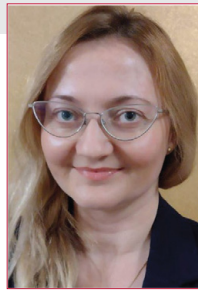




Andrzej ŻYLIS

Główny Geodeta Kraju



Anna BOBER

Z-ca GGK



Szymon WAJDA

Główny specjalista, kierownik projektu RTGMS po stronie GUGiK

Real-Time GNSS Monitoring System (RTGMS)



Główny Urząd Geodezji i Kartografii od 2008 roku prowadzi system ASG-EUPOS, który świadczy usługi wspomaganie wyznaczania pozycji i nawigacji w oparciu o sygnały systemów GNSS. Początkowo dedykowany był branży geodezyjnej, ale w trakcie jego istnienia znacznie zwiększyła się dostępność odbiorników GNSS i obecnie są one wykorzystywane przez dużo szerszą grupę użytkowników, zwłaszcza z segmentu budownictwa i rolnictwa. Ponadto dostarczanie precyzyjnych danych korekcyjnych dla usług RTN/RTK ma kluczowe znaczenie dla innowacji i automatyzacji w rozwijających się segmentach, takich jak nawigacja pojazdów autonomicznych lub pozyskiwanie danych o wysokiej dokładności z bezzałogowych statków powietrznych (UAV). Od 2022 roku usługi systemu ASG-EUPOS są udostępnione bezpłatnie, co spowodowało gwałtowny wzrost liczby użytkowników i miesięcznie ponad 20 000 różnych użytkowników łączy się z usługami ASG-EUPOS.

W tego typu systemach niezwykle istotne jest dostarczenie niezawodnych i dokładnych usług dla użytkowników końcowych. Niestety coraz częściej zdarzają się przypadki zakłóceń sygnałów GNSS, które mają wpływ na pracę odbiorników ruchomych GNSS i mogą być źródłem błędów w obliczonej pozycji. Pod pojęciem zakłóceń należy rozumieć negatywne czynniki powodujące obniżenie jakości lub liczby obserwacji GNSS rejestrowanych przez odbiornik, które docelowo mogą przełożyć się na zwiększenie błędu wyznaczonej pozycji. Należy zwrócić uwagę, że obniżenie jakości sygnałów GNSS może być zjawiskiem długotrwałym, albo wręcz przeciwnie, może być nagłym zjawiskiem krótkotrwałym, występującym jednorazowo, cyklicznie lub w całkowicie nieregularnych odstępach.

Ze względu na dużą liczbę czynników, które mają wpływ na wyznaczenie niezależnej pozycji w ramach globalnych satelitarnych systemów nawigacyjnych (GNSS) zazwyczaj bardzo trudno jest wskazać jednoznaczną przyczynę pogorszenia wyznaczonej pozycji. Sytuacja komplikuje się jeszcze bardziej jeżeli analizujemy pracę odbiornika w trybie RTK lub RTN gdzie dochodzą aspekty związane z obliczeniem i transmisją danych korekcyjnych niezbędnych do pracy w tych trybach oraz jakości danych korekcyjnych w przypadku pomiarów w większej odległości od stacji referencyjnej.

Zakłócenia sygnałów GNSS mogą być pochodzenia naturalnego, takie jak degradacja jakości sygnału spowodowana zaburzeniami w jonosferze podczas obecnego okresu wyjątkowo wysokiej aktywności słonecznej. GUGiK stara się informować użytkowników ASG-EUPOS o okresach, w których nasila się wpływ Słońca na pomiary GNSS m.in. poprzez publikacje notatek o rozpoczęciu się takiego okresu, a także poprzez udostępnienie zakładki „Pogoda kosmiczna” na stronie <https://asgeupos.pl> prezentującej kluczowe parametry prezentujące stan jonosfery. Do tych parametrów należy zaliczyć indeks planetarny Kp, który jest wykorzystywany do opisywania ilości energii wiatru słonecznego docierającego do magnetosfery oraz TEC (Total Electron Content) który opisuje liczbę swobodnych elektronów w jonosferze. Dodatkowymi wielkościami, które zalecamy śledzić to wykresy indeksów I95, IRIM i GRIM wyliczane bezpośrednio z obserwacji stacji referencyjnych ASG-EUPOS, a które są dostępne na stronie serwisów systemu: <https://system.asgeupos.pl>

Poza zakłóceniami naturalnymi ostatnio coraz częściej spotykamy się również z zakłóceniami pochodzenia antropogenicznego, które związane są z celową lub przypadkową emisją fal radiowych na częstotliwościach wykorzystywanych przez systemy nawigacji satelitarnej. Wśród tego rodzaju zakłóceń możemy rozróżnić trzy główne metody zakłócania:

- **jamming** – zagłuszenie sygnału, poprzez transmisję sygnału na częstotliwości zbliżonej do częstotliwości sygnałów GNSS. Ze względu na odległość satelitów GNSS od Ziemi sygnał docierający do powierzchni Ziemi jest bardzo słaby i transmisja sygnału z prostego nadajnika o niewielkiej mocy powoduje, że odbiornik nie jest w stanie wykorzystać oryginalnego sygnału z satelity i przez to nie może wyznaczyć współrzędnych

Pogoda kosmiczna w pomiarach GNSS
Aktualna wielkość indeksu I95 i residuów IRIM

Jonosfera jest głównym czynnikiem środowiskowym mającym wpływ na obserwowane przez odbiornik sygnały GNSS emitowane przez satelity. Jeśli na przykład w wyniku zwiększonej aktywności Słońca zmienność opóźnienia jonosferycznego jest większa niż w okresie „spokojnym” modelowanie jej wpływu na obserwacje jest obciążone większymi błędami. Do oszacowania wpływu błędów modelowania jonosfery na pomiar pseudoodległości służą m. in. wartości indeksu jonosferycznego I95 lub residuów części dyspersyjnej, tzw. IRIM, których aktualne wykresy dostępne są na stronie serwisów ASG-EUPOS.

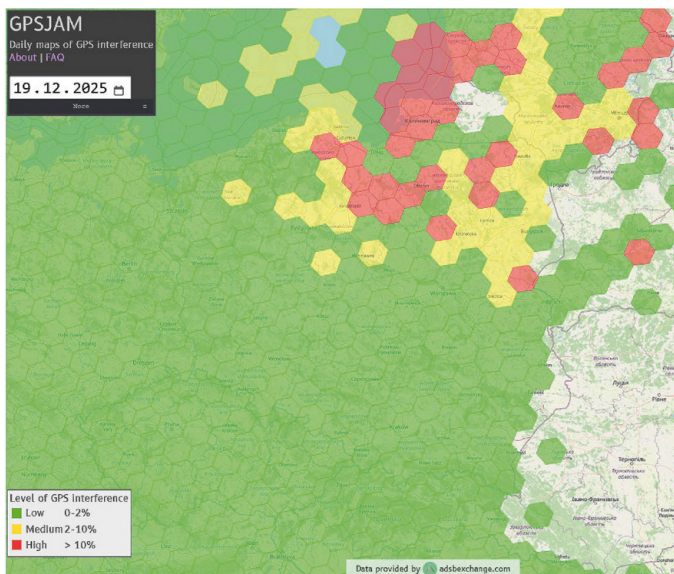
Wartości współczynnika I95 powyżej wartości 4 mogą powodować duże utrudnienia w pomiarach GNSS w szczególności związane z inicjalizacją odbiornika w pomiarach RTN/RTK. W przypadku gdy poziom średnich residuów IRIM wynosi 2 cm lub więcej można spodziewać się problemów z inicjalizacją odbiorników ruchomych RTK, zwłaszcza znajdujących się w znacznej odległości od fizycznej

■ **spoofing** – dużo bardziej zaawansowana technika zakłócania, polegająca na transmisji sygnału o charakterystyce sygnałów GNSS, który powoduje, że odbiornik wyznacza błędną pozycję, która może być oddalona o dziesiątki kilometrów od właściwej pozycji odbiornika.

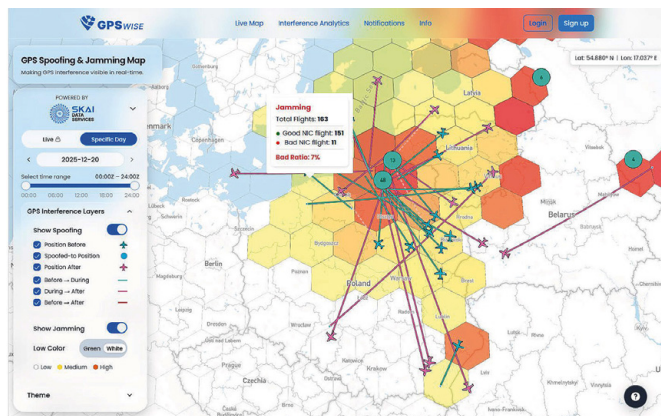
■ **meaconning** – to rodzaj spoofingu, gdzie wykorzystywane są rzeczywiste sygnały satelitarne śledzone w innym miejscu i retransmitowane do atakowanego odbiornika drogą radiową. Odbiornik podczas tego ataku wskazuje zafałszowaną pozycję tak jakby to była rzeczywista pozycja odbiornika.

Od kilku lat pojawiają się serwisy, które mają na celu identyfikację przypadków zakłóceń i ostrzeganie użytkowników. Jednym z pierwszych tego typu serwisów był GPSJAM.ORG, który bazując na informacjach pochodzących ze statków powietrznych identyfikował obszary, w których znaczna liczba takich statków wskazywała na problemy z działaniem systemów nawigacyjnych opartych o GNSS. System, pomimo bardzo prostej zasady działania, jest do tej pory bardzo często wykorzystywany do analizy rejonów występowania zakłóceń.

Administratorzy ASG-EUPOS we współpracy z Polską Agencją Żeglugi Powietrznej i przedsiębiorstwami fotogrametrycznymi analizują zakłócenia GNSS identyfikowane w serwisie www.gpsjam.org są obserwowane również w pomiarach realizowanych na stacjach referencyjnych ASG-EUPOS. Do tej pory nie zauważono ścisłej zależności z zakłóceniami sygnalizowanymi w tym serwisie, a obniżeniem jakości na stacjach referencyjnych. Przyczyn może być wiele, ale dwa główne wnioski są takie, że zakłócenia widoczne są dopiero na pewnej wysokości nad powierzchnią terenu i często odbiorniki na statkach powietrznych wykorzystują niższej klasy odbiorniki GPS, które nie pozwalają śledzić wszystkich dostępnych konstelacji i sygnałów GNSS.



Źródło: <https://gpsjam.org/>

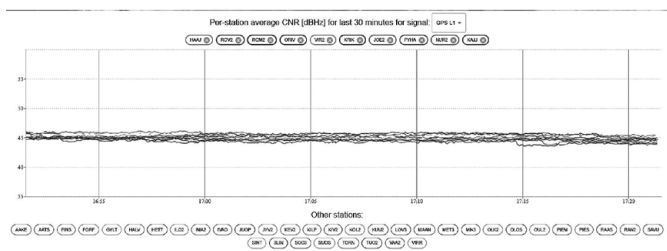


Źródło: <https://gpswise.aero>

W kolejnych latach pojawiły się bardziej rozwinięte serwisy bazujące na danych z odbiorników lotniczych. Jednym z takich serwisów jest GPS Wise (<https://gpswise.aero/map/>), który przeprowadza bardziej szczegółowe analizy. W tym przypadku, oprócz rejonu występowania zakłóceń, serwis pozwala określić jaki rodzaj zakłócenia wystąpił w odbiorniku statku powietrznego.

Innym systemem, na którym częściowo wzorowali się projektanci systemu RTGMS to fiński system GNSS Finland Service oparty o stacje referencyjne, który dostępny jest pod adresem <https://gnss-finland.nls.fi>. W tym serwisie są analizowane dane obserwacyjne ze sprzętu GNSS podobnego do tego wykorzystywanego w ASG-EUPOS.

Mając na uwadze obecną sytuację geopolityczną oraz rosnące znaczenie systemu ASG-EUPOS rozpoczęto prace nad budową systemu analizującego zakłócenia GNSS dla obszaru Polski rozwiniętego o dodatkowe funkcjonalności i wykorzystującego istniejące stacje referencyjne systemu ASG-EUPOS. GUGiK wraz z Instytutem Łączności-Państwowym Instytutem Badawczym (IŁ-PIB) wstępnie przeanalizował możliwości odbiorników zainstalowanych na stacjach referencyjnych i okazało się, że można wykorzystać dane spektralne, które dostarczą dodatkowych informacji o jakości sygnału i ewentualnych zakłóceniach.

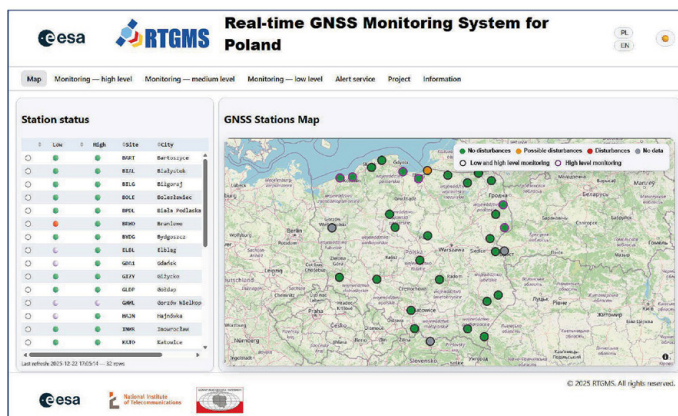


źródło: <https://gnss-finland.nls.fi>

W związku z powyższym, w 2024 roku GUGiK w konsorcjum z IŁ-PIB złożył wniosek do Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w programie NAVISP-Element 3 o dofinansowanie budowy pilotażowego systemu przeznaczanego do monitorowania zakłóceń sygnałów GNSS w czasie rzeczywistym (liderem konsorcjum jest IŁ-PIB). Projekt został zatwierdzony przez ESA i jego realizacja rozpoczęła się w listopadzie 2024 roku, a jego zakończenie planowane jest na maj 2026 roku. Budżet projektu wynosi 305 tys. EUR i w całości jest finansowany ze środków ESA. Kluczowymi beneficjentami systemu są instytucje rządowe odpowiedzialne za bezpieczeństwo publiczne oraz podmioty, których funkcjonowanie zależy od wysokiej jakości danych GNSS.

Opis projektu

Głównymi założeniami systemu RTGMS jest monitorowanie w czasie rzeczywistym zakłóceń sygnałów GNSS występujących na stacjach monitorujących oraz prezentacja wyników monitorowania w portalu internetowym. Dodatkowo dla zarejestrowanych użytkowników jest opracowywany system powiadomień, który docelowo będzie informował użytkowników za pomocą wiadomości e-mail o występujących zakłóceniach.

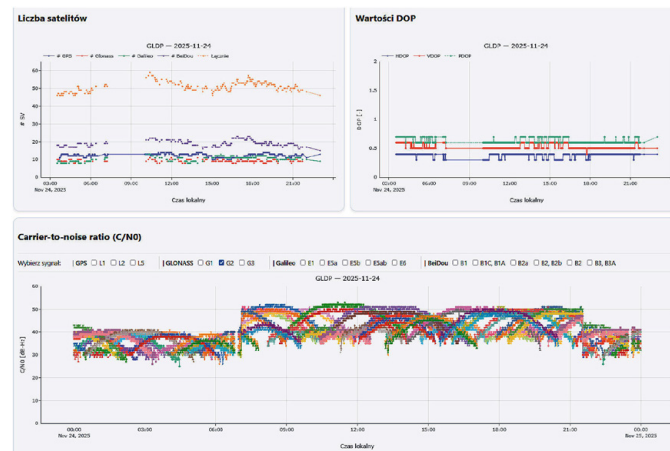


W trakcie realizacji projektu wytypowane zostały stacje ASG-EUPOS, które zostały wykorzystane jako stacje monitorujące w projekcie RTGMS. Ze względu na ograniczony czas i budżet projektu system RTGMS został opracowany w wersji pilotażowej obejmującej około 30 w pełni funkcjonalnych stacji monitorujących zlokalizowanych w najbardziej neralgicznych regionach Polski. W dalszej perspektywie system będzie rozbudowywany o kolejne regiony Polski. Nowoczesny sprzęt GNSS wykorzystywany w ASG-EUPOS umożliwiając dostęp do danych spektralnych odbiornika pozwolił na realizację wszystkich celów projektu bez konieczności instalowania dodatkowych czujników na stacjach referencyjnych. Należy podkreślić, że wszelkie prace prowadzone w infrastrukturze ASG-EUPOS są prowadzone w taki sposób, aby obecne funkcjonalności systemu ASG-EUPOS (dane korekcyjne RTN/RTK/DGNSS) pozostały niezmiennione i były nadal dostępne dla ich użytkowników w sposób niezakłócony. Dane ze stacji monitorujących transmitowane są do centrum obliczeniowego, w którym pracuje autorski algorytm umożliwiający wykrywanie zakłóceń na kilku poziomach. Część stacji testowo została włączona do monitorowania jedynie w poziomie wysokim i średnim, ponieważ zamontowane są tam odbiorniki innych producentów i nie został opracowany dostęp do danych spektralnych. Całkowity brak danych w serwisie RTGMS jest spowodowany najczęściej awarią łącza telekomunikacyjnego, które służy równocześnie do transmisji danych do systemów ASG-EUPOS i do RTGMS. W kilku przypadkach ze względu na ograniczenia łącza dane na potrzeby serwisu RTGMS nie mogą być transmitowane, a skonfigurowana jest jedynie transmisja na potrzeby ASG-EUPOS (tymczasowe łącza GSM lub łącza zewnętrznych instytucji).

Na głównym ekranie serwisu prezentowana jest mapa z rozmieszczonymi stacjami referencyjnymi, gdzie kolorami oznaczone są stacje bez zakłóceń (kolor zielony), stacje z możliwością występowania zakłóceń (kolor pomarańczowy), stacje na których występuje duże prawdopodobieństwo zakłóceń (kolor czerwony) oraz stacje z których dane nie docierają do serwisu RTGMS (kolor szary).

Szczegółowe wyniki analiz prezentowane w serwisie internetowym zostały podzielone na trzy poziomy:

■ **Poziom wysoki** – analiza i prezentacja na wykresach danych w czasie rzeczywistym oraz danych archiwalnych pozyskanych ze strumieni obserwacyjnych RTCM SC-104 (Radio Technical Commission for Maritime, Special Committee No. 104) oraz NMEA 0183 (National Marine Electronics Association, standard 0183). W ramach tego poziomu prezentowane są wykresy: zmiany pozycji 3D i 2D, liczby śledzonych satelitów, parametrów DOP (Dilution of Precision) oraz Carrier-to-noise ratio (C/N0) dla każdego pasma śledzonego przez stacje monitorujące.



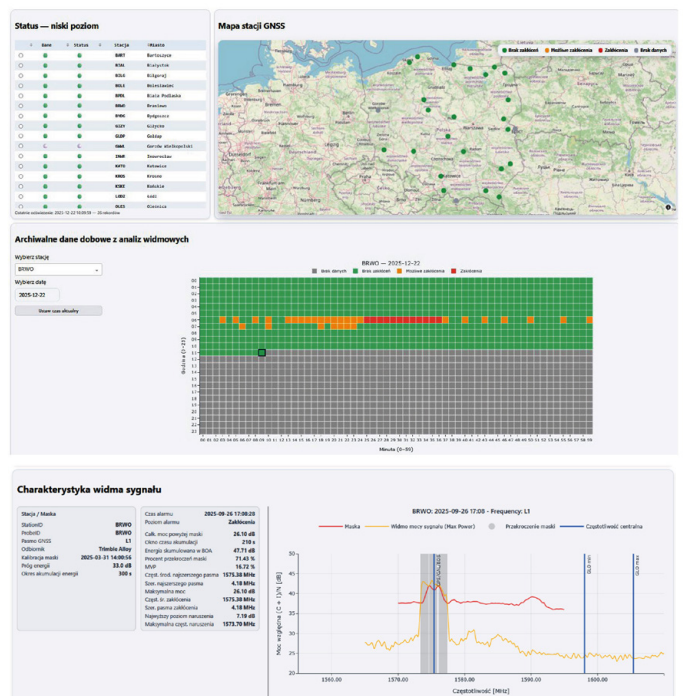
■ **Poziom średni** – moduł umożliwia dostęp do danych obserwacyjnych GNSS ze stacji monitorujących RTGMS za pośrednictwem strony internetowej ASG-EUPOS (<https://system.asgeupos.pl/>) oraz prezentuje wyniki analiz zarejestrowanych obserwacji GNSS w odniesieniu do liczby przewidywanych obserwacji wynikających z plików efemeryd satelitarnych. Na

podstawie tych analiz można stwierdzić długi-falowe zmiany w jakości i liczbie obserwacji na każdej stacji referencyjnej, co może świadczyć np. o pojawieniu się dodatkowych przeszkód w otoczeniu anteny satelitarnej lub niewłaściwej pracy zestawu urządzeń antena-odbiornik.



Tego typu analizy w przeszłości pozwoliły wykryć spadek jakości obserwacji na stacji referencyjnej, na której w pobliżu anteny GNSS właściciel budynku zainstalował podczas remontu dachu anteny RTV, które stanowiły skuteczną przeszkodę w niezakłóconym odbiorze sygnałów GNSS.

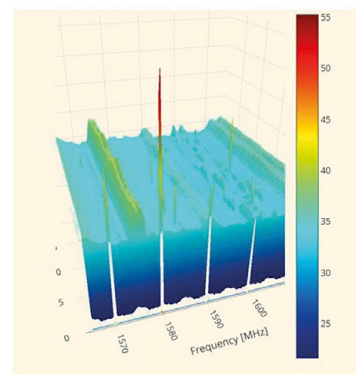
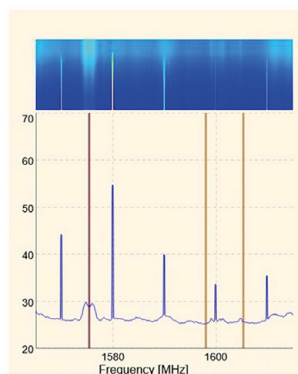
■ **Poziom niski** – moduł prezentuje wyniki analizy danych spektralnych transmitowanych ze stacji monitorujących. Na podstawie danych z autorskiego algorytmu detekcyjnego RTGMS, w tabeli oraz na widoku mapy prezentowany jest za pomocą kolorów stan poszczególnych stacji monitorujących z wyszczególnieniem dla jakiego pasma występują zakłócenia. Poniżej prezentowany jest ogólny widok występujących zakłóceń z ostatniej doby z możliwością wyboru danych archiwalnych. Po wybraniu kwadratu reprezentującego minutę wyświetlane są wykresy mocy sygnału dla pasm: L1, L2, L5 i E6 oraz kolorem czerwonym zdefiniowane maski dla każdego pasma zdefiniowane w okresie, w którym na stacji nie występowały zakłócenia. Dla wykresów obejmujących okres wystąpienia zakłócenia wyświetlane są szczegółowe dane opisujące zakłócenie takie jak: częstotliwość środkowa zakłócenia, czas od rozpoczęcia zakłócenia, skumulowana energia, itd.



Zwracamy uwagę, że informacje prezentowane w serwisie mają charakter poglądowy i nie mogą być traktowane jako dokument o charakterze oficjalnym. Również nie mogą być podstawą jakichkolwiek czynności administracyjnych czy urzędowych. Wykryte na stacjach referencyjnych zakłócenia mogą mieć różny wpływ na odbiorniki GNSS okolicznych użytkowników w zależności od rodzaju zakłócenia, parametrów technicznych odbiornika użytkownika oraz jego lokalizacji względem stacji. Geodeci korzystający z portalu powinni uwzględnić jakim odbiornikiem wykonują pomiary i analizować sygnały śledzone przez ich odbiornik. Zakłócenia na innych częstotliwościach niż śledzone przez odbiornik najczęściej nie mają wpływu na jakość obserwacji na innych częstotliwościach. Słabe zakłócenia będą widoczne w poziomie niskim jako przekroczenia maski, natomiast w poziomie wysokim mogą być niezauważalne. Silniejsze zakłócenia będą widoczne w poziomie niskim oraz w poziomie wysokim, w pierwszej kolejności jako spadki wartości na wykresie C/N0. Najsilniejsze zakłócenia będą widoczne w poziomie niskim poprzez przekroczenie maski, a w poziomie wysokim spadkami na wykresie C/N0 obniżeniem liczby śledzonych satelitów wzrostem parametrów DOP, a w ekstremalnych przypadkach zmianami pozycji 2D i 3D lub utratą możliwości wyznaczenia pozycji.

W listopadzie 2025 roku został przez ESA zatwierdzony drugi etap budowy systemu RTGMS, który zakładał, że gotowe będą algorytmy detekcyjne oraz prezentacja wyników w portalu internetowym. Zadania zostały pomyślnie zrealizowane i pod koniec listopada portal prezentujący wyniki monitorowania został udostępniony wszystkim zainteresowanym pod adresem <https://rtgms.pl> Serwis internetowy RTGMS jest w dalszym ciągu w trakcie budowy i prezentowane wyniki analiz mają charakter testowy oraz mogą podlegać zmianom wynikającym z wprowadzanych modyfikacji algorytmów detekcyjnych.

Ostatni etap projektu zakłada testy systemu z wykorzystaniem mobilnego laboratorium IŁ – PIB, który posiada możliwości generowania różnego rodzaju zakłóceń sygnałów GNSS. Wstępne testy odbyły się pod koniec września 2025 roku i umożliwiły wykrycie zakłóceń generowanych z odległości ponad 20 km od stacji monitorującej. Testy prowadzone w ostatnim etapie projektu pozwolą na określenie wła-



ściwych poziomów alarmowania użytkowników oraz wprowadzenie ewentualnych korekt do algorytmów detekcyjnych.

W ostatniej fazie projektu zostanie zakupiony nowy serwer z zasobami sprzętowymi wynikającymi ze specyfiki projektu, który umożliwi optymalizację pracy serwisu oraz płynne działanie, nawet przy zwiększeniu liczby monitorowanych stacji. Na tym etapie zostanie opracowana docelowa wersja systemu powiadomień oraz treść wiadomości jakie będą wysyłane z tego modułu do zarejestrowanych użytkowników.

Podczas realizacji projektu zawiązana została współpraca z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami zajmującymi się tematyką zakłóceń sygnałów GNSS, w tym z producentami sprzętu GNSS, których rola jest kluczowa przy opracowaniu algorytmów śledzenia satelitów w odbiornikach przeznaczonych na stacje referencyjne oraz w odbiornikach ruchomych. Wyniki badań, pozyskana wiedza i doświadczenie, które zostały zdobyte podczas realizacji tego projektu, są istotne dla utrzymania wysokiej jakości usług w sytuacji coraz częściej występujących zakłóceń sygnałów GNSS.

W tym miejscu dziękujemy Instytutowi Łączności – Państwowemu Instytutowi Badawczemu, w szczególności Kierownictwu oraz osobom zaangażowanym w projekt RTGMS, za bardzo dobrą współpracę.

Nowy walidator GML dla danych RCN

Główny Urząd Geodezji i Kartografii udostępnił nowe narzędzie dedykowane danym Rejestru Cen Nieruchomości (RCN). Walidator plików GML jest już dostępny dla wykonawców i pracowników administracji pod adresem walidatorgml.gugik.gov.pl. Narzędzie ma na celu ujednoczenie struktury przesyłanych danych oraz wyeliminowanie najczęstszych błędów w plikach GML.

Użytkownicy mogą korzystać z walidatora na dwa sposoby: poprzez wersję przeglądarkową, idealną do szybkiego sprawdzenia pojedynczych plików, oraz aplikację desktopową. Ta druga opcja jest szczególnie polecana przy przetwarzaniu dużych zbiorów danych – pozwala na pracę w trybie offline, oferuje wyższą wydajność oraz umożliwia eksport raportów z błędami do formatu CSV.

Co warto wiedzieć?

- Dwie formy pracy: Elastyczność między szybką walidacją online a wydajną pracą stacjonarną.
- Kompletna dokumentacja: Pod adresem walidatora znajdziemy szczegółowy opis zakresu kontroli oraz interpretację najczęstszych błędów.
- Baza plików testowych: GUGiK udostępnił przykładowe pliki GML, które pomagają zrozumieć poprawne struktury zapisu danych.
- Eksport wyników: Wersja desktopowa ułatwia analizę błędów dzięki generowaniu plików CSV.

Źródło: <https://www.gov.pl/web/gugik/>
Opracował: Piotr Łazarz

