

POMIARY LASEROWE KLUCZOWE DLA ŚWIADOMOŚCI SYTUACYJNEJ W KOSMOSIE

Świadomość tego, co dzieje się w najbliższym otoczeniu Ziemi jest niezwykle ważna dla bezpieczeństwa sztucznych satelitów, ale także dla infrastruktury naziemnej. By skutecznie minimalizować ewentualne straty wywołane na przykład kolizją satelitów lub upadkiem dużego kosmicznego śmiecia, trzeba możliwie jak najwcześniej przewidzieć wystąpienie takich sytuacji. Wymaga to precyzyjnego monitorowania wszystkich obiektów o średnicy od 1 cm, jakie znajdują się na orbicie okołoziemskiej. Szacuje się, że jest ich około miliona!

Jedną z kluczowych technik monitorowania obiektów na orbicie, obok obserwacji optycznych i radarowych, są obserwacje laserowe, znane jako *Satellite Laser Ranging* (SLR). Pomiar laserowy polega na zmierzeniu czasu przelotu impulsu laserowego na drodze stacja naziemna – obiekt na orbicie – stacja naziemna. Znając czas przelotu wiązki laserowej, można bardzo dokładnie wyznaczyć odległość do obserwowanego obiektu. W zależności od typu lasera, dokładność pomiaru wynosi od kilku metrów (laser nanosekundowy) do nawet 2 cm (laser pikosekundowy).

Regularne i częste pomiary odległości do satelitów i kosmicznych śmieci umożliwiają wyznaczenie orbit tych obiektów oraz monitorowanie zmian ich trajektorii. Techniki SLR nie ogranicza pora doby i pora roku – wystarczy bezchmurne niebo. Ponieważ obserwatoria laserowe same oświetlają cel wiązką promieniowania, SLR umożliwia określanie położenia obiektów niewidocznych dla teleskopów optycznych. To ogromna zaleta technik laserowych.

Przez wiele lat za pomocą laserów obserwowano wyłącznie wybrane satelity – jeszcze przed wystrzeleniem w kosmos wyposażone w specjalne elementy odbijające promienie lasera (odbłyśniki; ang. *retroreflector*). Rozwój impulsowych laserów dużej mocy pozwolił na wykorzystanie techniki SLR także do obiektów, które są pozbawione elementów odblaskowych. To zdecydowana większość satelitów i kosmicznych śmieci. W tym gronie znajdują się m.in. szczególnie „problematyczne” obiekty kosmiczne – wirujące w niekontrolowany sposób.

Centrum Badań Kosmicznych PAN już od ponad 30 lat prowadzi regularne laserowe pomiary odległości do satelitów. Korzysta z własnej infrastruktury zlokalizowanej w Obserwatorium Astrogeodynamicznym w Borówcu koło Poznania. Od ponad 2 lat stacja CBK PAN mierzy odległość do nieczynnych satelitów i członów rakiet nośnych z rejonu LEO (tzw. orbity niskie, ang. *Low Earth Orbit*) w ramach programu Space Surveillance and Tracking (SST) Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA).



Budynki Obserwatorium Astrogeodynamicznego w Borówcu. Fot. Centrum Badań Kosmicznych PAN Obserwatorium Astrogeodynamiczne Borówiec via Facebook

Stacja laserowa CBK PAN, jako jedyny polski sensor SST, uzyskała pozytywną ocenę jakości centrum eksperckiego ESA. Dzisiaj obserwatorium jest jednym z liderów pomiarów laserowych śmieci kosmicznych w Europie. Aktywnie uczestniczy też w działaniach międzynarodowej grupy stacji laserowych (Space Debris Study Group).

Dotychczasowe wyposażenie stacji (laser nanosekundowy średniej mocy, 4,5 W) pozwalało na obserwacje kosmicznych śmieci o średnicy kilku metrów poruszających się po niskich orbitach LEO o wysokości do około 2000 km. Trwająca modernizacja stacji pozwoli monitorować obiekty jednowymiarowe i na wyższych orbitach. Nowy system obserwacyjny, z laserem o dużej mocy (minimum 20 W), będzie pracował w trybie ciągłym (24 godziny na dobę, przez cały rok). Obok pomiaru odległości umożliwi także pomiary fotometryczne i spektroskopowe. Dzięki nim określane będzie zachowanie obiektu na orbicie, a nawet to, z czego obiekt jest wykonany.

Modernizacja stacji laserowej, wysoka jakość badań i aktywny udział CBK PAN w programie SST śmiało można określić mianem prestiżowych osiągnięć, ale to też ważna inwestycja badawczo-rozwojowa dla nauki w Polsce. Otwiera bowiem drogę do kluczowych programów międzynarodowych, jak np. udział w misjach typu Special Mission Support (SMS). Już teraz stacja laserowa CBK PAN zabezpiecza laserowo satelity Sentinel programu Copernicus, dochodzą do tego ważne z punktu widzenia programów Clean Space/Debris Removal badania dynamiki obracania się śmieci kosmicznych (szybka fotometria), identyfikacja fizyczna obiektów (spektroskopia), budowa europejskiego katalogu śmieci kosmicznych (katalog laserowy ESA) oraz regularne pomiary laserowe na potrzeby kluczowych serwisów SST: CA (*collision avoidance*; unikanie kolizji), RE (*reentry*; zejście z orbity w atmosferę) i FR (*fragmentation*; rozpad obiektu).

Dotychczasowe osiągnięcia i planowane działania pozwalają stwierdzić, że Polska ma szansę stać się jednym z czołowych podmiotów w Europie w zakresie satelitarnych obserwacji kosmicznych śmieci i szerzej – w działaniach związanych z monitorowaniem najbliższego otoczenia Ziemi. Nasza pozycja wzrosła z końcem 2018 roku, gdy Polska stała się pełnoprawnym członkiem europejskiego konsorcjum European Union Space Surveillance and Tracking (EUSST).

Czytaj też: [Polska pełnoprawnym członkiem europejskiego konsorcjum na rzecz Świadomości Sytuacyjnej w Kosmosie](#)

EUSST zostało utworzone w 2015 roku przez Francję, Niemcy, Włochy, Hiszpanię i Wielką Brytanię decyzją Parlamentu Europejskiego z 16 kwietnia 2014 roku. Głównym celem konsorcjum jest dbanie o bezpieczeństwo europejskich satelitów oraz o bezpieczeństwo obywateli i infrastruktury Europy, które mogłyby być zagrożone przez kosmiczne śmieci. Dzięki m. in. stacji laserowej CBK PAN działania te będą teraz realizowane z jeszcze większym zaangażowaniem Polaków.

dr Paweł Lejba

CBK PAN

Czytaj też: [Kosmiczne penetratory – narzędzia do wbijania się w twarde regolit](#)