeksy dla cząstek zostały uwzględnione ostatecznie w rozdziale siódmym, gdzie konkretnie stosuje się ten algorytm w celu omijania innego obiektu latającego.

4. Dobrze, że Autorka podała własny pomysł poszukiwania trasy quasi-optymalnej w podrozdziale 6.2 pt. “Przemyślenia na temat wyznaczania punktów trasy”. Jednak zaproponowany heurystyczny (własny) algorytm poszukiwania najkrótszej trasy dla obiektu latającego przedstawiony na str. 97–98 nie jest dla mnie do końca jasny, ponieważ na str. 97 napisano, że “po wybraniu początkowo najkrótszej ścieżki (trasy), następuje poszukiwanie lepszej, jeszcze krótszej”. Nie wiadomo jednak, co to jest “początkowo najkrótsza ścieżka” i za pomocą jakiego algorytmu jest ta początkowa ścieżka znajdowana. Jeśli ta początkowa trasa jest już najkrótsza, to po co znajdować inną, lepszą? Być może chodzi o to, że początkowo znaleziona ścieżka jest najkrótsza, ale nie uwzględnia przeszkód, co sugeruje rys. 6.11? Sposób myślenia Autorki jakby trochę się wiąże z zasadą optymalności Bellmana mówiącą, że każdy końcowy odcinek trajektorii optymalnej jest sam dla siebie trajektorią optymalną, jednak sposób wyznaczania nowych punktów trasy na str. 97–98 w rozprawie doktorskiej nie jest dla mnie dostatecznie jasny.
5. Formalnie, wzór (7.3) nie określa przestrzeni stanów lecz wymienia symbole współrzędnych wektora stanu. Wzór określający przestrzeń stanów powinien być zdefiniowany inaczej, jako uniwersum, na przykład tak:

$$X \subset X_\gamma \times X_\phi \times X_\theta \times X_{\Delta\psi_z} \times X_h \times X_V \times X_{\delta_H} \times X_{\delta_L} \times X_{a_z} \times X_x \times X_y \quad (7.3)$$

(lub nieco ogólniej, co pomijam), gdzie

$X_\gamma = [-20, 20]$ – uniwersum kąta toru lotu [°],

$X_\phi = [-30, 30]$ – uniwersum kąta przechylenia samolotu [°],

$X_\theta = [-20, 20]$ – uniwersum kąta pochylenia samolotu [°],

$X_{\Delta\psi_z} = [-30, 30]$ – uniwersum zmiany kursu samolotu [°],

np. $\Delta\psi_z = -30$ oznacza zmianę kursu samolotu o 30 [°] w stronę lewego skrzydła,

$X_h = [-80, 80]$ – uniwersum wysokości lotu [m],

$X_V = [40, 60]$ – uniwersum prędkości lotu [m/s],

$X_{\delta_H} = [-12, 10]$ – uniwersum wychylenia steru wysokości [°],

$X_{\delta_L} = [-7, 5]$ – uniwersum wychylenia lotek (lewej lotki) [°],

$X_{a_z} = [-5, 5]$ – uniwersum przyśpieszenia będącego wymuszeniem a_z [m/s²],

$X_x = [0, 130]$ – uniwersum położenia śr. ciężkości samolotu wzdłuż osi “ x ” [m],

$X_y = [-50, 50]$ – uniwersum położenia śr. ciężkości samolotu wzdłuż osi “ y ” [m].

6. W stosunku do modelu rozmytego, który w tej rozprawie nie jest typowy (nie jest to bowiem powszechnie znany system Mamdaniego, Takagi-Sugeno, TSK czy Larsena). Jednak dla polepszenia czytelności proponuję wziąć pod uwagę (w przyszłych pracach) możliwość zastosowania innych zapisów niż w omawianej rozprawie. Podaję przykłady:

γ_k – kąt toru lotu

$$\gamma_{k+1} = f_\gamma(\gamma_k, \theta_k; a_z)$$

θ_k – kąt pochylenia samolotu

$$\theta_{k+1} = f_\theta(\theta_k, \gamma_k; V, \delta_H, \delta_L, \phi_k, a_z, \Delta\psi_z)$$

ϕ_k – kąt przechylenia samolotu

$$\phi_{k+1} = f_\phi(\phi_k, \theta_k; V, \delta_H, \delta_L, \phi_k, a_z, \Delta\psi_z)$$

ψ_k – kąt odchylenia samolotu

$$\psi_{k+1} = f_\psi(\psi_k, \theta_k; \psi_{z,k})$$

V_k – prędkość lotu

$$V_{k+1} = f_V(\gamma_k, \theta_k; \psi_{z,k})$$

i tak dalej. Jeżeli z pewnych powodów zastosowanie tych zapisów nie jest możliwe, to należałoby to wyjaśnić.

7. Uwaga dotycząca nazewnictwa. Zamiast terminu stosowanego w rozprawie “zmiennne bazowe” wolałbym użycie określenia “punkty charakterystyczne” albo “punkty wyróżnione”, ponieważ termin “zmiennne bazowe” występuje w statystyce matematycznej w zupełnie innym znaczeniu.

3 Drobne usterki merytoryczne i uwagi

1. Str. 26. Przy wzorze (2.2) określającym wielomian bazowy Bernsteina, oraz po wzorze (2.4), powinna być określona dziedzina parametru t , tzn. $t \in [0, 1]$.
2. Str. 27. Wzór (2.7). Powinno być w górnej części wzoru napisane: $\rho < \rho_0$ i w dolnej części: $\rho \geq \rho_0$.
3. Str. 38. Skoro pojawiły się wzory (3.3)–(3.4), to formalnie należało napisać oznaczenia, których nie ma w “wykazie oznaczeń” na str. 5–6. We wzorze (3.3), ΣF – oznacza wypadkowy wektor sił działających na samolot, (m – masa samolotu; V – prędkość środka masy samolotu w inercyjnym układzie współrzędnych – te 2 wielkości są wymienione na str. 5–6). We wzorze (3.4), ΣM – sumaryczny moment, H – wektor momentu pędu (kręt) samolotu.
4. Str. 66. Podana jest transmitancja operatorowa wiążąca kąt natarcia α z kątem wychylenia steru wysokości δ_H dla lotu poziomego ustalonego (punkt A). Brakuje informacji, skąd wynika (4.9) lub (4.10), skoro kąt natarcia nie występuje wprost w równaniach stanu.
5. Na str. 116 użyto niepotrzebnie określenia żargonowego nowo wyznaczona “trasa jest bardziej optymalna”; zapewne chodzi o “trasę krótszą” od poprzedniej.
6. Na str. 117 wzór (6.7) opisuje sposób wyznaczenia zadanej wartości kursu. Przedstawiono dość złożony sposób wyznaczania zmiany kursu oznaczony przez $\Delta\psi$. Nie napisano jednak, w jakim czasie to jest realizowane. Z kolei na str. 119, przy opisie sposobu wyznaczenia wartości kursu, dodano znak “prim” nad symbol kąta odchylenia samolotu, tj. użyto $\dot{\psi}$, co oznacza prędkość kąta odchylenia – przykłady 1, 2, 3 i nieco wyżej. Czy chodzi o prędkość kątową czy o kąt ?

7. Str. 129. Wymuszenia a_z i $\Delta\psi_z$ powinny być jasno określone już w tym miejscu, np. co to jest a_z dopiero sugeruje się na str. 134.
8. Str. 130 i 131. Formalnie, powinien być jasno określony wymiar n wektorów (7.15) – (7.23), których składowe są funkcjami przynależności zbiorów rozmytych odpowiednio dla: *kąta pochylenia, przechylenia, odchylenia, prędkości lotu, ..., wysokości lotu*. Czy $n = 5$, jak to sugeruje wzór (7.5) ?
Przydałby się komentarz dlaczego w charakterze t-normy przyjęto zwykły iloczyn algebraiczny we wzorach (7.15) – (7.23) i ich rozwinięciach na str. 135–138.
9. Str. 132. Nie została wyjaśniona wielkość a_k , np. czym się różni a_k na str. 132–134 od a_z występującego we wzorze (7.13) ?
10. Str. 134. Nie wyjaśniono w jaki sposób otrzymujemy wartości q_i we wzorze (7.24), które są niezbędne do obliczenia środka ciężkości.
11. Str. 139. Zamiast tytułu podrozdziału 7.4: “Porównanie działania modelu symulacyjnego z jego zapisem jako układ rozmyty” – lepszy byłby tytuł “Symulacyjne porównanie oryginalnego nieliniowego modelu dynamicznego samolotu z jego modelem rozmytym”.
12. W podrozdziale 6.6 omówiono sterowanie obiektem latającym po wyznaczonej trasie zakładając, że w ruchu podłużnym zadawaną wartością będzie kąt toru lotu, natomiast w przypadku kanału bocznego przyjęto, że zadawaną wartością będzie kurs. Na str. 116 napisano, że w chwili, gdy obiekt latający zbliży się na odległość 100 [m] do lokalnego punktu docelowego na trasie, nastąpi zmiana docelowego punktu, do którego ten obiekt podążał. Słusznie, jednak brakuje mi w tym miejscu odniesienia się do czasu regulacji (ustalania się), który jest osiąganym w układach automatyki omawianych wcześniej w rozdziale 4.
13. Pierwszy akapit podrozdziału 7.2 pt. “Rozmyty układ sterowania samolotem” obejmujący wzór (7.1) – czyli dyskretne równanie stanu – jest niepotrzebny. Zawiera też pewną niekonsekwencję, ponieważ najpierw definiuje się skończoną przestrzeń stanów a zaraz potem stwierdza się, że zbiór stanów może być “nieskończenie duży”. Lepiej byłoby od razu zastosować opis równania stanu w postaci (7.2) wraz z założeniami.
14. Na str. 134 Autorka pisze, że zastosowała trójkątne funkcje przynależności zbiorów rozmytych. Uważam, że bardzo słusznie. Jeżeli podział każdego uniwersum był zgodny z mocnym podziałem rozmytym (tzw. strong fuzzy partition), a spodziewam się że tak było, chociaż nie zostało to nigdzie napisane, to warto wziąć pod uwagę, że istnieje specjalna teoria, umożliwiająca bardzo szybkie obliczenia (nadająca się do zastosowań w czasie rzeczywistym) systemów rozmytych o nazwie P1-TS (J. Kluska, “Analytical Methods in Fuzzy Modeling and Control”, Berlin-Heidelberg, Springer, 2009). W przyszłości być może warto spróbować ją wykorzystać, wówczas okres dyskretyzacji mógłby wynosić co najwyżej 1 milisekundę i jestem przekonany, że wyniki aproksymacji byłyby o wiele lepsze.

4 Drobne usterki redakcyjne i językowe

1. Str. 7. Zamiast "... chodzi o zbudowaniu..." - powinno być "... chodzi o zbudowanie..."
2. Str. 11. Zamiast "... nie wielkiej..." – powinno być "... niewielkiej..."
3. Str. 12. Zamiast "... aspekty związanych..." – powinno być "... aspekty związane..."
4. Str. 12. Zamiast "... nie wystarczający..." – powinno być "... niewystarczający..."
5. Str. 13. W linii 12 od góry wkradł się zapis "[prof.]", który nie wiadomo co oznacza.
6. Str. 13. Zamiast "... przestawiono..." – powinno być "... przedstawiono..."
7. Str. 15. Zamiast "... system automatycznego sterowanie..." – powinno być "... system automatycznego sterowania..."
8. Str. 20. Zamiast "... czerwone wielomiany..." – powinno być "... czerwone punkty..."
9. Str. 22. Zamiast "... Przeszukujące grafu..." – powinno być "... Algorytmy grafowe..."
10. Str. 23. Zamiast "... nie wyznaczono najkrótszą ścieżkę..." – powinno być "... nie wyznaczono najkrótszej ścieżki..."
11. Str. 28. Zamiast "... pewne informacji..." – powinno być "... pewne informacje..."
12. Str. 29. Zamiast "... poszukując najlepsze rozwiązanie..." – powinno być "... poszukując najlepszego rozwiązania..."
13. Str. 29. Zamiast "z pośród", pisze się "spośród".
14. Str. 30. "... szuka się optymalnego rozwiązania..." zamiast "... szuka się optymalne rozwiązanie..."
15. Str. 32. "... i ponownie zmierzać do celu..." zamiast "... i ponownie zmierzać ku celu..."
16. Str. 32. "... nie okrąży jej w całości..." zamiast "... nie okrąży ją w całości..."
17. Str. 35. Zamiast "... gdyż" – powinno być "gdyż".
18. Str. 39. Zamiast "... momenty działające na obiekcie..." – powinno być "... momenty działające na obiekt..."
19. Str. 40. Niepotrzebny dwukropek w tytule podrozdziału.
20. Str. 41. Zamiast "... opływ powietrze..." – powinno być "... opływ powietrza..."
21. Str. 55, podpis pod rys. 3.22. Zamiast "... pomiędzy współczynnika ciągu..." – powinno być "... pomiędzy współczynnikiem ciągu..."
22. Str. 64. Zamiast "... zapewniają stanu ustalonego..." – powinno być "... zapewniają stan ustalony..."

23. Str. 64. Zamiast "... użyto interaktywny interfejs..." – powinno być "... użyto interaktywnego interfejsu..."
24. Str. 69. Zamiast "... kątem pochylnia..." – powinno być "... kątem pochylenia..."
25. Str. 74. Zamiast "... poprzez powstania ruchu..." – powinno być "... poprzez powstanie ruchu..."
26. Str. 84. Zamiast "... Program został napisane..." – powinno być "... Program został napisany..."
27. Str. 87. Zamiast "... trajektoria można być..." – powinno być "... trajektoria może być..."
28. Str. 91. Zamiast "... przypadku..." – powinno być "... przypadku..." – powtarza się 2 razy.
29. Str. 92. Zamiast "... czteroma stycznymi..." – powinno być "... czterema stycznymi..."
30. Str. 93. Zamiast "... wychodzi w pierwszego okręgu..." – powinno być "... wychodzi z pierwszego okręgu..."
31. Str. 94. Zamiast "... czteroma okręgami..." – powinno być "... czterema okręgami..."
32. Str. 97. Zamiast "... przypadku..." – powinno być "... przypadku..."
33. Str. 98. Zamiast "... pseudo-optymalna trajektorii..." – powinno być "... pseudo-optymalna trajektoria..."
34. Str. 100, podpis pod rys. 6.13. Zamiast "... w rys. 8.14..." – powinno być "... na rys. 6.14..."
35. Str. 103. Zamiast "... tej stycznne..." – powinno być "... tej stycznej..."
36. Str. 117. Zamiast "... Znający aktualne położenie..." – powinno być "... Znając aktualne położenie..."
37. Str. 122. Zamiast "... ja to miało miejsce..." – powinno być "... jak to miało miejsce..."
38. Str. 126. Zamiast "... w raz z kątem natarcia..." – powinno być "... wraz z kątem natarcia..."
39. Str. 128. Zamiast "... jaki i układów sterowania..." – powinno być "... jak i układów sterowania..."
40. Str. 139. Zamiast "... przespieszenia pionowego..." – powinno być "... przyśpieszenia pionowego..."
41. Str. 139. Zamiast "... wykresy porównują działanie pełnego nieliniowego modelu obiektu z jego zapisem w postaci rozmytej..." – powinno być "... wykresy porównują działanie pełnego nieliniowego modelu obiektu z jego modelem w postaci rozmytej...". Poprawny zapis Autorka umieściła na str. 145.


5 Uwagi ogólne i ocena końcowa

Pragnę zwrócić uwagę na kilka aspektów.

- Po pracy doktorskiej widać, że redagowanie tekstów w języku polskim nie jest mocną stroną Pani mgr inż. Fatiny Lilianny Basmadji. Są błędy typograficzne i językowe. Jednak domyślam się, że język polski dla Autorki jest co najmniej trzecim językiem, którym się posługuje, więc trudno wymagać zbyt wiele. Pragnę w tym miejscu podkreślić, że znalezione błędy językowe i typograficzne *nie wpływają* na moją jednoznacznie wysoce pozytywną ocenę całej rozprawy doktorskiej.
- Autorka wykazała się bardzo dobrą znajomością literatury nt. sterowania obiektami latającymi. Przegląd literaturowy dotyczący metod planowania trasy bezzałogowych obiektów latających podany w podrozdziale 2.5 (str. 33–34) wykazuje, że Autorka ma bardzo dobrą orientację w tym zakresie, jak również w zakresie metod inteligencji obliczeniowej.
- Autorka dołączyła płytę CD zawierającą skrypty Matlaba/Simulinka wraz z plikami danych, jak również wykonywalny plik “datcom.exe”. Sprawdziłem, że skrypty działają bezbłędnie. Autorka musiała spędzić wiele czasu, aby przygotować dane i tak dużą liczbę zaawansowanych skryptów Matlaba a zwłaszcza Simulinka. Autorka wykazała się zatem bardzo ważną umiejętnością wykorzystania zaawansowanych narzędzi informatycznych.
- Uważam za bardzo istotną zaletę rozprawy fakt, że wszystkie podane algorytmy sterowania obiektem latającym są dobrze osadzone w realiach, tzn. wykorzystano zarówno dane rzeczywistego obiektu – ultralekkiego samolotu MP-02 Czajka produkcji Lotniczych Zakładów Produkcyjno-Naprawczych Aero-Kros w Krośnie, jak również dane konfiguracji terenu otrzymane na podstawie numerycznego modelu terenu otrzymanego z Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Rzeszowie.
- W podrozdziale 6.6.3 pokazano fragment schematu Simulinka układu wyznaczającego sygnały naprowadzające (dla steru wysokości i lotek) podczas lotu po zadanej trasie. Podano dwa bardzo ciekawe przykłady. W pierwszym przykładzie wyznaczono trasę wymagającą lotu z ominięciem terenu zakazanego oraz pokazano trajektorię obiektu latającego wyznaczoną symulacyjnie dla pełnego modelu nieliniowego samolotu Mp-02 Czajka. Uważam to za istotne osiągnięcie Autorki. Trajektorja modelu nieliniowego jest zbliżona do trajektorii zadanej. Podane wykresy dla zmiany kursu, wysokości, kąta toru lotu i kąta przechylenia, zostały bardzo dobrze uzasadnione. Podobnie jasno opisano eksperyment w przykładzie drugim na str. 122–124.
- W rozdziale siódmym podano algorytm omijania innego obiektu latającego podczas lotu w skonfigurowanym terenie. Sukcesem Autorki jest zaproponowanie rozmytego modelu wystarczająco dobrze opisującego dynamikę samolotu. Nie spotkałem w literaturze podobnego modelu dla rzeczywistego samolotu.

Kończąc niniejszą recenzję, stwierdzam jednoznacznie, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Fatiny Lilianny Basmadji pt. “Systemy wspomagające naprowadzanie obiektów latających podczas lotu w skonfigurowanym terenie”

spełnia z dużym nadmiarem wymagania stawiane przez ustawodawcę kandydatom w przewodach doktorskich, zgodnie z Ustawą z dn. 18.03.2011 – Prawo o szkolnictwie wyższym (...) wraz z późn. zmianami oraz Rozporządzeniem MNiSW z dnia 22.09.2011 w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich (...), jak również wymagania zwyczajowo przyjęte w tej kwestii w polskim środowisku naukowym.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "J. Kleuske". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial "J".