

Skanowanie atmosfery? To już się dzieje!

Niezależnie od tego jaki tryb życia prowadzimy, codziennie korzystamy z danych o lokalizacji. Nasze położenie i droga z punktu A do punktu B mogą być wyznaczone analogowo na mapie, jednak coraz częściej sięgamy po urządzenia ułatwiające nam wybór najbardziej optymalnej trasy oraz informujące o czasie jej przebycia. Nawigacja w naszym smartfonie czy samochodzie korzysta z danych przesyłanych przez globalne systemy nawigacji satelitarnej, w skrócie GNSS.

Wyścig kosmiczny zapoczątkowany przez Stany Zjednoczone i ZSRR w latach 60. ubiegłego stulecia nadal się nie skończył. Oprócz amerykańskiego systemu nawigacji GPS, rosyjskiego GLONASSu, europejskiego Galileo, czy chińskiego Beidou, na orbitach okołoziemskich znajduje się wiele satelitów komercyjnych, wysyłanych w celach telekomunikacji, obserwacji Ziemi, czy naukowo-badawczych. Według szacunku ekspertów, w następnych latach rocznie uruchamianych będzie około 300-400 satelitów. Sygnał wysyłany przez satelitę do odbiornika musi przejść przez atmosferę. W najniższej warstwie atmosfery, troposferze, znajduje się najwięcej pary wodnej. To powoduje, że sygnał satelitarny odbierany przez gęstą sieć odbiorników naziemnych lub odbiorników znajdujących się na niskich orbitach, jest załamany i opóźniony. Miara opóźnienia troposferycznego stanowi cenne i stosunkowo tanie źródło informacji o aktualnym stanie atmosfery dla serwisów pogodowych.

W przypadku stacji naziemnych, opóźnienie wyznaczone jest jako zintegrowana wartość dla pary satelita-odbiornik. Z tego względu trudno jest określić zawartość pary wodnej na poszczególnych wysokościach troposfery. Z kolei w przestrzeni kosmicznej, dla pary satelita-odbiornik, opóźnienie wyznaczone jest w profilu o wysokiej rozdzielczości pionowej. Profile te, choć pokrywają niemal całą Ziemię, cechują się niską rozdzielczością horyzontalną. Ograniczenia w zastosowaniu informacji GNSS w meteorologii mogą zostać zniwelowane poprzez zastosowanie techniki tomografii GNSS. Podobnie jak w przypadku tomografii komputerowej, stosowanej w celu diagnozowania zmian chorobotwórczych, tomografia GNSS dostarcza trójwymiarowy obraz zawartości pary wodnej w atmosferze. W tym przypadku część troposfery nad gęstą siecią odbiorników GNSS zostaje podzielona na małe pudełka, voksele, w których korzystając z algorytmów śledzenia promieni (ang. ray tracing), wyznacza się długość sygnału GNSS przecinającego dany voksel. Na tej podstawie zintegrowana wartość opóźnienia zostaje rozłożona na voksele modelu. Pomimo gęstej sieci stacji naziemnych oraz dużej liczby satelitów transmitujących sygnał GNSS, niektóre voksele pozostają puste, to znaczy, nie przechodzi przez nie sygnał GNSS. Efekt ten może zostać złagodzony poprzez integrację informacji z odbiorników naziemnych i kosmicznych w modelu tomograficznym.

Idea integracji obserwacji kosmicznych i naziemnych wyzwała potrzebę rozbudowy funkcjonalności modelu tomograficznego oraz rozwoju algorytmów śledzenia sygnału satelitarnego. Jednocześnie, ze względu na stały rozwój stacji naziemnych oraz konstelacji satelitów, niezbędne jest wykonanie symulacji działania modelu dla przyszłej infrastruktury. Zintegrowany model tomograficzny może być następnie wykorzystany w celu wyznaczenia wysokości i monitoringu planetarnej i miejskiej warstwy granicznej. Wysokość planetarnej warstwy granicznej wpływa między innymi na nocną inwersję temperatury, a w konsekwencji – zanieczyszczenie przygruntowych warstw mas powietrza. Natomiast w obrębie miejskiej warstwy granicznej, która jest zlokalizowana nad obszarami zurbanizowanymi, zróżnicowanie parametrów meteorologicznych związane jest z mikroklimatycznymi właściwościami miejsca obserwacji.

W najnowszych badaniach wykazany został pozytywny wpływ obserwacji z modelu tomograficznego na krótkoterminowe prognozy pogody. Zgodnie z przewidywaniami, zintegrowany model tomograficzny będzie w stanie dostarczyć bardzo dokładnych danych o parze wodnej dla lokalnych, regionalnych i globalnych serwisów pogodowych. Tym samym, poprzez udoskonalone techniki asymilacji danych z tomografii, zintensyfikowana zostanie możliwość prognozowania niebezpiecznych zjawisk pogodowych, takich jak rozwój komórek burzowych czy intensywnych opadów deszczu.