**Mgr inż. Matusz Drożdżewski**

**Modelowanie opóźnienia troposferycznego w laserowych pomiarach odległości do satelitów geodezyjnych**

**Streszczenie**

Laserowe pomiary do sztucznych satelitów (SLR) stanowią kluczowe źródło informacji o  początku globalnych układów współrzędnych ziemskich; geocentrum, spłaszczeniu ziemi, o zmianach potencjału grawitacyjnego w czasie, dynamicznej, jak i geometrycznej skali układów współrzędnych. Obecnie wykorzystywany model opóźnienia troposferycznego bazuje na opóźnieniu troposferycznym wyznaczanym w zenicie i funkcji odwzorowującej opóźnienie troposferyczne na zadany kąt, pod którym wykonana została obserwacja. Model zakłada pełną symetryczność atmosfery nad stacją i bezbłędność opóźnienia troposferycznego wyznaczanego na podstawie parametrów mierzonych in situ: ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i temperatury. W rezultacie błędy w modelowaniu opóźnienia troposferycznego są kumulowane w kluczowych parametrach geodezyjnych, takich jak współrzędne stacji, składowe geocentrum, parametry ruchu obrotowego Ziemi, czy geometryczna skala układu współrzędnych.

W pracy doktorskiej przedstawiono wpływ dotąd nieuwzględnianych troposferycznych gradientów horyzontalnych na obserwacje SLR, jak i wpływ estymacji poprawek opóźnienia troposferycznego na parametry geodezyjne i całkowity budżet błędów systematycznych na podstawie obserwacji do pasywnych geodezyjnych satelitów LAGEOS-1 i LAGEOS-2. Przeprowadzono symulację błędów opóźnienia troposferycznego wyznaczanego w zenicie na poziomie 5 hPa i oszacowano jego wpływ na pozostałe parametry geodezyjne estymowane z wykorzystaniem techniki SLR. Poprawki na opóźnienie troposferyczne wyznaczone zostały w sposób empiryczny z obserwacji laserowych oraz na podstawie numerycznych modeli prognozy pogody. Zarówno uwzględnienie gradientów horyzontalnych wyznaczonych na podstawie numerycznych modeli pogody, jak i estymacja korekty troposferycznej redukuje błędy formalne rozwiązań SLR jak i pozwala zwiększyć spójność pomiędzy innymi technikami satelitarnymi jak globalne systemy nawigacji satelitarnej (GNSS), czy interferometrii wielkoobrazowej (VLBI). Tym samym, laserowe pomiary odległości do satelitów geodezyjnych wymagają właściwego modelowania opóźnienie troposferycznego z uwzględnieniem asymetryczności atmosfery nad stacją pomiarową.

**Słowa kluczowe:** SLR, współrzędne geocentrum, LAGEOS-1/2, gradienty horyzontalne, ZTD, parametry ruchu obrotowego ziemi

**Troposphere delay modeling in satellite laser ranging measurements to geodetic satellites**

**Abstract**

Satellite laser ranging (SLR) observations deliver a crucial source of information about the origin of the International Terrestrial Reference Frame; geocenter, Earth oblateness, time-variable Earth gravity field, and dynamic as well as geometric scale information. The currently used troposphere delay model consists of the tropospheric zenith total delay function and the mapping function which are based on in situ measurements: pressure, temperature, and humidity at the epoch of each observation. The model assumes full symmetricity of the atmosphere above SLR stations and faultlessness of meteorological measurements As a result, all errors related to troposphere delay modeling are cumulated in the crucial geodetic parameters, such as station coordinates, geocenter coordinates, Earth rotation parameters, or geometric scale of the reference frame.

Within the frame of the Ph.D. dissertation, the impact of tropospheric horizontal gradients on the SLR observations is studied, as well as the impact of the estimation of troposphere delay corrections on the crucial geodetic parameters, based on SLR observation to passive geodetic satellites LAGEOS-1 and LAGEOS-2. The simulation study of artificial pressure biases at the level of 5 hPa was also conducted and demonstrated the impact of artificial pressure biases on the geodetic parameters derived from SLR solutions. The tropospheric corrections are derived empirically based on SLR data as well as on numerical weather models. Both the inclusion of horizontal gradients determined on the basis of numerical weather models and the estimation of tropospheric corrections reduces formal errors in SLR solutions and allows it to increase the consistency between the satellite techniques, such as global navigation satellite systems (GNSS) or very long baseline interferometry (VLBI). Thus, SLR measurements to geodetic satellites require proper modeling of the tropospheric delays, taking into account the asymmetry of the atmosphere above the stations.

**Keywords:** SLR, Geocenter coordinates, LAGEOS-1/2, horizontal gradients, ZTD, Earth rotation parameters,