

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JĘZYKU POLSKIM)

Rozwój systemów nawigacji satelitarnej, który został zapoczątkowany osiągnięciem w latach 90. poprzedniego wieku pełnej operacyjności amerykańskiego systemu GPS (Global Positioning System) jest zauważalny do dnia dzisiejszego, co można zaobserwować na podstawie wdrażania podobnych systemów nawigacji opartych na pomiarze pseudoodległości do satelitów jak np. GLONASS (Rosja), Galileo (Unia Europejska) czy Beidou (Chiny). Rosnąca popularność techniki nawigacyjnej wspomnianego rodzaju prowadzi do potrzeby budowy stacji naziemnych wspomagających proces wyznaczania pozycji na lądzie, morzu i w powietrzu. Stacje referencyjne pełnią też rolę o charakterze permanentnym, to znaczy że realizują ciągłą w czasie rejestrację położenia centrum fazowego anteny odbiornika GNSS (Global Navigation Satellite System), a generalizując: rejestrację zmiany położenia stacji referencyjnej. Poza szeregami czasowymi zmian pozycji stacji permanentnych, w procesie ponownego opracowania obserwacji GPS, otrzymuje się także szeregi czasowe zmian zenitalnych opóźnień troposferycznych (ZTD – Zenith Total Delay). Szeregi czasowe obserwacji współrzędnych permanentnych stacji GPS czy ZTD charakteryzują się trendem, co można identyfikować z prędkością przemieszczania się stacji wynikającą z ruchów płyty tektonicznej w miejscu obserwacji dla szeregów zmian położenia czy ze zmianami klimatycznymi w przypadku obserwacji ZTD. Oprócz wspomnianego wcześniej trendu, komponentami szeregu czasowego są składowe sezonowe (różne okresy oscylacji) oraz wartości odstające i skoki. Wszystkie opisane przednio elementy szeregu można zamodelować analitycznie, dlatego nazywa się je częścią deterministyczną. Część stochastyczna jest pozostałością po odjęciu modelowania i nazywana jest szumem. Wiarygodne trendy wyznaczone z szeregów czasowych pozycji są istotnym materiałem do badań geodynamicznych oraz odgrywają kluczową rolę w geodezji w procesie wyznaczania i konserwacji kinematycznych układów odniesienia (jak np. ITRF – International Terrestrial Reference Frame). Wartości i ZTD są podstawą do oceny zmian klimatu. Niewątpliwą zaletą wykorzystania obserwacji GNSS, w porównaniu do innych technik satelitarnych (VLBI – Very Long Baseline Interferometry czy SLR – Satellite Laser Ranging), jest stosunkowo duża liczba punktów pomiarowych w skali globalnej, co wynika z niedużych kosztów ustanowienia stacji i wykonywania ciągłych obserwacji.

Szeregi czasowe zmian pozycji stacji GPS są wykorzystywane, poza utrzymaniem kinematycznych układów odniesienia, do wielu badań geodynamicznych jak tektonika płyt czy pionowe ruchy skorupy ziemskiej (w tym odkształcenia postglacjalne). Te ostatnie wykorzystywane są np. do stworzenia ciągłego pola odkształceń pionowych lub poprawienia obserwacji areograficznych o ruchy lądów. Szeregi czasowe ZTD są używane do wyznaczenia zawartości pary wodnej w atmosferze, a tym samym oceny jej zmian w czasie pod kątem klimatycznym. We wszystkich powyższych przypadkach, szeregi czasowe modeluje się jako trend oraz składowe sezonowe ze stałą amplitudą w czasie. W rzeczywistości, amplitudy oscylacji rocznej i półrocznej mogą zmieniać się w czasie, ponieważ efekty geofizyczne, które je wywołują, również nie są stałe z roku na rok. Ominięcie tej zmienności wprowadzi do szeregów czasowych sztuczną korelację w dziedzinie czasu, która będzie prowadzić do zawyżenia błędów trendów o około 1.7 razy.

W niniejszym projekcie, autorzy wykorzystają szeregi czasowe zmian pozycji stacji permanentnych z ponad 1800 stacji z całego świata, które brały udział w wyznaczeniu najnowszego kinematycznego układu odniesienia ITRF2014. Ponadto, poza szeregami czasowymi zmian pozycji stacji GPS, autorzy skupią się także na szeregach zmian opóźnień troposferycznych. Dwa wymienione zbiory danych stanowią reprezentatywną próbkę geodezyjnych szeregów czasowych, ponieważ charakteryzują się dwoma różnymi typami części stochastycznej: szumem potęgowym oraz procesem autoregresji. Sygnały sezonowe były do tej pory modelowane zaawansowanymi metodami matematycznymi przez kilku autorów. Żaden z nich jednak nie rozważał, jaka część mocy jest usuwana razem ze składowymi sezonowymi. W niniejszym projekcie proponujemy opracowanie innowacyjnego filtra Wienera (AWF), który poprzez jego adaptacyjny charakter, przystosuje się do procesów stochastycznych danego szeregu czasowego i usunie zmiany sezonowe wynikające z rzeczywistych efektów geofizycznych, nie zaniżając w ten sposób wyznaczanych błędów trendów. Filtr AWF, po sprawdzeniu jego efektywności dla symulowanego zbioru danych, może być z powodzeniem wykorzystany do wszelkich szeregów geodezyjnych, gdzie zmienność w czasie jest oczywista, jak zmiany poziomów mórz i oceanów czy zmiany ziemskiego pola siły ciężkości.