

Konny *Rada Wydziału*

DZIEKAN
Wydziału Geodezji, Inżynierii
Przestrzennej i Budownictwa

dr hab. inż. Paweł Wielgosz, prof. UWM

prof. dr hab. inż. Marek Grzegorzewski, prof. WSOSP

Kraków, 14.03.2017r.

Wydział Lotnictwa

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych

Dęblin

Recenzja rozprawy doktorskiej dla Rady Wydziału Geodezji, Inżynierii
Przestrzennej i Budownictwa Uniwersytetu Warmińsko – Mazurskiego
w Olsztynie

TYTUŁ ROZPRAWY

Sieciowe pozycjonowanie różnicowe z wykorzystaniem obserwacji GPS i GLONASS

AUTOR ROZPRAWY

mgr inż. Paweł Przestrzelski

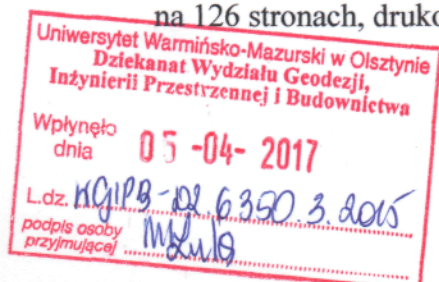
PROMOTOR ROZPRAWY

dr hab. inż. Mieczysław Bakuła, prof. UWM

1. STRUKTURA ROZPRAWY

W pracy podjęto problem integracji kodowych pseudoodległości GPS i GLONASS w metodzie sieciowego pozycjonowania różnicowego.

Opiniowana rozprawa składa się z wprowadzenia, pięciu rozdziałów, podsumowania i wniosków, spisu literatury i spisu źródeł internetowych, załącznika A, spisu tabel (26 tab.), rysunków (24 rysunki) oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Spis literatury obejmuje 150 pozycji. Autor wykorzystał 10 źródeł internetowych. Jako załącznik w rozprawie dołączony jest fragment kodu autorskiej aplikacji. Praca została przedstawiona na 126 stronach, drukowano jednostronnie.



pl

2. CEL , TEZY I ZAKRES PRACY

Za podstawowy cel badawczy autor przyjął przeprowadzenie badań nad integracją kodowych pseudoodległości GPS i GLONASS w metodzie sieciowego pozycjonowania różnicowego. Efektem przeprowadzonych badań jest uzyskanie najlepszych dokładności wyznaczania pozycji przy jednoczesnym wykorzystaniu systemu GPS i GLONASS.

Postawiona teza pracy brzmi:..." zaniedbanie między kanałowych opóźnień GLONASS podczas integracji kodowych obserwacji GPS i GLONASS na potrzeby sieciowego pozycjonowania różnicowego. Może doprowadzić do pogorszenia dokładności wyznaczania pozycji w stosunku do metody, która wykorzystuje wyłącznie pseudoodległość GPS lub co najmniej spowoduje obniżenie jakości rozwiązania dwusystemowego".

Narzędzia badawcze wykorzystywane w badaniach to aplikacja realizująca metodę NDNSS w języku C++ w środowisku Code::Blocks pracujący w środowisku Linux. Do analizy i opracowania wykorzystano środowisko Matlab. Grafika rastrowa powstała w programie Corel Draw. Obliczenia pomocnicze przeprowadzono programami RTK LiB , Topcon Tools oraz Trimble Business Center.

Zakres pracy jaki wyznaczył sobie doktorant to wagowanie obserwacji GLONASS, wyznaczenie międzykanałowych opóźnień GLONASS i oszacowanie wpływu opóźnień międzykanałowych GLONASS na wyniki sieciowego pozycjonowania różnicowego GPS/GLONASS.

W odniesieniu do rozpatrywanego problemu badawczego, zakres pracy jest określony adekwatnie i wyczerpująco.

Uwagi do sformułowanego celu badawczego:

Celem badań naukowych jest rozwiązanie określonego problemu badawczego. Może to być poznanie procesów określonej kategorii zjawisk, faktów. Analizując rozprawę stwierdzam, że najważniejszym celem jest poszukiwanie rozwiązań pozwalających na uzyskanie wysokich dokładności wyznaczania pozycji, a nie przeprowadzenie badań.

3. ZAWARTOŚĆ I WYNIKI ROZPRAWY

Wprowadzenie zawiera informacje na temat metod wyznaczania pozycji w czasie rzeczywistym. Autor jako pierwszą przedstawił nam metodę pozycjonowania względnego wykorzystującą fazowe lub fazowe i kodowe obserwacje jedno lub wieloczęstotliwościowe oraz drugą metodę precyzyjnego pojedynczego punktu. Doktorant przedstawił tezę o integracji systemu GPS z innymi systemami co powinno doprowadzić do poprawy dokładności

gbr

wyznaczania pozycji. Dokładna kwerenda publikacji międzynarodowych, potwierdzająca aktualność problemu integracji obserwacji GPS i GLONASS FDMA w zastosowaniu do różnych technik pozycjonowania była podstawą sformułowania założeń problemowych rozprawy. Na tej podstawie przedstawił **podstawowy cel badawczy** oraz sformułował **tezę**. Jako cel badawczy prezentowanej rozprawy postawił przeprowadzenie badań nad integracją kodowych pseudoodległości GPS i GLONASS w metodzie sieciowe pozycjonowania różnicowego dla uzyskania najlepszej dokładności wyznaczania pozycji przy jednoczesnym wykorzystaniu obu systemów nawigacji satelitarnej.

W rozdziale drugi przedstawiono charakterystykę systemów GPS i GLONASS. Ze względu na odmienną budowę systemów autor sygnalizuje problemy ich integracji. Podrozdział 2.1.1 zawiera charakterystykę sygnałów GPS, a podrozdział 2.2.1 charakterystykę sygnałów systemu GLONASS, klasyfikację skali czasu i system czasu GPS przedstawiono w podrozdziale 2.1.2 i system czasu GLONASS w 2.2.2 oraz systemy odniesienia WGS 84 w 2.1.3 i PZ-90 w 2.2.3. W podrozdziale 2.3 autor przedstawił problemy integracji GPS i GLONASS. Za źródło problemów podczas opracowania obserwacji GLONASS przyjmuje doktorant odbiornik użytkownika. Stawiając taką tezę powołuje się na opinię zawartą w publikacji Hofmanna- Wellenhof oraz o założenia, że nadal będzie używany sygnał GLONASS FDMA pomimo, że zmodernizowany GLONASS ma możliwości transmisji metodą CDMA.

W rozdziale trzecim doktorant przedstawia model matematyczny sieciowego pozycjonowania różnicowego GPS/GLONASS w którym zaprezentował kodowe oraz fazowe równania obserwacyjne i źródła błędów występujące w pomiarach GNSS. Szczególną uwagę doktorant skupił na błędach orbit, błędach zegara satelity, opóźnienia jonosferyczne, opóźnienia troposferyczne, szумы pomiarowe odbiornika i wielodrogowość. Na uwagę zasługuje podrozdział 3.3 przedstawiający model matematyczny pozycjonowania DGNSS, sposób wagowania obserwacji GPS i GLONASS, model rozwiązania sieciowego oraz wygładzania obserwacji kodowych.

W rozdziale czwarty autor dokonuje przeglądu bibliotek GNSS dostępnych w sieci Internet, wybierając projekt GPSTk jako bazową do wykonania oprogramowania autorskiego. Następnie przedstawia wyniki badań z wykorzystaniem aplikacji metodą pozycjonowania różnicowego w podejściu klasycznym i sieciowym w oparciu o system GPS. Na uwagę zasługuje podrozdział 4.2 w którym autor dokonał weryfikacji algorytmów (N)DGPS. Zastosował oprogramowanie autorskie do przeprowadzenia obliczeń w oparciu o dane ze stacji permanentnych TPI NETpro. Doktorant dokonał wyboru stacji do weryfikacji działania



aplikacji (rys.4.2). Szczególną uwagę skoncentrowano na założeniu „unikano południa Polski”, co jak zakłada autor spowodowało by obniżenie efektywności interpolacji liniowej. Na rysunku 4.3 przedstawił schemat wyznaczania pozycji metodą NDGPS/NDGNSS zaimplementowany w autorskim oprogramowaniu. Przepływ danych dla rozwiązania klasycznego jest identyczny, ale pomija moment interpolacji poprawek i wymaga danych tylko z jednej stacji referencyjnej. W celu redukcji wpływu wielodrogowości i szumów, autor proponuje aby obserwacje kodowe zarejestrowane na stacjach referencyjnych i przez odbiornik wygładzić fazą. Wyniki pozycjonowania DGPS i NDGPS zostały przedstawione w podrozdziale 4.2.2.

W rozdziale piątym autor zaprezentował przebieg badań nad wpływem wagowania obserwacji GLONASS w sieci jednorodnej (homogenicznej) i różnorodnej (heterogenicznej). Do badań zastosowano autorskie oprogramowanie i sieć przedstawioną w rozdziale 4.2 z rozszerzeniem o dodatkowe stacje GNSS (rys.5.1) Autor przed rozpoczęciem badań dokładnościowych dokonał weryfikacji jakości danych GPS i GLONASS, a następnie określił wpływ wagowania obserwacji GLONASS na rozwiązanie NDGNSS. Opierając na doświadczeniach (Wanniger i Wallstab-Treitag) zastosował zmniejszenie wagi obserwacji GLONASS o współczynnik 2 co pozwoliło rezyduom zaobserwować międzysprzętowe opóźnienie kodowe. Wyniki dokładności sieciowego pozycjonowania różnicowego zostały zawarte w tabeli 5.8. Wnikliwa kwerenda realizowanych badań dotyczących sieciowego pozycjonowania różnicowego GPS/GLONASS była inspiracją do zaproponowania nowych rozwiązań.

W rozdziale szóstym autor przygotował praktyczną procedurę obliczenia opóźnień ICB. Celem badań było wyznaczenie kodowych opóźnień ICB i oszacowanie wpływu kalibracji obserwacji GLONASS na wyniki rozwiązywania NDGNSS. Wartość ICB obliczona została dla każdego satelity GLONASS na podstawie dobowych i co tygodniowych rezyduów poprawionych pseudoodległości. W tym celu w podrozdziale 6.2 dokonuje procedury wyznaczania opóźnień ICB. Przedstawiając kodowe równania obserwacyjne dokonuje zróżnicowania pseudoodległości GPS i GLONASS (6.1, 6.2). W równaniach tych uwzględnił sieciowe poprawki PRC wyprowadzając model funkcjonalny wykorzystywany do wyznaczenia kodowych opóźnień ICB (6.3, 6.4) W opisie badań autor wytypował do weryfikacji zbiór danych dotyczących opóźnień międzykanałowych. Zaplanowane badania zostały przeprowadzone między 18 a 24 grudnia 2014 roku. Wykorzystano ten sam zestaw stacji referencyjnych do obliczenia poprawek PRC (rys. 6.2). Zastosowano podobną metodologię badań (jak w rozdziale 5.1) do opracowania danych GPS i GLONASS i oszacowania dokładności. Autor nie zastosował wygładzania obserwacji kodowych fazą

PŁH

(tab.6.3). Dokonał wyliczeń średnie dobowe i tygodniowe rezydua dla każdego satelity GPS i GLONASS oraz dla każdej stacji. Badania dla losowo wybranych stacji wykazały, że jeżeli opóźnienia ICB są uwzględnione w obliczeniach, to po pierwszej iteracji jakość danych GLONASS nie odbiega od GPS. Druga iteracja doprowadziła do poprawy wyników a trzecia iteracja nie przyniosła poprawy dokładności wyznaczania pozycji żadnej z badanych stacji. W każdej iteracji dobowe i co tygodniowe średnie wartości rezydów indywidualnych satelitów GLONASS odzwierciedlały efekt opóźnień międzykanałowych podczas gdy średnia wartość w grupie 24 satelitów GLONASS dla danej stacji była bliska zeru.

Na podkreślenie zasługuje wykorzystanie własnej aplikacji do badań na każdym etapie analizy.

W podsumowaniu autor podkreślił rolę pierwszej części pracy w której dokonał omówienia segmentów kosmicznych systemu GPS i GLONASS, zdefiniował trudności integracji między systemami, a także przedstawił modele deterministyczny i stochastyczny pozycjonowania różnicowego z uwzględnieniem opisu zalet oraz zasad działania podejścia sieciowego. W części drugiej doktorant zawarł autorską aplikację i dokonał weryfikacji poprawności obliczeń. Na podstawie badań uzyskane wyniki pozwoliły na przygotowanie następujących wniosków:

- wyznaczenie pozycji z wysoką dokładnością wymaga dokonania wygładzenia fazą zarówno obserwacji kodowych na stacjach referencyjnych jak i przez odbiornik użytkownika;
- zaniedbanie opóźnień między kanałowych ma negatywny wpływ na wyniki pozycjonowania NDGNSS, szczególnie w przypadku sieci heterogenicznych;
- przy niejednorodnym zestawie urządzeń GNSS, negatywny wpływ opóźnień zależny od częstotliwości na wyniki rozwiązywania NDGNSS może być zredukowany poprzez zmniejszenie wagi obserwacji GLONASS przy jednoczesnym zachowaniu potencjalnej dokładności wyznaczania pozycji;
- dodanie obserwacji GLONASS ze zmniejszoną wagą w grupie urządzeń jednorodnych poprawiło dokładność wyznaczeń NDGPS o 14-24%;
- wyniki badań potwierdziły poprawność i efektywność zaproponowanej procedury wyznaczania kodowych opóźnień ICB obserwacji GLONASS. Dokładność sieciowego pozycjonowania różnicowego GPS/GLONASS po wykonaniu kalibracji uległa poprawie o 15-28% względem rozwiązywania NDGPS;
- kalibracja obserwacji GLONASS pozwoliła na wyeliminowanie efektu oscylacji serii czasowej współrzędnych, a najlepsze wyniki wyznaczenia pozycji osiągnięto obliczając i uwzględniając wartości opóźnień ICB;



Doktorant na podstawie wniosków zweryfikował tezę, że zaniedbanie międzykanałowych opóźnień GLONASS podczas integracji kodowych obserwacji GPS i GLONASS na potrzeby sieciowego pozycjonowania różnicowego może doprowadzić do pogorszenia się dokładności wyznaczania pozycji w stosunku do metody, która wyłącznie wykorzystuje pseudoodległości GPS.

Wyniki potwierdziły poprawność i efektywność zaproponowanej procedury wyznaczania kodowych opóźnień ICB obserwacji GLONASS.

UWAGI OGÓLNE

- Str.7 ...za podstawowy cel badawczy prezentowanej rozprawy postawiono przeprowadzenie badań...Celem badań nie są badania lecz w tym przypadku przygotowanie procedury integracji obserwacji GPS i GLONASS FDMA w zastosowaniu do różnych technik pozycjonowania satelitarnego; *Z problemu badawczego i pytań szczegółowych należy wysunąć hipotezy badawcze, bowiem celem każdego badania jest zweryfikowanie postawionych hipotez. W badaniach naukowych sensu largo hipoteza (ang. hypothesis) jest prawdopodobnym założeniem, którego zgodność lub niezgodność z rzeczywistością powinna być dowiedziona w trakcie prowadzonych czynności badawczych. Klepacki B.- Wybrane zagadnienia z metodologią badań naukowych, Rocznik nauk rolniczych, seria G., T.96 z 2.2009, Warszawa 2009;*
- Str. 7 - Cytuję ...”Badania wykonano przy pomocy pomiarów”. Jestem przekonany, że doktorant realizował badania używając odbiorników.
- Str. 18, 20- brak źródła pochodzenia danych w tab. 2.3, 2.4, 2.5
- Str.54 – ...”Dobierając stacje referencyjne unikano południa Polski aby zminimalizować przewyższenia między nimi..”
Autor nie zapoznał się z pracą Jarosława Bosego opublikowaną w Zeszytach Naukowych Wrocław - nr 522 pt.: „;Precyzyjne opracowanie obserwacji satelitarnych GPS w lokalnych sieciach położonych w obszarach górskich”
- Str. 57 - ...”dokładność określenia pozycji metodą DGPS/DGNSS jest przez to znacznie gorsza od precyzji”. Pytanie-jaka jest różnica między dokładnością, a precyzją?
- Str. 60 – ...”zauważalne pogorszenie jakości pozycjonowania w okolicach godziny 22:00”...;
- Str. 60 – literówka „przeprowadzoncyh”;

- Str. 75- ...”Odkryto, że samo podejście w przypadku zestawu homogenicznego nie jest wymagane, ale może poprawić wydajność...” . O jakim podejściu rozmawiamy?
- Str. 81- ...” zbiór danych , wytypowanych do weryfikacji założeń dotyczących opóźnień międzykanałowych przedstawionych w rozprawie, składa się z różnych modeli odbiorników i anten GNSS...” . Pytanie czy zbiór danych jest zbiorem modeli odbiorników i anten GNSS ?
- Str. 94-„wagowanie obserwacji nie zawsze jest wystarczające” sformułowanie zostało użyte we wnioskach. W pracach inżynierskich powinno używać się zdań precyzyjnych, zwłaszcza w podsumowaniach;
- Str. 107- Załącznik A zawiera tylko fragment kodu autorskiej aplikacji. Uważam, że załącznik powinien zawierać pełną aplikację ponieważ jest to ważny wkład autorski do pracy. Doktorant zaleca czytającym zapoznanie się z książkami Bruce Eckela, Jerzego Grębosza, Stanleya Lippmana i Bjarne Stroustrup’a w celu zrozumienia zasad programowania. Kwalifikuję to jako niezręczność stylistyczną.

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

- brak spisu skrótów użytych w rozprawie;
- brak źródeł pochodzenia wzorów prezentowanych w pracy doktorskiej.

5. UWAGI DOTYCZĄCE REDAKCJI PRACY

- Przy numeracji wzorów brak jest źródła cytowanych wzorów;

WNIOSKI

Całościowa ocena pracy jest pozytywna. Doktorant sprecyzował hipotezę i zasadniczy problem badawczy. Samodzielnie rozwinął i przedstawił w sposób logiczny oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, stosując odpowiednie metody badawcze. Autor podjął ważny problem integracji kodowych obserwacji GPS i GLONASS na potrzeby sieciowego pozycjonowania różnicowego. Zrealizowany cykl pomiarów potwierdził założoną tezę badawczą. Cel pracy został osiągnięty.

Stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa mgr inż. Paweł Przestrzelskiego zatytułowana „ Sieciowe pozycjonowanie różnicowe z wykorzystaniem obserwacji GPS



i GLONASS” napisana pod kierunkiem dr hab. inż. Mieczysława Bakulę spełnia wymogi ustawy z dnia 14 marca 2003 roku (Dz.U. z dn.2003r. Nr 65 poz. 595 ze zm.).

Wnoszę o o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

PYTANIA DO DOKTORANTA

- A. Czy aplikacja wykonana przez doktoranta może być zastosowana do badań wykonywanych w terenie górskim?
- B. Czy możliwe jest zastosowanie tego rozwiązania do wyznaczenia pozycji statku powietrznego na drodze zniżania do lotniska?

