

UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Instytut Geodezji i Geoinformatyki



UNIwersytet  
Przyrodniczy  
we Wrocławiu



MGR INŻ. KAMIL KAŻMIERSKI

# PRECYZYJNE POZYCJONOWANIE MULTI-GNSS W CZASIE RZECZYWISTYM

ROZPRAWA DOKTORSKA

PROMOTOR PRACY

DR HAB. INŻ. KRZYSZTOF SOŃNICA

PROMOTOR POMOCNICZY PRACY

DR INŻ. TOMASZ HADAŚ

WROCLAW, KWIECIEŃ 2018

## Streszczenie

Praca składa się z cyklu trzech publikacji, których głównym celem jest wypracowanie i przetestowanie optymalnej metodologii przetwarzania obserwacji multi-GNSS w czasie rzeczywistym. Szczególny nacisk został położony na dobór właściwego wagowania obserwacji z poszczególnych systemów nawigacyjnych.

Pierwsza publikacja dotyczy analizy dostępności i dokładności poprawek zegarów i orbit czasu rzeczywistego udostępnianych przez centrum analiz CNES. Przeprowadzone prace wykazały, że dostarczane produkty charakteryzują się różną dokładnością, co powinno zostać uwzględnione na etapie łącznego przetwarzania obserwacji pochodzących z różnych systemów nawigacyjnych.

Drugi artykuł przedstawia próbę znalezienia optymalnego wagowania obserwacji multi-GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou). W pracy przetestowano różne warianty wagowania obserwacji multi-GNSS. Otrzymane wyniki analizowano pod kątem otrzymywanych błędów estymowanych parametrów, powtarzalności współrzędnych oraz czasu zbiegania obserwacji.

Trzecia publikacja opisuje eksperyment polegający na przejechaniu około 26 km między Oleśnicą a Wrocławiem z zamontowaną na dachu anteną multi-GNSS. Zebrane obserwacje posłużyły do wyznaczenia trajektorii samochodu z wykorzystaniem równych wag oraz wag uwzględniających jakość stosowanych produktów.

Ponadto w pracy rozszerzono funkcjonalność oryginalnego oprogramowania GNSS-WARP do precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego multi-GNSS.

**Słowa kluczowe:** Multi-GNSS, precyzyjne pozycjonowanie, Globalne Systemy Nawigacyjne, produkty czasu rzeczywistego

## Abstract

The work consists of 3 publications, for which the development and validation of the optimal real-time multi-GNSS observation methodology was the common goal. The main emphasis was put on an appropriate observation weighting choice of the particular navigation systems.

The first article is focused on the clock and orbit real-time products availability and quality. The tested products were provided by CNES. The conducted works showed that the real-time products are characterized by different quality what should be taken into account at the stage of the observations processing coming from various navigation systems.

The second publication shows an attempt of optimal multi-GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) observations weighting. In this work different multi-GNSS weighting variants were tested. The obtained results were evaluated on the basis of the errors of the estimated parameters, coordinates repeatability and solution convergence time.

The third article describes an experiment in which 26km distance between Oleśnica and Wrocław was passed by a car with multi-GNSS receiver mounted in the roof. The collected observations allowed for determining a car trajectory with the use of equal weights as well as weights which consider the quality of the applied products.

Moreover, the functionality of the original GNSS-WARP software was extended for multi-GNSS satellite precise positioning.

**Key words:** Multi-GNSS, precise point positioning, Global Navigation Satellite Systems, Real-time products