

Konsekwencje wojny w Ukrainie dla nawigacji satelitarnej

# Wojenne sygnały

Niezależnie od tego, jak potoczy się wojna w Ukrainie, pewne jest, że nieodwracalnie wpłynie ona na dalszy rozwój systemów GNSS oraz sposoby ich użytkowania.

**Jerzy Królikowski**

Choć w XXI wieku nie brakowało na świecie politycznych napięć, to poszczególne systemy nawigacji satelitarnej rozwijane były dotychczas w ścisłej wzajemnej współpracy, tak aby zapewnić ich jak najlepszą interoperacyjność. Aż można było zapomnieć, że każde z tych rozwiązań (z wyjątkiem europejskiego Galileo) ma korzenie wojskowe. O fakcie tym brutalnie przypominała nam wojna w Ukrainie.

## • System na celowniku

Pierwszy zwiastun rychłych zmian pojawił się już w ubiegłym roku. Jesienią Dmitrij Kisielow (zwany czołowym propagandzistą Kremla) zagroził bowiem na głównym kanale państwowej telewizji, że w razie pogorszenia relacji z NATO Rosja gotowa jest zestrzelić 32 satelity GPS, co w praktyce unieruchomiłoby natowskie pociski rakietowe. Czy faktycznie mogłaby to zrobić? Wprawdzie Rosja dysponuje własnym systemem antysatelitarnym ASAT i na-

wet raz użyła go w praktyce, ale zdołała zestrzelić nim jedynie nisko orbitującego własnego satelitę obserwacyjnego. Znajdujące się o wiele wyżej aparaty nawigacyjne to zupełnie inna bajka. Ale nawet jeśli groźby Kisielowa to faktycznie tylko wymachiwanie szabelką, samo ich publiczne artykułowanie źle wróży na przyszłość.

Zagrożenie dostrzegają również amerykańskie służby wywiadowcze. Już po wybuchu wojny dyrektor Narodowego Biura Rozpoznania (NRO) Stanów Zjednoczonych publicznie przestrzegając, że konflikt ten może łatwo przenieść się w przestrzeń kosmiczną i objąć zarówno satelity GNSS, jak i teledetekcyjne. W mniejszym stopniu miał on jednak na myśli ataki rakietowe, a bardziej – hakerskie, czyli rosyjskie *specialité de la maison*.

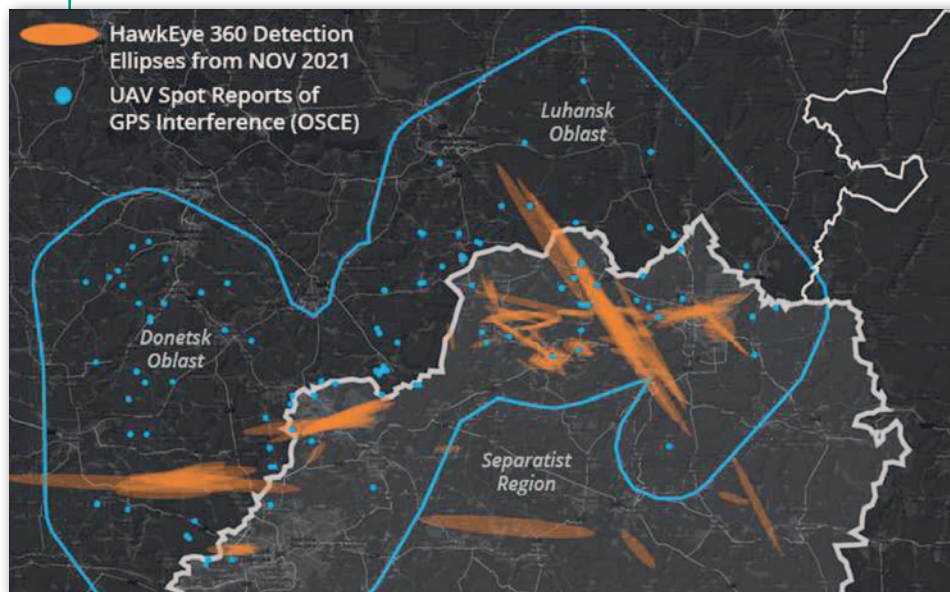
Ale w sztuce hakowania specjalizuje się nie tylko Rosja. Już kilka dni po wybuchu wojny powołano grupę „IT Army” – zespół ukraińskich hakerów ochotników. Jako jeden ze swoich pierwszych celów wyznaczili sobie system GLONASS. Na razie brak wieś-

ci o skuteczności tych ataków, znów jednak można powiedzieć, że samo ich artykułowanie to zła wróżba. A warto wspomnieć, że na początku marca br. znana międzynarodowa grupa hakerów Anonymous ogłosiła skuteczne sparaliżowanie systemu informatycznego rosyjskiej agencji kosmicznej Roskosmos służącego do zarządzania satelitami obserwacyjnymi. Choć na dowód pokazali zrzuć ekranowe, Rosja stanowczo demantuje te pogłoski.

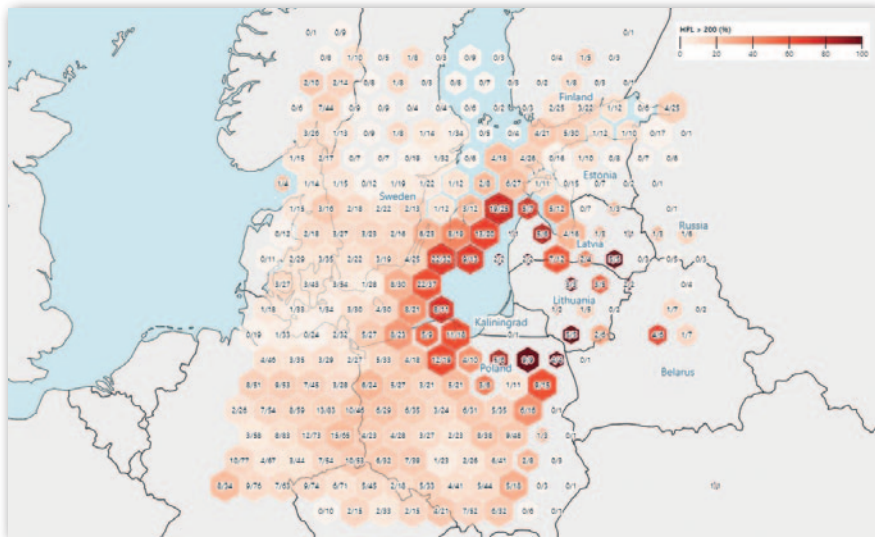
## • Satelitarny bojkot

Działanie rosyjskiego systemu nawigacji można utrudniać również legalnie, co udowodniła inicjatywa Centrum Badań Kosmicznych PAN. Tuż po rozpoczęciu wojny placówka ta postanowiła zaprzestać dostarczania pomiarów laserowych SLR (Satellite Laser Ranging) dla satelitów GLONASS w ramach działań ILRS (International Laser Ranging Service). „GLONASS to konstelacja wojskowych satelitów wykorzystywanych na potrzeby rosyjskiej armii, które do poprawnego działania muszą znać bardzo dokładnie swoje położenie. Pomiar laserowy dostarcza precyzyjnych informacji o położeniu śledzonych satelitów. Mowa tu o pojedynczych centymetrach i precyzji dochodzącej do kilku milimetrów. Dokładne orbity satelitów nawigacyjnych GLONASS przekładają się m.in. na dokładne współrzędne wojskowych odbiorników na powierzchni Ziemi, wykorzystywanych przez rosyjską armię” – czytamy w komunikacie CBK PAN.

Przygotowano ponadto petycję, w której postulowano całkowite odcięcie GLONASS od danych ILRS. Mimo niszowej tematyki podpisało się pod nią już 33 tys. osób. Do chwili zamknięcia bieżącego wydania GEODETY ILRS nie podjęła jednak decyzji w tej sprawie. W ślady CBK PAN postanowił za to pójść Monachijski Uniwersytet Techniczny (TUM), który zaprzestał udostępniania danych SLR dla GLONASS



Mapa zakłóceń GNSS zarejestrowanych przez satelity firmy HawkEye 360



Mapa zakłóceń na podstawie depezy ADS-B opracowana przez Xaviera Olive'a

gromadzonych przez swoją placówkę EUROLAS Data Center (EDC).

Na usta ciśnie się w tym miejscu pytanie, czy nawet jeśli bojkot się powiedzie, to wpłynie wymiennie na dokładność GLONASS? A jeśli tak, to czy np. geodeci powinni obawiać się korzystania z tego systemu? W ocenie dr. Marcina Szolucha z Wojskowej Akademii Technicznej efekt na pewno nie byłby odczuwalny od razu. – Obserwacje SLR do satelitów GNSS stanowią ważny element kontroli ich orbit – przyznaje naukowiec z WAT. – W przypadku systemów GNSS dokładność parametrów orbit jest elementem bezpośrednio wpływającym na jakość rozwiązania. Na podstawie danych ze stacji ILRS aktualizowane są modele ruchu satelitów i tym samym parametry przekazywane użytkownikom w informacji (depezy) nawigacyjnej pozwalające na wyznaczenie pozycji satelity na epokę pomiaru. Aktualizowanie modeli ruchu satelitów na podstawie SLR wymaga jednak obserwacji w dłuższym okresie przez możliwie jak największą liczbę stacji ILRS – wyjaśnia dr Szolucha. W jego ocenie techniki różnicowe (w tym RTK/RTN) są stosunkowo dobrze uodpornione na nieznaczny spadek dokładności parametrów ruchu satelitów. Wpływ bojkotu może być za to odczuwalny w zastosowaniach geodynamicznych.

Z kolei zdaniem prof. Krzysztofa Sośnicy z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nawet jeśli bojkot odbije się wymiennie na dokładności GLONASS, to dla użytkowników odbiorników wielosystemowych zrezygnowanie z tego systemu nie powinno mieć negatywnych konsekwencji. – Jeśli mamy GPS i Galileo, GLONASS nie wnosi już żadnych korzyści do pomiarów GNSS, za to dokłada swoje błędy systematycz-

ne do rozwiązań kombinowanych – podkreśla naukowiec z UPWr. W jego ocenie obecnie jedyna korzyść z sygnałów GLONASS dla użytkowników odbiorników RTK to widoczność dodatkowych satelitów np. w obszarach zabudowanych. Jest to szczególnie istotne w przypadku odbiorników dwusystemowych (GPS + GLONASS). – Jeśli jednak odbiorniki śledzą również inne systemy GNSS, z GLONASS-a do celów RTK można całkowicie zrezygnować – podpowiada prof. Krzysztof Sośnica.

## • Zakłócenie nasze codzienne

Bodaj najmniej zaskakującą nawigacyjną konsekwencją agresji na Ukrainę jest zakłócenie sygnałów GNSS. Od początku wiadomo było, że Rosja będzie szeroko korzystać z tej broni elektronicznej. Po pierwsze, robiła to już wielokrotnie, choćby przy okazji manewrów NATO w 2018 r. w Laponii. Po drugie, sama jest na tego typu praktyki odporna, bo dysponuje systemem pozycjonowania Czajka, który bazuje na sieci naziemnych nadajników radiowych o mocy aż 200-800 kW. Ich rozmieszczenie w Rosji, na Krymie i Białorusi jest takie, że praktycznie cała Ukraina jest w zasięgu tego systemu. Jeśli już coś jest tu zaskoczeniem, to relatywnie niewielka (jak na razie) skala zakłócenia GNSS. Doniesienia o takich działaniach owszem są, ale sporadyczne i wskazujące na ich ograniczone skutki.

Optymistycznym wnioskiem z ostatnich tygodni jest natomiast to, że dysponujemy coraz lepszymi narzędziami do sprawnego wykrywania zakłócenia. Dobrym przykładem jest amerykańska firma HawkEye 360 – właściciel konstelacji satelitów przeznaczonych do monitorowania częstotliwości radiowych [patrz s. 36 – red.]. Na początku marca br. poin-

formowała ona o poszerzeniu swojej oferty o lokalizowanie przypadków zagłuszenia systemów nawigacji satelitarnej. Co potrafią jej rozwiązania, doskonale pokazuje mapa na sąsiedniej stronie.

Ale do wykrywania zakłóceń GNSS wcale nie potrzeba płatnych usług – wystarczy analiza ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast), czyli nadawanych przez samoloty na całym świecie depezy radiowych. Ich zasadniczym celem jest możliwość identyfikacji maszyny oraz określenie jej pozycji przez innych użytkowników przestrzeni powietrznej. Ale depeze te zawierają również atrybut HPL dotyczący niepewności pomiaru pozycji samolotu. Amatorski miłośnik kartografii i wizualizacji geodanych Xavier Olive postanowił sięgnąć do archiwum tych danych (które gromadzi projekt OpenSky Network) i zaprezentować je na mapie. Wielkość sześciokąta odpowiada na niej liczbie samolotów podanych analizie, a kolor – odsetkowi maszyn, które zarejestrowały wartość HPL powyżej 200 m, co w ocenie Olive'a jest prawdopodobnie skutkiem zakłócenia. Analiza opracowania pokazuje, że wokół obwodu kaliningradzkiego mamy ewidentnie do czynienia z obniżoną jakością sygnału GNSS i – co istotne – dotyczy to również północno-wschodniej Polski. Przypadki zakłócenia potwierdza zresztą Polska Agencja Żeglugi Powietrznej, która nawet wydała dla pilotów stosowny komunikat. PAŻP podkreśla jednak, że zakłócenie nie występuje w sposób ciągły, a problem odnotowuje tylko część załóg.

Czy zatem geodeci pracujący z zestawami RTK w tej części kraju mają powody do obaw? To na bieżąco monitoruje GUGiK w ramach swojego systemu stacji referencyjnych ASG-EUPOS. „Nasze naziemne stacje nie zanotowały żadnych nieprawidłowości w wyznaczeniu pozycji. Zarejestrowane sygnały ze wszystkich satelitów GPS nie odbiegają od wartości średnich i wyznaczona pozycja nawigacyjna pokrywa się z precyzyjnymi współrzędnymi stacji, obliczonymi na podstawie wieloletnich obserwacji geodezyjnych GNSS” – uspokaja GUGiK.

Ale mimo tych zapewnień wydaje się, że kontrola pomiarów satelitarnych pod kątem ewentualnych zakłóceń powinna stać się codziennością dla polskich geodetów. Jak to zrobić, w szczególności wyjaśniliśmy w GEODECIE 2/2022. Dla władz Polski i naszej armii wniosek z obecnej sytuacji powinien być natomiast taki, że należy pilnie rozpocząć prace nad rezerwowymi systemami pozycjonowania. ■