

InterGeoReF – Wspólna miara dla Ziemi i Księżyca

Ludzkość wraca na Księżyc – nie tylko na krótkie misje, ale po to, aby budować lądowiki, łąziki, sieci łączności, a w przyszłości także stałe bazy. Żeby było to bezpieczne i niezawodne, potrzebujemy czegoś jednocześnie bardzo prostego i bardzo trudnego: **wspólnej, niezwykle dokładnej „mapy i zegara”** dla Ziemi i Księżyca.

Dla Ziemi taka podstawa już istnieje – to międzynarodowy ziemski układ odniesienia ITRF2020, który opisuje położenie stacji geodezyjnych, satelitów i kontynentów z dokładnością do milimetrów oraz ich powolny ruch w czasie. Księżyc nie ma jeszcze tak dobrze zdefiniowanego układu. Jego współrzędne opierają się na zaledwie kilku retroreflektorach laserowych pozostawionych przez misje Apollo, różnych modelach ruchu orbitalnego oraz niepełnej wiedzy o wnętrzu Księżyca. W efekcie różne misje mogą posługiwać się „innymi Księżycami”, co utrudnia dokładną nawigację oraz porównywanie wyników naukowych.

Projekt **InterGeoReF** ma to zmienić, tworząc **zintegrowany ziemsko-księżycowy układ odniesienia** – jeden, spójny fizycznie system, który łączy pozycje i ruch stacji na Ziemi, przyszłych stacji na Księżycu oraz satelitów w przestrzeni między nimi. Innymi słowy, InterGeoReF buduje geodezyjny „kręgosłup” przyszłej eksploracji Księżyca: wspólny „kosmiczny liniał i zegar” dla całego układu Ziemia–Księżyc.

Kluczową rolę odgrywa tutaj misja **NovaMoon** – planowana europejska stacja geodezyjna na biegunie południowym Księżyca. NovaMoon będzie wyposażona w kilka nowoczesnych technik znanych z geodezji ziemskiej: laserowe pomiary do retroreflektorów, nadajnik radiowy dla obserwacji VLBI, odbiorniki sygnałów nawigacyjnych programu Moonlight oraz bardzo stabilne zegary atomowe. Dzięki temu NovaMoon stanie się księżycowym odpowiednikiem naziemnej stacji referencyjnej najwyższej klasy. Łącząc obserwacje z NovaMoon z danymi satelitarnymi i laserowymi z Ziemi, InterGeoReF znacząco poprawi wyznaczenie środka masy Księżyca, jego orientacji w przestrzeni oraz deformacji skorupy wywołanych przyciąganiem grawitacyjnym Ziemi i Słońca.

Najważniejsze działania projektu obejmują:

- połączenie różnych precyzyjnych efemeryd i modeli grawitacyjnych Księżyca w wspólny Międzynarodowy Księżycowy Układ Odniesienia (ILRF),
- opracowanie dokładnych przekształceń między układami współrzędnych i skalami czasu na Ziemi i na Księżycu,
- symulacje dokładności nawigacji lądowików, łązików i satelitów przy wykorzystaniu sygnałów Moonlight i pomiarów z NovaMoon,
- analizę, jakie orbity satelitów wokół Księżyca najlepiej wspierają zarówno nawigację, jak i mapowanie naukowe,
- zbadanie, w jaki sposób obserwacje księżycowe mogą również poprawić znajomość obrotu Ziemi i jej orientacji w przestrzeni.

Można to podsumować prosto: tak jak dokładny GPS na Ziemi wymaga stabilnego globalnego układu odniesienia, tak bezpieczne i efektywne działania na Księżycu będą wymagały precyzyjnego, wspólnego układu Ziemia–Księżyc. InterGeoReF dostarczy podstaw naukowych, dzięki którym w przyszłości astronauty, roboty i sondy z różnych krajów będą mówiły tym samym „językiem współrzędnych”, gdy podadzą swoje położenie na lub wokół Księżyca. To ważny krok w stronę dobrze zmierzonego i dobrze zrozumianego sąsiedztwa dla długotrwałej eksploracji człowieka w przestrzeni kosmicznej.