

Po oszacowaniu parametrów modelu musimy zawsze zadać pytanie: *jaka jest jakość wyniku estymatora, aby można mieć pewność co do tego wyniku?* W przypadku modeli precyzyjnego pozycjonowania GNSS, walidacja jest niezbędna do oceny jakości wyników pozycjonowania. Najbardziej niepożądane jest zaakceptowanie niepoprawnego wyniku, którego statystyki wskazują wysoką dokładność. Jest to zatem bardziej niepożądane aniżeli odrzucenie poprawnego wyniku o niskiej dokładności. Te dwa scenariusze wskazują, że kontrola jakości jest niewątpliwie istotna, ponieważ statystyczne właściwości wyników pozycjonowania nie powinny zostać ocenione bez wiarygodności. Z tego powodu, ostatni etap zadania wyrównawczego – walidacja oszacowań parametrów – powinna zostać zbadana pod kątem regularyzacji modeli GNSS, dla których to procedury walidacyjne są bardzo ograniczone. Brakuje zatem rozstrzygających badań, które dostarczyłyby zaawansowanych statystyk kontroli jakości rozważających założenia regularyzacji w procedurze testowania.

Brak widocznych satelitów z sygnałami wysokiej jakości, słaba konstrukcja geometryczna pozycjonowania, błędy efemeryd satelitów, oraz nieuwzględnione opóźnienia atmosferyczne utrudniają precyzyjne pozycjonowanie GNSS, w szczególności w trudnych środowiskach pomiarowych, np. kaniony miejskie, lasy, czy podczas monitorowania geozagrożeń na terenach górskich. Obserwacje odstające pseudoodległości kodu, utrata ciągłości fazy nośnej, oraz wielotorowość sygnałów satelitarnych prowadzą do obniżenia dokładności pozycjonowania. Zatem dostępność nowych sygnałów satelitarnych niekoniecznie może wpływać na wzrost dokładności pozycjonowania. Precyzyjne modele pozycjonowania są zatem słabo uwarunkowane w tych środowiskach pomiarowych i identyfikowane jako źle zdefiniowane - słabe - modele. Ponieważ wybór właściwego modelu matematycznego jest skomplikowany w przypadku ‘źle zdefiniowanych problemów GNSS’, regularyzowane modele są coraz częściej wybierane, w szczególności podczas modelowania bardzo krótkiej sesji pomiarowej - pojedyncza epoka pomiarowa. Regularyzowane modele GNSS mogą zostać skonstruowane wykorzystując regularyzację Tikhonova. Dzięki ulepszonej precyzji kosztem niewielkiego obciążenia wynikającego z regularyzacji, regularyzowane oszacowania parametrów w sensie metody najmniejszych kwadratów (ang. regularized least-squares - R-LS - estimates) mają lepszą dokładności na podstawie błędu średniokwadratowego (ang. mean squared error - mse). Pomimo utraty nieobciążonej natury estymatora, rozwiązanie R-LS jest rozważane jako stabilne, ponieważ parametr regularyzacji (ang. regularization parameter - RP) (lub macierz) równoważy wkład ulepszonej precyzji i obciążenia w mse rozwiązania. Rozrzut oszacowań R-LS wokół prawdziwych wartości parametrów jest mniejszy. Funkcja gęstości estymatora R-LS jest zatem bardziej ‘spiczasta’ (ang. peaked). Niestety parametr lokalizacji tego estymatora jest obciążony powodując niecentralny rozkład prawdopodobieństwa. Niecentralność ta jest trudna do oszacowania i stanowi koszt regularyzacji słabych modeli GNSS. Z drugiej strony, stwarza to poważny problem dla estymacji komponentów wariancji (ang. variance component estimation – VCE) i późniejszej kontroli jakości. Estymator R-LS, w rzeczywistości jego rozwiązanie, propaguje swoją obciążoną właściwość na regularyzowane reszty wyników pomiaru, które są również obciążone. Zatem statystyki kontroli jakości konstruowane na ich podstawie nie będą zgodne z założeniami leżącymi u podstaw obecnej teorii testowania hipotez statystycznych. Nie można zatem zaimplementować procedury opartej na Detekcji-Identyfikacji-Adaptacji (ang. Detection-Identification-Adaptation - DIA) do walidacji w modelach regularyzowanych.

W ramach tego projektu zostanie udoskonalone zadanie wyrównawcze modelu regularyzacji precyzyjnego pozycjonowania GNSS stosowanego w naukach o Ziemi w przypadku występowania trudnych warunków pomiarowych. Głównym celem jest ocena aktualnej teorii testowania hipotez statystycznych kontroli jakości, tym samym opracowanie nowego, rygorystycznego z właściwościami optymalności, podejścia do walidacji regularyzowanych rozwiązań słabych modeli GNSS. W związku z tym, jakość regularyzowanych rozwiązań będzie można ocenić dzięki zaawansowanej procedurze walidacji, która uwzględni założenia regularyzacji. Projekt ten łączy zaawansowaną teorię oraz metody obliczeniowe z zaawansowanymi metodami opracowywania danych GNSS. Zadania badawcze projektu przeprowadzane są w oparciu o następujący plan badań:

1. Specyfikacja źle zdefiniowanych modeli GNSS
2. Analiza regularyzacji Tikhonova dla słabo uwarunkowanej estymacji parametrów GNSS
3. Ocena aktualnej teorii testowania hipotez statystycznych kontroli jakości
4. Opracowanie nowego, rygorystycznego podejścia do walidacji regularyzowanych rozwiązań źle zdefiniowanych modeli GNSS
5. Eksperymenty numeryczne z wykorzystaniem metod symulacji Monte Carlo oraz rzeczywistych danych GNSS
6. Przygotowanie wniosków i rekomendacji

W oparciu o najnowszą literaturę przedmiotu oraz będąc świadomym ekstremalnie ograniczonej liczby badań na temat walidacji w modelach regularyzowanych, nowatorskość obecnego projektu można ocenić jako wysoką. Należy także podkreślić, że projekt ten dostarczy rezultatów, które mogą być cenne dla różnych zastosowań GNSS w naukach o Ziemi. Odnosząc się do teorii testowania hipotez statystycznych, wyniki projektu mogą rzucić nowe światło na walidację regularyzowanych rozwiązań słabych modeli GNSS.