

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Tomasz Hadasia p.t:
Doskonalenie metod precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego
GNSS w czasie rzeczywistym.

Recenzowana rozprawa doktorska poświęcona jest pozycjonowaniu satelitarnemu w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem systemu GPS i GLONAS w trybie PPP. W pracy przedstawiono analizę pozycjonowania w czasie rzeczywistym metody PPP w odniesieniu do metod wykonywanych „post factum”, szczególną uwagę zwrócono na jakość wyznaczania parametrów troposfery w postaci parametru ZTD, wszystkie zebrane doświadczenia zostały wykorzystane do opracowania autorskiego oprogramowania GNSS-WARP.

Zgodnie z art. 13 Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki *„Rozprawa doktorska może mieć formę maszynopisu książki, książki wydanej lub spójnego tematycznie zbioru rozdziałów w książkach wydanych, spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych lub przyjętych do druku w czasopismach naukowych, określonych przez ministra właściwego do spraw nauki na podstawie przepisów dotyczących finansowania nauki [...]”*. Autor do rozprawy włączył 3 artykuły. Jedna z prac opublikowana jest w *Measurement Science and Technology*, jedna w *GPS Solution* i jedna, samodzielna zaakceptowana do druku, w *Artificial Satellites*. Biorąc pod uwagę materiał zaprezentowany w powyższych publikacjach to jest on wystarczający na rozprawę doktorską.

Wszystkie publikacje, które składają się na rozprawę doktorską dotyczą tego samego obszaru badawczego tworząc monotematyczny cykl poświęcony różnym aspektom metod pozycjonowania GNSS w czasie rzeczywistym. Przedstawione badania obejmują analizę dostępnych „produktów IGS” dostępnych w czasie rzeczywistym i prawie rzeczywistym, ale również dyskusję dokładności wyznaczanych parametrów w odniesieniu do rozwiązań referencyjnych MUT (rapid ASG-EUPOS). Spośród trzech przedstawionych publikacji jedna jest

monoautorska, druga jest publikacją autoryzowaną przez pięciu współautorów w tym promotora, prof. Jarosława Bosego, trzecia współautorska z prof. Jarosławem Bosym. Zgodnie z udziałem procentowym podanym w rozprawie doktorskiej, udział mgr inż. Tomasza Hadasia jest znaczny, przy czym oprogramowanie, które zostało wykorzystane do opracowania obserwacji GNSS w czasie rzeczywistym zostało opracowane przez niego samodzielnie, podobnie, jak analizy numeryczne w dwóch pozostałych publikacjach. Występuje on również jako pierwszy autor we wszystkich publikacjach składających się na rozprawę doktorską.

Zbiór publikacji opatrzony jest napisanym w języku polskim i angielskim krótkim wprowadzeniem oraz streszczeniem zawartości wszystkich publikacji. W podsumowaniu autor prezentuje wnioski wynikające z przeprowadzonych badań i publikacji oraz możliwe dalsze badania i prace, które będzie rozwijał w przyszłości. Streszczenia zbioru publikacji zawierają szereg pojęć technicznych tłumaczonych z j. angielskiego. Niestety pisząc streszczenie autor nie ustrzegł się błędów. Przykładem może być tłumaczenie pojęcia „random walk”, które autor tłumaczy jako „spacer losowy” właściwym powinno być tłumaczenie „błądzenie losowe”, które jest przykładem prostego procesu stochastycznego.

Wprowadzenie obejmuje tylko ogólną problematykę badań, które są prezentowane w zbiorze publikacji. W mojej ocenie cel i teza są mało precyzyjnie zdefiniowane.

Celem pierwszego artykułu „*Near real-time regional troposphere model for GNSS precise point positioning technique*” było zbadanie jaki jest wpływ zastosowanie zewnętrznych modeli opóźnienia troposferycznego jako wartości a priori dla estymowanych parametrów ZTD na dokładność estymowanych współrzędnych kinematycznych. Wszystkie badania wykonano z wykorzystaniem oprogramowania Bernese 5.0 i GPSTools . Analiza obejmowała obliczenia 5 wariantów obliczeniowych przyjęcia wartości a priori ZTD. Najbardziej interesujący jest wariant wykorzystujący „*wysokorozdzielczy regionalny model stanu troposfery czasu rzeczywistego bazującego na obserwacjach meteorologicznych*”. Autorzy w tej pracy nie zdefiniowali dokładnie co oznacza „wysokorozdzielczy model”, czy chodzi o rozdzielczość w czasie i przestrzeni, a może tylko w czasie? Jakie kryteria zostały przyjęte, podane w pracy nie wskazują na model wysokiej rozdzielczości. Na te pytania autor powinien odpowiedzieć w

czasie obrony rozprawy doktorskiej. Również uzyskane wyniki, jak potwierdzają autorzy, wymagają zagęszczenia modelu. W mojej ocenie brakuje przeanalizowanej jeszcze metody, która zasilana byłby przez parametry pochodzące z numerycznego modelu pogody.

W następnej pracy „*IGS RTS precise orbits and clocks verification and quality degradation over time*” wspólnie z promotorem analizowali wpływ dostępnych produktów GPS i GLONASS dostępnych w trybie RTS na pozycjonowanie metodą PPP. W wyniku przeprowadzonych badań potwierdzono, że produkty IGS dostępne w czasie rzeczywistym pozwalają na poprawne wyznaczenie pozycji PPP tylko dla systemu GPS, pomimo dostępności takich produktów dla systemu GLONASS. Istotnym wkładem autora jest wynik wskazujący, że precyzyjne korekty orbitalne można stosować dłużej niż wskazuje na to standard SSR w przypadku utraty łączności ze strumieniem czasu rzeczywistego.

W trzeciej monotematycznej publikacji „*GNSS-WARP software for real time Precise Point Positioning*” Pan mgr inż. Tomasz Hadaś zebrał wiedzę uzyskaną w wyniku badań prowadzonych nad wpływem różnych parametrów na dokładność pozycjonowania bezwzględnego w czasie rzeczywistym i opracował własny autorski algorytm przetwarzania obserwacji GNSS w czasie rzeczywistym i postprocessingu. Oprogramowanie wykorzystuje najnowsze osiągnięcia z zakresu opracowania obserwacji GNSS i wykorzystuje zmodyfikowaną metodę najmniejszych kwadratów. Oprogramowanie zostało przetestowane na dostatecznie dużej liczbie obserwacji o zasięgu lokalnym i globalnym. W wyniku przeprowadzonych obliczeń i symulacji numerycznych autor doszedł do szeregu istotnych wniosków dla pozycjonowania w czasie rzeczywistym. Wśród nich najważniejsze to wykorzystanie w trybie opracowania kinematycznego systemu GLONASS pozwala skrócić czas inicjalizacji z ponad godziny do ok. 15 min. Innym przykładem jest nietypowe wspomaganie pozycjonowania kinematycznego PPP systemem GBAS w zakresie modelowania opóźnienia troposferycznego. Poprzez wprowadzenie dodatkowej pseudoobserwacji nakładającej warunek na wyznaczaną wartość opóźnienia troposferycznego można zwiększyć precyzję wyznaczenia składowej wysokościowej nawet o 40%.

Przechodząc do ogólnej oceny recenzowanej rozprawy mogę stwierdzić, że zawiera ona dużą ilość ważnych i oryginalnych wyników badań. Przy użytej formie cyklu artykułów rozprawy doktorskiej w sytuacji, gdy tylko jeden z nich

jest monoautorski, ważną rolę odgrywają oświadczenia współautorów. W przypadku Pana mgr inż. Tomasza Hadasia wskazują one jednoznacznie, że to on jest autorem obliczeń, zarówno analitycznych jak i numerycznych, których wyniki prezentowane są w publikacjach. Można stwierdzić, że biorąc pod uwagę zarówno ilość, jak i wagę zaprezentowanych w recenzowanym cyklu publikacji wyników, że wniósł on znaczący wkład w zrozumieniu pozycjonowania PPP w czasie rzeczywistym. Stwierdzić można również, że wykazał się on dobrą znajomością w zakresie geodezji i analiz numerycznych, bardzo dobrze opanował aparat matematyczny niezbędny do prowadzenia badań w tym obszarze, oraz biegle posługuje się zaawansowanymi metodami numerycznymi.

Ocena końcowa

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Tomasz Hadasia pt. „Doskonalenie metod precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego GNSS w czasie rzeczywistym” stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego w rozumieniu art. 13, pkt 1. ustawy z 14 marca 2003 r. (DzU nr 65, poz. 595) „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”. Wykazuje również, że jej Autor ma wystarczający zasób wiedzy teoretycznej jak i specjalistycznej z zakresu uprawianej dyscypliny naukowej oraz posiadał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z powyższym stawiam wniosek o dopuszczenie Pana mgr. inż. Tomasza Hadasia do publicznej obrony przedłożonej rozprawy doktorskiej.

