

Symulacje i obserwacje warstw granicznych w wilgotnej troposferze z wykorzystaniem okultacji radiowych GNSS

Zrozumienie procesów zachodzących w atmosferze jest kluczowe dla przewidywania ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak cyklony tropikalne i rzeki atmosferyczne, które mogą powodować intensywne opady deszczu, powodzie oraz znaczne zakłócenia w życiu społeczności. Kluczowym czynnikiem wpływającym na rozwój burz jest ilość pary wodnej, która może gwałtownie się zmieniać w dolnej warstwie atmosfery - troposferze. Warstwa graniczna atmosfery, która formuje się w pobliżu powierzchni Ziemi, działa jak naturalna bariera, wpływając na przemieszczanie się ciepła, wilgoci i powietrza. Jednak pomiar i modelowanie jej właściwości wciąż stanowi wyzwanie, szczególnie w tropikalnych regionach nasyconych wilgocią, które mają znaczący wpływ na kształtowanie systemów pogodowych. Cyklony tropikalne często formują się i intensyfikują w regionach o silnych zmianach temperatury i wilgotności. Rzeki atmosferyczne, czyli wąskie pasma skoncentrowanej wilgoci, opierają się na rozkładzie warstwy granicznej w transporcie pary wodnej na duże odległości.

Technika okultacji radiowych (RO) jest jedną z nielicznych źródeł obserwacji satelitarnych pozwalających na pozyskanie pionowych profili temperatury, ciśnienia i wilgotności aż do warstw przypowierzchniowych, poniżej wysokości warstwy granicznej. Zjawisko okultacji zachodzi między parą satelitów, gdy wschodzą lub zachodzą one za horyzontem Ziemi, wykonując serię szybkich pomiarów. Sygnały radiowe z systemów globalnej nawigacji satelitarnej, takich jak GPS, ulegają załamaniu i spowolnieniu podczas przechodzenia przez atmosferę, które są zależne od panujących warunków meteorologicznych. W przeciwieństwie do tradycyjnych metod, RO może rejestrować dane nawet nad zdalnymi obszarami, oceanami oraz w obecności gęstych chmur, co czyni ją niezwykle cennym narzędziem do badania ekstremalnych zjawisk pogodowych.

Zaproponowane badania pozwolą rozszerzyć możliwości techniki RO poza obserwacje satelitarne, umożliwiając profilowanie atmosfery z platform balonowych i lotniczych. Te innowacyjne koncepcje pozwalają obserwować atmosferę bliżej aktywnych systemów pogodowych, umożliwiając analizę ich ewolucji w cyklu życia. Projekt skoncentruje się na badaniu dolnej troposfery w celu zrozumienia, w jaki sposób silne zmiany w rozkładzie temperatury i wilgotności wpływają na dynamikę pogody. Zaawansowane modele numeryczne uzupełnią obserwacje, pozwalając na symulacje warunków atmosferycznych i weryfikacje wyników na podstawie rzeczywistych danych z sensorów meteorologicznych. Jednymi z niewielu bezpośrednich metod profilowania są sondy zrzucone z pokładu samolotów w burze, które mierzą właściwości atmosfery podczas opadania z dużych wysokości, w tym parametry tropopauzy, która wyznacza górną granicę troposfery. Niestabilność atmosfery oraz ogrzewanie powierzchni mogą unosić ciepłe, wilgotne powietrze do tropopauzy, która może rozciągać się na wysokościach 15 km i więcej. Ilość oraz rozkład wilgoci w tropopauzie mogą wpływać na długoterminowe wzorce pogodowe, odgrywając kluczową rolę w systemie klimatycznym Ziemi.

Techniki RO na platformach balonowych i lotniczych, w połączeniu z dobrze ugruntowanym wariantem satelitarnym, dostarczą kompleksowej informacji o właściwościach atmosfery, ze szczególnym uwzględnieniem obszarów w najbliższym sąsiedztwie burz. W ramach projektu zostaną opracowane nowe metody i obserwacyjne, które pozwolą na precyzyjne wykrywanie wysokości i intensywności kluczowych warstw atmosfery ziemskiej. Ponadto projekt zbada nowe miary aktywności atmosferycznej poprzez analizę surowych sygnałów satelitarnych, które zawierają informacje o ekstremalnych zjawiskach pogodowych, niewidocznych w konwencjonalnych parametrach meteorologicznych. Zrozumienie tych sygnałów może dać podstawę dla nowych sposobów przewidywania zjawisk pogodowych i przyczynić się do poprawy jakości prognozowania.

Oczekuje się, że wyniki projektu przyniosą korzyści zarówno nauce, jak i społeczeństwu, dostarczając nowych obserwacji i udoskonalonych modeli atmosfery, które zwiększą dokładność prognoz pogodowych, zwłaszcza w przypadku ekstremalnych zjawisk. W efekcie, możliwe będzie wystosowanie wcześniejszych ostrzeżeń o zagrożeniach pogodowych, które pozwolą zapobiec stratom społeczno-ekonomicznym. Nowe odkrycia pogłębią również naszą wiedzę na temat zjawisk atmosferycznych w regionach tropikalnych o wysokiej wilgotności, stanowiąc wkład w realizację globalnych systemów prognozowania i badań nad klimatem.