

Recenzja

Przedmiotem recenzji jest rozprawa **mgr inż. Adama Wulkiewicza** zatytułowana „*Algorytmy nawigacji platformy mobilnej w nieznanym otoczeniu w kontekście paradygmatu obiektowego*”. Promotorem rozprawy jest **prof. dr hab. inż. Dominik Sankowski**. Recenzja opracowana została na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej (pismo bez sygnatury z dnia 06.07.2016), działającego na podstawie uchwały Rady Wydziału z dnia 05.07.2016.

W opiniowanej pracy podjęto i rozwiązano (miło mi stwierdzić, że z sukcesem) problem nawigacji robota mobilnego w nieznanym otoczeniu (w szczególności w otwartym terenie). Doktorant używa wprawdzie bezpieczniejszego określenia „platforma mobilna”, jednak do podobnych systemów technicznych częściej stosuje się określenie „robot mobilny”, chociaż robotów z filmów SF te urządzenia na ogół nie przypominają. Tytułem przykładu wspomnę tu o rozprawie doktorskiej dr inż. Łukasza Więckowskiego przygotowanej w mojej Katedrze na AGH i zatytułowanej „*Analiza metod sterowania i zarządzania energią w autonomicznym robocie mobilnym zasilanym ogniwami słonecznymi*”, gdzie obiekt bardzo podobny do tego, który badał mgr Wulkiewicz nazwano zuchwale **robotem** – i nikt tego nie zakwestionował.

Mniejsza jednak o nazwę – obiekt badany przez mgra Wulkiewicza jest z całą pewnością niebanalnym obiektem sterowania, a wzmianka w pracy o jej powiązaniu z projektem badawczym „*Robot mobilny pola walki przeznaczony do zadań zwiadu i wykrywania min*”, realizowanym w Instytucie Informatyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej wyraźnie potwierdza, że moja propozycja pisania o tym obiekcie krótko „robot” a nie „platforma mobilna” nie jest tak całkiem niesłuszna. Dlatego w tej recenzji będę używał takiego właśnie terminu.

W rozległym obszarze badań związanych z cytowanym wyżej projektem badawczym „Robot mobilny pola walki przeznaczony do zadań zwiadu i wykrywania min” mgr Wulkiewicz wykonywał różne zadania, bardzo przejrzyste zaznaczone na rysunku 2 (str. 16 rozprawy). W największym skrócie można powiedzieć, że Autor ocenianej rozprawy opracował, zaimplementował i zweryfikował algorytmy nawigacyjne dla robota. Było to związane z dużym wysiłkiem, ponieważ – jak wspomina Autor we wstępie do pracy – opracował On i zweryfikował w językach C, C++ i C# sumarycznie około 60 tys. linii kodu (na ogólną liczbę 200 tys. w całym wieloosobowo realizowanym projekcie). To naprawdę imponujące osiągnięcie, zwłaszcza że implementacji podlegały głównie oryginalne autorskie algorytmy. Przy tak dużym przedsięwzięciu zastosowanie paradygmatu obiektowego było chyba jedynym rozwiązaniem gwarantującym zapanowanie nad złożonością powstającego systemu, więc trafna była **pierwsza z postawionych przez Autora tez rozprawy:**

Implementacja algorytmów sterowania ruchem z wykorzystaniem projektowania i programowania obiektowego umożliwiła opracowanie autonomicznych platform mobilnych wykonujących wysokopoziomowe rozkazy nawigacyjne.

Oczywiście tezy tej trzeba było dowieść i w tekście rozprawy mgr Wulkiewicz konstruktywnie wykazuje, jak ów paradygmat obiektowy pozwalał mu osiągać poszczególne zamierzone cele, ale intuicyjnie ta teza od początku robi dobre wrażenie, a jej dowód (w postaci ocenianej rozprawy) wzbogaca wiedzę naukową na temat **obiektywności** jako metodologii rozwiązywania problemów informatycznych.

Ciekawa jest także druga teza rozprawy:

Zaprojektowana funkcja kryterialna algorytmu optymalizacji ścieżki ruchu, uwzględniająca koszt zmian kierunku, pozwala ograniczyć liczbę manewrów platformy mobilnej.

Ma ona – w odróżnieniu od pierwszej, bardzo ogólnej – ściśle pragmatyczny charakter, co oczywiście nie umniejsza jej wartości, ale wiąże ją bardziej ze stroną praktyczną rozwiązywanego zagadnienia. Według tego kryterium budowane były (przez Autora pracy)

algorytmy wchodzące w skład Systemu Zarządzania Platformą Mobilną, które zostały wykorzystane w robotach **RoboKIS** i **RoboKIS2**.

Według mojej oceny obie tezy są poprawnie sformułowane i definiują zadanie badawcze, którego podjęcie i rozwiązanie w pełni odpowiada oczekiwaniom, jakie ustawowo i zwyczajowo wiąże się z przedmiotem rozprawy doktorskiej. Dlatego tezy recenzowanej rozprawy oceniam zdecydowanie pozytywnie.

Studiując dalsze rozdziały pracy stwierdzam także, iż tezy te zostały w rozprawie udowodnione – i ze zrobiono to w sposób metodologicznie i merytorycznie poprawny. Spróbuję teraz wskazać, na czym opieram moją powyższą opinię.

Dokonując przeglądu i merytorycznej oceny zawartości pracy pominię rozdziały „*Wstęp*” (gdzie uzasadnia się celowość podjęcie tematu) oraz „*Cel i zakres pracy*” a także „*Tezy pracy*” oraz „*Zakres pracy*”.

W głównej treści rozprawy wyróżniono trzy części (dzielone potem na rozdziały). Część I obejmuje **stan wiedzy**, część II – **rozważania teoretyczne**, a część III jest częścią **eksperymentalną**.

Dla oceny własnego dorobku naukowego Doktoranta kluczowe znaczenie mają części II oraz III. Część I służy do wprowadzenia koncepcji i pojęć wykorzystywanych w rozprawie, ale zaczerpniętych z literatury. Ta część w niewielkim stopniu pozwala oceniać **kreatywność** Autora rozprawy, ale daje bardzo ładny obraz jego **wiedzy** (obszernej i nowoczesnej) oraz erudycji. Omawiane w tej części zagadnienia to (kolejno) cyfrowa reprezentacja map otoczenia, wybrane algorytmy grafiki komputerowej, wybrane algorytmy wyznaczania ścieżki ruchu, wybrane zagadnienia systemów informacji geograficznej (to wszystko od strony zadania generowania ścieżek ruchu oraz sygnałów sterujących), a następnie paradygmat obiektowy (wyjątkowo kompetentnie omówiony!).

Jak wspomniałem – nie oceniam tych rozdziałów pod kątem ewaluacji własnych osiągnięć naukowych Doktoranta (bo ich tam nie ma i być nie powinno) - ale z uznaniem stwierdzam, że osadził On swoją dysertację na bardzo solidnym fundamencie obszernej i nowoczesnej wiedzy naukowej i inżynierskiej.

Bardzo dużo oryginalnego materiału naukowego odnalazłem natomiast w części II rozprawy, zatytułowanej „Rozważania teoretyczne”. Omówiono w tej części system platformy mobilnej z podkreśleniem jego modułowej budowy i zagadnień komunikacji międzymodułowej, następnie przedstawiono system nawigacyjny (w kontekście różnych zadań), moduł pozycji i orientacji, moduł wyznaczania trajektorii i moduł podstawy jezdnej. Tę część rozprawy domyka bardzo profesjonalnie opracowany rozdział dotyczący oceny złożoności obliczeniowej rozważanych algorytmów. **Moja całościowa ocena tej części jest zdecydowanie i jednoznacznie pozytywna**, chociaż nie przesądza ona o końcowym wniosku niniejszej recenzji, bowiem teoretyczne koncepcje buduje się na ogół dość łatwo, więc nawet ich duża ilość w ocenianej rozprawie nie jest jeszcze tym znaczącym wkładem naukowym, którego oczekuje się od doktoratu. Natomiast ważną rolę odgrywają badania naukowe, dlatego za szczególnie cenną część omawianej tu rozprawy uznać trzeba jej część trzecią, składającą się z jednego tylko, ale bardzo ważnego rozdziału zatytułowanego „Weryfikacja algorytmów”.

Stwierdzam, że budowany przy współudziale Autora rozprawy robot został solidnie przetestowany na poligonach wojskowych i straży pożarnej. Podczas tych testów zbadano działanie omówionych wyżej algorytmów stworzonych przez mgra Wulkiewicza w testach jazdy na azymut z wyłączonym lub z włączonym algorytmem omijania przeszkód. Jedne i drugie testy wypadły pomyślnie. Badana platforma mobilna sterowana za pomocą algorytmów opracowanych przez Autora rozprawy każdorazowo osiągała zadany azymut po uprzednim ominięciu przeszkód. Przeszkody były omijane w wymaganej odległości, a jeśli przeszkód było więcej i były one zgrupowane, to wybierana była (automatycznie!) trajektoria omijania jednym manewrem kilku przeszkód, żeby uniknąć zbędnej straty energii przy omijaniu każdej przeszkody z osobna.

Pracę kończy bardzo zgrabnie zbudowane podsumowanie oraz dobrze uzasadnione wnioski, a jej treść uzupełnia załącznik ze zdjęciami.

Podsumowując stwierdzam, że praca jest oryginalna, wartościowa i zdecydowanie spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Warto także zwrócić uwagę, że rezultaty uzyskane w pracy podlegały już weryfikacji naukowej, ponieważ wyniki swoich prac badawczych mgr Wulkiewicz opublikował (jako współautor) w 11 publikacjach.

Za najważniejsze osiągnięcia Autora uważam zaprojektowanie, zaimplementowanie i zweryfikowanie praktyczne algorytmów jazdy na azymut, jazdy do punktu o zadanych współrzędnych, budowy mapy otoczenia (na podstawie danych ze skanera laserowego) oraz wyznaczania trajektorii i jazdy po łuku. Są to osiągnięcia znaczące, w pełni uzasadniające nadanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych, więc podsumowując tę część recenzji opiniuję zdecydowanie pozytywnie wnioski o nadanie magistrowi Adamowi Wulkiewiczowi tego stopnia.

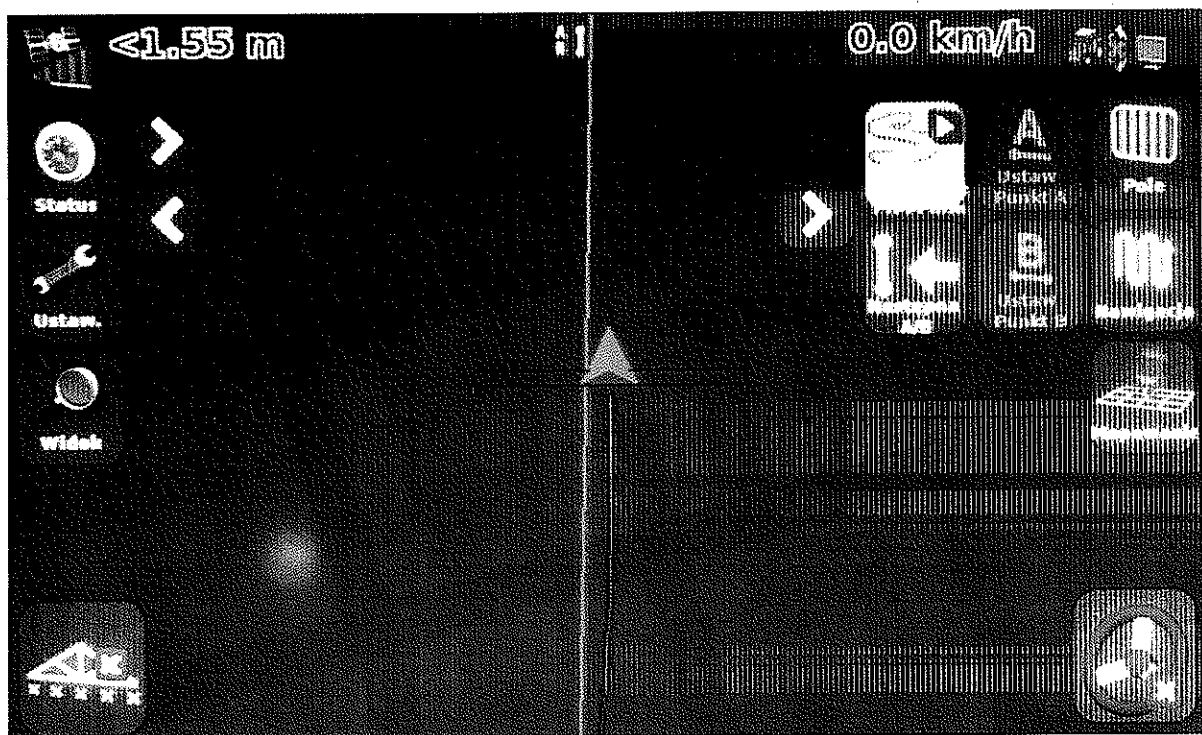
Jako drobne uzupełnienie bardzo pozytywnej oceny pracy pragnę wskazać staranność, z jaką Autor w spisie literatury wskazał, w których miejscach pracy dany artykuł był przywołany. Nie spotkałem nigdy wcześniej podobnego sposobu raportowania użycia literatury, ale bardzo gorąco go aprobuję, chwaląc i podziwiając staranność Doktoranta.

Do opiniowanej pracy – jak do każdej bez wyjątku pracy naukowej – można sformułować kilka uwag o charakterze dyskusyjnym.

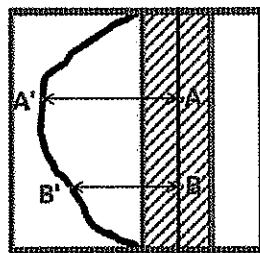
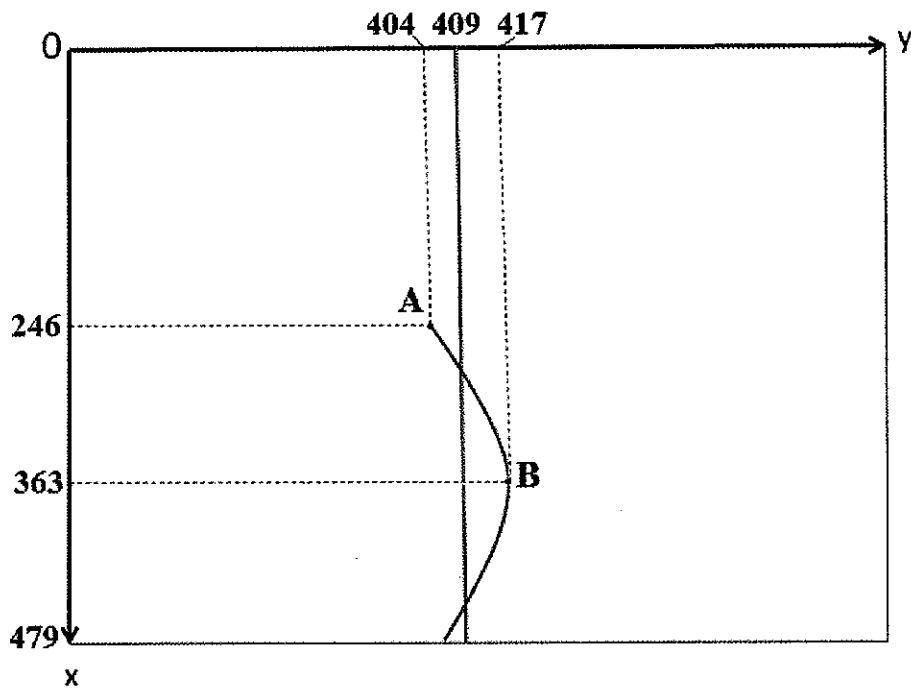
Otóż uważam, że w treści pracy dość słabo akcentowane jest podporządkowanie procesu projektowania i implementacji algorytmów metodologii obiektowej. Nie twierdzę, że ta metodologia nie była stosowana. Przeciwnie, jestem przekonany, że powodzenie tak dużego przedsięwzięcia, jak projekt i implementacja systemu nawigacyjnego dla rozważanego robota było w sposób krytyczny uwarunkowane tym, że wszystkie jego moduły zostały opracowane przy wykorzystaniu paradygmatu obiektowego. Jednak Doktorant pisząc swoją dysertację nigdzie tego aspektu nie akcentował ani nie wskazywał na jego rolę. Nie zauważyłem w pracy opisów wskazujących na rolę hermetyzacji przy budowie rozważanych modułów, nie dyskutowano sprawy klas i obiektów, polimorfizmu i dziedziczenia... Wszystko to było schowane gdzieś w głębi, a na plan pierwszy wysunięto głównie funkcjonalność opisywanych modułów. W całej pracy nie znalazłem ani jednego diagramu UML! Nie twierdzę, że to źle, ale odnotowuję, że pozostaje to w pewnym kontraście z tytułem dysertacji i z jej pierwszą tezą...

Pewną wadą ocenianej rozprawy jest też sposób przedstawienia wyników przeprowadzonych eksperymentów. Te bardzo ważne badania omówiono wyłącznie w sposób werbalny (opisowy), uzupełniając to dokumentacją fotograficzną, gdyby jednak upomnieć się

o przedstawienie jakichś **ilościowych** ocen jakości działania stworzonych algorytmów – to takich ocen brak. W kontekście celów tej rozprawy doktorskiej nie jest to duża wada, więc jej nie używam do kwestionowania bezspornych osiągnięć, jakie mgr Wulkiewicz w swojej pracy uzyskał. Gdyby jednak pojawił się konkurent i przedstawił inne algorytmy sterowania dla tej samej platformy – to bez oceny ilościowej byłoby bardzo trudno orzec, która z koncepcji jest lepsza? Zagadnienie to polecam uwadze Autora i Promotora **jako zagadnienie do rozwiązania w przyszłości**, sygnalizując metodę rozwiązywania podobnego problemu w pracach prowadzonych w mojej Katedrze na AGH, gdzie mając trajektorię zadaną (linia żółta) i trajektorię rzeczywistą (linia niebieska) obiektu terenowego:

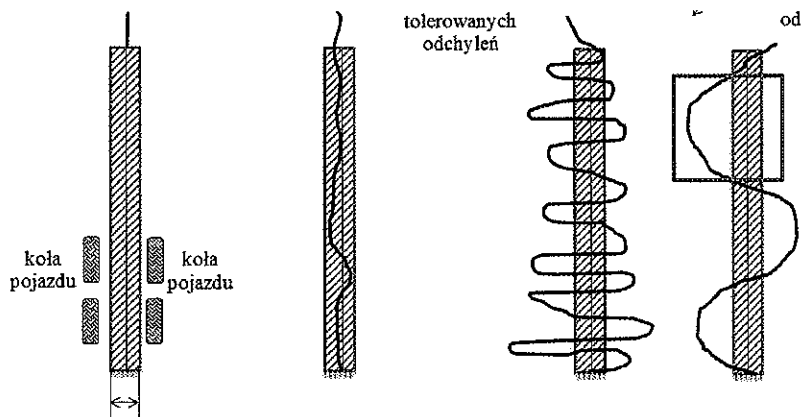


dokonyjemy numerycznej analizy tych trajektorii:



Współrzędne
punktów A, A', B, B'

i możemy dokonać oceny ilościowej na podstawie na przykład sumy kwadratów błędów albo wyboru wartości maksymalnej błędu, uwzględniając dodatkowo fakt, że w każdym zadaniu nawigacji można wskazać pas tolerowanych odchyień, których występowanie nie powinno stanowić podstawy do negatywnej oceny algorytmów nawigacji.



Dodatkowa uwaga dyskusyjna:

Drobnym mankamentem redakcyjnym jest przeniesienie **biblio grafii** do dodatków. Powinna ona stanowić – moim zdaniem – integralną część głównego korpusu pracy.

Uwagi te oczywiście w niczym nie umniejszają wartości merytorycznej prowadzonych rozważań, więc wyciągając przytoczony niżej wniosek końcowy nie brałem ich pod uwagę.

Podsumowując moją opinię stwierdzam, że opiniowana rozprawa „*Algorytmy nawigacji platformy mobilnej w nieznanym otoczeniu w kontekście paradygmatu obiektowego*” spełnia wymagania przewidziane dla rozpraw doktorskich w aktualnie obowiązującej Ustawie (Ustawa o stopniach naukowych i o tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku, Dziennik Ustaw Nr 65, poz. 595 - z późniejszymi zmianami), przeto **wnoszę o przyjęcie tej rozprawy i o dopuszczenie jej Autora, mgr inż. Adama Wulkiewicza, do jej publicznej obrony.**