

dr hab. inż. Mariusz Wąż – prof. AMW
Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej
Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego
Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni

Gdynia, 18.06.2019r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Pawła DĄBROWSKIEGO

p.t. „Zastosowanie metod teorii odwzorowań kartograficznych przy opracowaniu wyników pomiarów wykonywanych w technologii skaningu laserowego”

1. Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej jest pismo Dziekana Wydziału Nawigacyjnego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni z dnia 23.04.2019r. wystosowane na podstawie uchwały Rady Wydziału Nawigacyjnego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni nr 39N/2019/RWN z dnia 18 kwietnia 2019 w sprawie: powołanie recenzentów w przewodzie doktorskim mgr. inż. Pawła DĄBROWSKIEGO.

2. Wprowadzenie

Technika naziemnego skaningu laserowego to nowoczesna i szybko rozwijająca się forma pomiarów geodezyjnych, która w bardzo krótkim czasie pozwala pozyskać informację o kształcie i wzajemnych relacjach geometrycznych obiektów znajdujących się w zasięgu urządzenia pomiarowego. Technologię tą cechuje precyzja, automatyzacja, szybkość pozyskiwania i przetwarzania bardzo dużej liczby danych pomiarowych oraz dokładność mierzonych parametrów. Podstawową zasadą działania skanera laserowego jest pomiar odległości oraz kątów, umożliwiający wyznaczanie współrzędnych punktów w przestrzeni. Obszar zastosowań metody skaningu laserowego ciągle wzrasta. Formę tą wykorzystuje się w szczególności w dokumentacji budowy architektonicznych i inżynierskich, inwentaryzacji obiektów oraz w wielu innych pracach pomiarowych, gdzie pożądane jest pozyskanie dużej ilości przestrzennych danych pomiarowych w krótkim czasie. Technologia ta zgodna jest z obowiązującymi standardami technicznymi wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych oraz wysokościowych. Ze względu na swoje

cechy została ona zaliczona aktem prawnym jako dopuszczalna metoda wykonywania pomiarów geodezyjnych na terenie Rzeczypospolitej Polskiej.

W wyniku dokonania pomiaru pozyskiwana jest przestrzenna informacja o obiekcie w postaci chmury punktów. Wzajemne geometryczne relacje pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi wymagają sprecyzowanego przetworzenia danych pomiarowych. Wykorzystując zauważalną cechę symetryczności i regularności powierzchni mierzonych struktur – obiektów, pierwotną chmurę punktów można przekształcić do postaci przestrzennego rozwinięcia co stanowi przedmiot recenzowanej rozprawy. Do tego celu Doktorant wykorzystuje metody transformacji współrzędnych punktów stosowane w kartografii. Rozprawa Pana mgr. inż. Pawła Dąbrowskiego zawiera również szereg rozwiązań aplikacyjnych, które potwierdzają słuszność i aktualność podjętej tematyki. Należy podkreślić, że wszystkie poruszane zagadnienia w rozprawie, a w szczególności przedstawiona metoda przestrzennych rozwinięć chmury punktów zwiększająca czytelność pozyskanego materiału badawczego, metodyka zastosowania odwzorowań kartograficznych dla wybranych obiektów symetrycznych, mają duże znaczenie naukowe i praktyczne.

3. Układ pracy

Opiniowana dysertacja zbudowana jest z dziewięciu części, na które składają się wstęp, pięć rozdziałów zasadniczych, podsumowanie, wykazy rysunków i tabel oraz bibliografia. Całość poprzedza streszczenie w języku polskim i angielskim. Praca jest przygotowana bardzo starannie pod względem redakcyjnym i edytorskim.

Praca doktorska rozpoczyna się streszczeniem, w którym zawarto przedmiot rozprawy i jej zakres oraz krótką genezę problemu badawczego. Streszczenie sporządzone jest w dwóch językach: polskim i angielskim.

Wstęp pracy stanowi jego pierwszy rozdział, w którym Doktorant wprowadza w problematykę badawczą rozprawy. Krótko opisuje technologię wykonywania pomiarów naziemnego skaningu laserowego oraz sposoby prezentacji i opracowania wyników pomiarów. Przedstawia opracowaną autorską metodę przestrzennych rozwinięć chmury punktów mającej na celu stworzenie alternatywnej formy prezentacji złożonej struktury chmury punktów wykorzystując teorię odwzorowań kartograficznych. Wspomina, że wykorzystując cechy symetryczności obiektów budowlanych, ich podobieństwo do konkretnych brył geometrycznych i stosując odpowiednie metody estymacji kształtu podstawowego pomierzonych obiektów możliwe jest wyznaczenie powierzchni referencyjnej reprezentującej chmurę punktów. Poza genezą tematu rozprawy we wstępie Doktorant zawarł także główny cel pracy oraz szereg celów częściowych podlegających rozwiązaniu. W części tej opisano także budowę pracy i skład poszczególnych, zasadniczych rozdziałów rozprawy.

W rozdziale drugim, na 9 stronach, przedstawiono technikę naziemnego skaningu laserowego oraz sposoby przetwarzania pozyskanych danych pomiarowych. Omówiono w nim także oczekiwane

dokładności stosowanej technologii pomiarowej. Rozdział cechuje się zwięzłością i kompleksowością co jest pozytywnym podejściem w szczególności do tzw. treści odtwórczych zawartych w rozprawie.

Rozdział trzeci, zawarty na 20 stronach, to analiza literatury dotyczącej odwzorowań kartograficznych. Zawiera on krótki zarys teorii odwzorowań kartograficznych ich klasyfikację oraz przykłady aplikacyjne wybranych odwzorowań w odniesieniu do problemu badawczego poruszanego w rozprawie. Całość analizy wykonana jest tak aby wypłynęły z niej wnioski odnośnie wyboru poszczególnych odwzorowań pod względem zasadności stosowania w przetwarzaniu rejestrowanej chmury punktów.

Czwarty rozdział p.t. „Metody przetwarzania chmury punktów” zajmuje 36 stron i jest w mojej opinii zasadniczą częścią rozprawy. Zawarto w nim obecnie stosowane sposoby aplikacyjnego wykorzystania skaningu laserowego. W kolejnych podrozdziałach opisano przestrzenne rozwinięcia chmur punktów walcowych, sferycznych i elipsoidalnych obiektów symetrycznych. Całość cechuje się poprawnym układem w kontekście prezentowanych zagadnień tak aby w logiczny sposób przedstawić proces realizacji przestrzennego rozwinięcia chmury w aspekcie określenia powierzchni pierwotnych oraz elementów symetrii skanowanych obiektów.

Rozdział piąty, zawiera 15 stron i poświęcony został algorytmom metody najmniejszych kwadratów w przestrzennych rozwinięciach chmury punktów. Opisano w nim sposoby wyznaczania wybranych parametrów geometrycznych z punktu widzenia przestrzennych rozwinięć a w przede wszystkim skupiono się na zastosowaniu geodezyjnego rachunku wyrównawczego ze szczególnym uwzględnieniem funkcji odpornych. W tym i kolejnym rozdziale autor dowodzi, że takie podejście umożliwi uzyskanie lepszych wyników niż zastosowanie klasycznych metod nieodpornych.

Kolejny szósty rozdział rozprawy doktorskiej to autorskie rozwiązania aplikacyjne zawierające przykłady zastosowania opracowanej metody kartograficznego zobrazowania chmury punktów reprezentujących obiekty symetryczne. Przedstawiono w nim przykład rozwinięcia chmury punktów pomierzonych obiektów na pobocznice walca, na powierzchnię sfery i powierzchnię elipsoidy. Przedstawione przykłady w bardzo dobry sposób prezentują cechy autorskiej metody przestrzennych rozwinięć chmury punktów zwiększających czytelność danych pomiarowych oraz zapewniających możliwość pozyskiwania nowych informacji o obiekcie. Dostatecznie jest to wykazane na przykładzie rozwinięcia na pobocznice walca chmury punktów wieży telefonii GSM (podrozdział 6.1 str. 93-99) a także rozwinięcia na powierzchnię sfery chmur punktów planetarium UMG i AMW. (podrozdział 6.3 str. 107-114).

W podsumowaniu pracy, w rozdziale siódmym Doktorant analizuje przeprowadzone badania w aspekcie poprawności przyjętych założeń oraz opracowanych algorytmów. Podkreśla nowatorskość zaproponowanych rozwiązań i zrealizowanie założonego celu rozprawy.

Bibliografia zawiera 208 pozycji literatury. Na uwagę zasługuje jej dobór i bogactwo. Wszystkie pozycje są ściśle związane z tematem rozprawy, są aktualne i skrupulatnie wykazywane w treści.

4. Ocena rozprawy, uwagi dyskusyjne

We wstępie pracy jak i w pozostałych jej rozdziałach (poza podsumowaniem) trudno jest odnaleźć konkretnie sprecyzowanej tezy lub hipotezy badawczej. Dopiero w podsumowaniu, w ostatnim zdaniu rozprawy, Doktorant stwierdza, że hipoteza główna pracy mówiąca o tym, że „możliwy jest wybór takiego odwzorowania oraz innego przekształcenia kartograficznego chmury punktów, aby poprzez właściwy jego dobór pozyskać dodatkową informację o cechach geometrycznych obiektu” została potwierdzona. We wstępie, na 8 stronie (ostatni akapit), na podstawie przedstawionej krótkiej genezy tematu rozprawy, autor stawia sobie pytanie: „... o możliwość poprawy warunków prowadzenia analiz przestrzennych i wnioskania w trójwymiarowej przestrzeni chmury punktów” a dalej: „W efekcie została opracowana metoda wykonywania tzw. przestrzennych rozwinięć chmur punktów, która miała na celu stworzenie alternatywnej formy prezentacji złożonej struktury chmury punktów”. W kolejnym akapicie, na stronie 9, autor dodaje, że „Stosując odpowiednie metody estymacji kształtu podstawowego pomierzonych obiektów na podstawie ich punktowej reprezentacji możliwe jest wyznaczenie powierzchni referencyjnej, do której można odnieść geometrycznie chmurę punktów”. W kontekście całości treści zawartej we wstępie można przyjąć, że jest to hipoteza, która jest pewnego rodzaju przypuszczeniem lub domysłem dotyczącym założonego problemu badawczego rozprawy i powinna podlegać udowodnieniu lub obaleniu. Jednocześnie chciałbym zaznaczyć, że w pełni zgadzam się z autorem rozprawy, że hipoteza tak postawiona została pozytywnie potwierdzona.

Moim zdaniem dobrze byłoby zawrzeć w pracy (np. we wstępie) część tzw. metodyczną, w której doktorant określiłby tezę lub hipotezę roboczą a także, poza celem pracy, celami cząstkowymi i zakresem pracy, scharakteryzowałby zastosowane metody badawcze. Rozdział taki (lub część rozdziału) byłaby zgodny z metodologią badań naukowych i pisania prac doktorskich. Jego brak nie jest moim zdaniem dużą wadą ale pewnego rodzaju mankamentem zważywszy, że Doktorant jasno precyzuje cel pracy i szeroko opisuje cele cząstkowe, które korespondują z postawioną hipotezą główną pracy cytowaną w podsumowaniu.

Struktura pracy jest poprawna. Nie zauważyłem nadmiernie „rozrośniętych” rozdziałów, opisów i nieuzasadnionych merytorycznie zbędnych informacji nie mających znaczenia w sensie prowadzonych badań. Na uwagę zasługuje opis przeprowadzonych kampanii pomiarowych. Należy przyznać, że całość opracowania pod względem językowym jest bardzo poprawna, zwięzła i zrozumiała dla czytającego. Całość koresponduje i bardzo precyzyjnie odnosi się do literatury przedmiotu wykorzystanej w rozprawie. Świadczy to o gruntowym merytorycznym przygotowaniu Doktoranta w prowadzeniu badań naukowych.

Kolejna moja uwaga dotyczy opisów wzorów, a konkretnie stosowanych oznaczeń zawartych w opisach, wyprowadzonych formułach i zależnościach matematycznych. Nadmieniam, że wzory i ich ujęcie oraz opis jest poprawny ale Doktorant czasami zmiennie stosuje odmienną czcionkę przy

użyciu różnych znaczników: Np. mała litera grecka „phi” (φ) oznaczająca szerokość geograficzną używana jest za pomocą dwóch identycznie brzmiących znaczników φ i ϕ (wzory 3.25 i 3.26). Oba oznaczenia są dopuszczalne ale zalecałbym ujednoczyć opis i w całości pracy stosować jedną formę. Podobna uwaga dotyczy stosowania oznaczenia małego „theta” θ i ϑ . W wielu miejscach oznaczenia są różne - inne na rysunkach i we wzorach, inne w opisach (np. wzór 4.39 i opis zawarty powyżej na stronie 68 lub opis rysunku 4.14 i oznaczenia stosowane w podrozdziale 4.4.2 str. 65 i w innych miejscach). Może to wynikać np. z pisania symboli kursywą. W pracach technicznych stosowanie czcionek pogrubionych, kursywy w symbolach ma duże znaczenie i należy mieć to na uwadze. Brakuje w pracy wykazu stosowanych skrótów i oznaczeń. Oznaczenia w pracy powinny być jednoznaczne, co należy rozumieć, że każdy symbol w rozprawie powinien mieć to samo znaczenie. We wzorze 2.2 $\Delta\varphi$ i λ oznaczają różnicę fazy i długość fali, gdzie w całej pracy identyfikowane są jako szerokość ($\Delta\varphi$ - różnica szerokości geograficznej) i długość geograficzna.

Pomimo wspomnianych uwag dotyczących wzorów i stosowanych zmiennych, chciałbym zauważyć, że Doktorant poprawnie wyprowadza wiele zależności funkcyjnych i umiejętnie stosuje je do interpretacji poruszanych w rozprawie zagadnień. Skrupulatnie korzysta z literatury przedstawiając kolejne formuły funkcji odwzorowawczych przestrzennego rozwinięcia chmur punktów obiektów symetrycznych. Nie znalazłem w nich błędów, a każda przedstawiona formuła ma swoje logiczne uzasadnienie w opracowanej autorskiej metodzie przestrzennych rozwinięć chmur punktów. Dyplomant wykazał się dużą wiedzą z zakresu kartografii matematycznej, płynnym i swobodnym posługiwaniem się aparatem matematycznym w tworzeniu aplikacji.

Przedstawione powyżej uwagi krytyczne nie umniejszają wartości pracy. Sposób realizacji podstawowych zadań przez Doktoranta, przedstawienie ich w treści rozprawy oraz liczba wykorzystanych źródeł, świadczy o bardzo dobrej znajomości poszczególnych zagadnień. Rozprawa posiada wysoki poziom merytoryczny, który dowodzi, że jej Autor jest dobrze przygotowany do prowadzenia badań naukowych. Wyniki prowadzonych badań zostały bardzo dobrze udokumentowane co jest oznaką dogłębnej i wieloaspektowej znajomości przez autora poruszanych zagadnień. Rozprawę doktorską mgr. inż. Pawła Dąbrowskiego oceniam bardzo pozytywnie.

Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta należy zaliczyć:

- wyprowadzenie formuł odwzorowawczych, określenie rozkładu zniekształceń odwzorowawczych przestrzennego rozwinięcia chmur punktów;
- wykonanie badań doświadczalnych polegających na przedstawieniu szeregu zastosowań aplikacyjnych z zastosowaniem skaningu laserowego obiektów symetrycznych (walcowych, sferycznych i elipsoidalnych);
- opracowanie nowej metody przestrzennych rozwinięć chmur punktów z wykorzystaniem teorii odwzorowań kartograficznych (dot. to zastosowania wybranych odwzorowań

kartograficznych do interpretacji i przetwarzania danych pomiarowych obiektów symetrycznych);

- wykorzystanie metody odpornej M-estymacji do ograniczenia wpływu obserwacji odstających w pomierzonych chmurach punktów, a także do wyznaczania środka przekroju chmury punktów i wpasowywania prostej w zbiór punktów trójwymiarowych.

5. Wniosek końcowy

Prezentowana rozprawa doktorska jest wartościowa pod względem naukowym oraz kompletna pod względem treści. Sposób opracowania poszczególnych zagadnień przez Doktoranta jest oryginalny i stanowi znaczący dorobek naukowy Autora. Doktorant wykazał się dojrzałością naukową i samodzielnością oraz szeroką wiedzą z obszaru rozwiązywanych zagadnień teoretycznych.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Pawła DĄBROWSKIEGO spełnia wymogi stawiane przed rozprawami doktorskimi określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz 595). Mając to na uwadze, stawiam do Rady Wydziału Nawigacyjnego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni wniosek o jej przyjęcie oraz dopuszczenie do publicznej obrony.

6. Wniosek o wyróżnienie

Biorąc pod uwagę osiągnięcia Autora rozprawy doktorskiej mgr. inż. Pawła DĄBROWSKIEGO, które zostały wykazane w powyższej recenzji oraz mając na uwadze wysoki poziom naukowy rozprawy składam wniosek do Wysokiej Rady Wydziału Nawigacyjnego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni o wyróżnienie niniejszej dysertacji stosowną nagrodą.

