Dr hab. inż. Sławomir Cellmer, prof. UWM
Uniwersytet Warmińsko Mazurski w Olsztynie
Wydział Geoinżynierii, Instytut Geodezji, Katedra Geodezji

Olsztyn 14.07.2022.

OPINIA O ROZPRAWIE DOKTORSKIEJ

mgr inż. Dawida Kwaśniaka

na temat:

ŁĄCZNE OPRACOWANIE OBSERWACJI Z RÓŻNYCH SYSTEMÓW GNSS Z WYKORZYSTANIEM METODY MAFA

Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawę doktorską stanowi monografia naukowa składająca się z siedmiu rozdziałów oraz spisu literatury, rysunków i tabel. Pierwszy rozdział to wprowadzenie i cel rozprawy. Cel rozprawy, został sformułowany w pracy jako estymacja międzysystemowego opóźnienia sprzętowego przy użyciu zmodyfikowanego modelu metody MAFA. W tym rozdziale przedstawiona została także następująca teza badawcza: „rozwinięcie modelu matematycznego metody MAFA pozwoli na estymację międzysystemowego opóźnienia sprzętowego bez konieczności powiązywania tego parametru z nieoznaczonościami pomiaru fazowego". Drugi rozdział zawiera opis istniejących obecnie systemów pozycjonowania satelitarnego. Trzeci rozdział składa się z trzech części: opis typów obserwacji wykorzystywanych w pozycjonowaniu satelitarnym, charakterystyka błędów wpływających na pozycjonowanie GNSS oraz opis metod LAMBDA i MAFA precyzyjnego pozycjonowania w oparciu o obserwacje fazowe. Czwarty rozdział pracy poświęcony jest głównemu tematowi rozprawy tj. estymacji międzysystemowego opóźnienia sprzętowego. Kolejne rozdziały opisują eksperymenty pomiarowe i analizy wyników. Praca kończy się podsumowaniem i wnioskami.

Ocena merytoryczna pracy

Przedmiotem rozprawy jest precyzyjne pozycjonowanie satelitarne na podstawie zbioru danych składającego się z obserwacji uzyskanych z różnych systemów pozycjonowania satelitarnego. Zbiór takich obserwacji może być opracowany oddzielnie dla każdego systemu i ten sposób jest powszechnie stosowany. Jednak w tym tradycyjnym podejściu nie jest wykorzystywany cały potencjał wielosystemowego zbioru obserwacji. Aby w pełni wykorzystać możliwości jakie niesie ze sobą multi-systemowy zbiór obserwacyjny należy wszystkie obserwacje włączyć do wspólnego procesu obliczeniowego. W takim zadaniu pojawia się problem związany z międzysystemowym opóźnieniem sprzętowym (ISB inter-system bias), którego wartość musi być uwzględniona w obliczeniach. W standardowej parametryzacji tego zadania powstaje problem z rozdzieleniem wartości parametru dotyczącego ISB i innego parametru, który jest związany z nieoznaczonością pomiaru fazowego. W modelu zawierającym ISB jako oddzielny parametr powstaje defekt uniemożliwiający przeprowadzenie procesu estymacji. Obecny stan wiedzy pozwala stwierdzić, że dotychczasowe próby rozwiązania tego problemu polegały na połączeniu ISB z innym parametrem i estymacji takiej niewiadomej w modelu matematycznym. Dopiero po przeprowadzeniu estymacji wektora parametrów możliwe jest w razie potrzeby wyznaczenie wartości ISB (prof. Peter Teunissen). Autor rozprawy podjął się opracowania parametryzacji zadania multi-systemowego pozycjonowania, w której nie ma potrzeby łączenia ISB z innym parametrem. Model oparty na takiej parametryzacji jest prostszy i łatwiejszy w implementacji. W swojej pracy mgr Kwaśniak zaproponował parametryzację zadania pozycjonowania satelitarnego uwzględniającego wyznaczenie ISB w oparciu o zmodyfikowany model metody MAFA. Model ten nie zawiera parametrów związanych z nieoznaczonościami pomiaru fazowego chociaż zapewnia ich całkowitoliczbowy charakter. Dzięki temu, wprowadzenie nowego parametru związanego z ISB nie powoduje powstawania defektu. Zaproponowany w pracy model matematyczny stanowi główne i moim zdanie znaczące osiągnięcie rozprawy. Nie mniej znaczącym osiągnięciem jest opracowanie modyfikacji procedury poszukiwawczej w metodzie MAFA. Przeprowadzenie procedury poszukiwawczej jest konieczne ze względu na nieciągły charakter części parametrów (całkowite wartości nieoznaczoności pomiaru fazowego). Standardowy obszar poszukiwań w postaci elipsoidy błędów pozycji przybliżonej został rozszerzony o dodatkowy wymiar i ostatecznie uzyskał on kształt quasi-elipsoidy błędów wektora czterech parametrów: trzech współrzędnych pozycji i ISB. Podstawą ustalenia obszaru poszukiwań jest założenie, że jest nim obszar ufności rozwiązania przybliżonego (float solution) dla przyjętej wartości poziomu

ufności. Poszukiwanie rozwiązania polega na testowaniu kandydatów rozmieszczonych w czterowymiarowej sieci wewnątrz obszaru ufności o kształcie quasi-elipsoidy. Atutem pracy są poprawnie zaprojektowane eksperymenty obliczeniowe oparte na danych uzyskanych z permanentnie pracujących stacji GNSS. Analiza wyników oraz wnioski przedstawione są w sposób jasny, niebudzący wątpliwości. Rozprawę oceniam pozytywnie. Wnioski z prac przeprowadzonych w ramach rozprawy stanowią potwierdzenie pozytywnej weryfikacji hipotezy badawczej. Uważam, że cel rozprawy został osiągnięty. Zaimplementowanie metody MAFA do estymacji ISB w opracowaniu multi-systemowych obserwacji GNSS uważam za znaczące osiągnięcie naukowe.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Dawida Kwaśniaka na temat: *Łączne opracowanie obserwacji z różnych systemów GNSS z wykorzystaniem metody MAFA* stanowi znaczące osiągnięcie naukowe i spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w obecnie obowiązujących przepisach.

Sławomir Cellmer