

Satelitarny nadzór radioelektroniczny wielorakiego zastosowania

# Dobre na wojnę i pokój

Amerykańska spółka HawkEye 360 prezentuje nowatorskie podejście do monitoringu fal radiowych w szerokim zakresie widma. Najlepszy dowód na użyteczność jej rozwiązań pojawił się wraz z rozpoczęciem rosyjskiej inwazji na Ukrainę 24 lutego br.

## Paweł Ziemnicki

**D**o monitoringu fal radiowych firma HawkEye 360 wykorzystuje własną konstelację satelitarną. W jej ramach liczące po trzy sztuki klastry sensorów zdolne są z wysokości orbity wykrywać, analizować i precyzyjnie

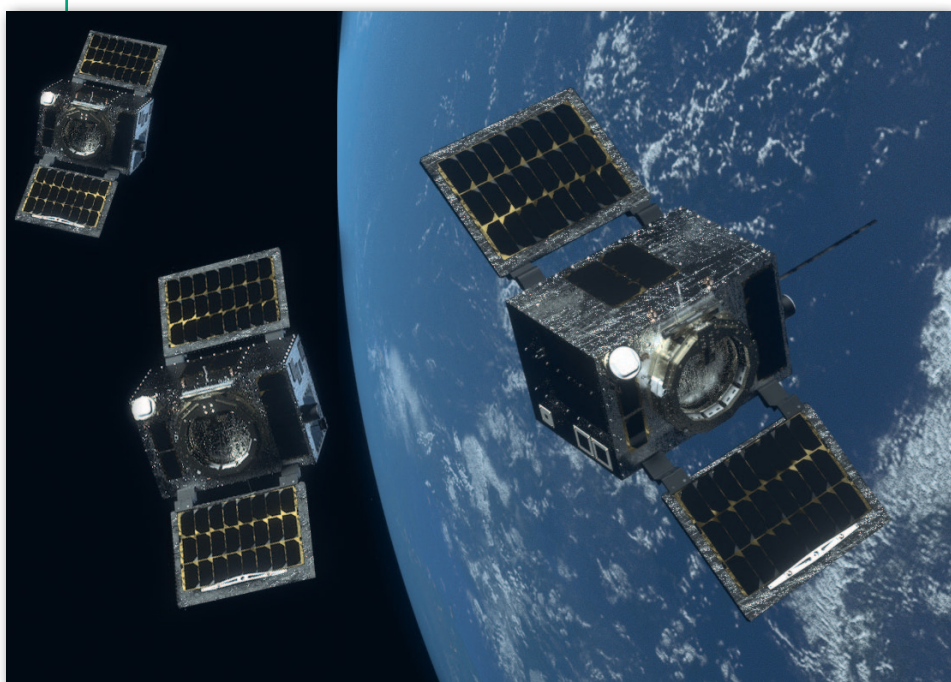
pozycjonować rozmaite sygnały emitowane przez urządzenia na powierzchni planety. Innowacyjne podejście do rozpoznania znajduje zastosowanie w kontroli ruchu morskiego, akcjach ratowniczych, przeciwdziałaniu nielegalnemu ruchowi transgranicznemu czy wreszcie – jak ostatnio w Ukrainie – podczas współczesnych konfliktów zbrojnych.

Warto tu przypomnieć, że w ostatnich latach satelitarna obserwacja Ziemi uzyskała status jednej z największych i najszybciej rozwijających się gałęzi szeroko rozumianego przemysłu kosmicznego. Chodzi rzecz jasna o segment downstream tego rynku odnoszący się do wykorzystania danych pochodzących z rozmieszczonych na orbitach sensorów do realizacji najróżniejszych zadań na rzecz nowoczesnych społeczeństw.

Powszechnie wykorzystuje się zarówno dane z satelitów optycznych, jak i radarowych. Satelitarnymi zobrazowaniami posługują się użytkownicy wojskowi i cywילni, odbiorcy tak rządowi, jak i komercyjni. Wśród przykładowych zastosowań tego typu zdjęć można wskazać tak rozmaite, jak badanie rozmieszczenia jednostek nieprzyjaciela, analizowanie procesu rozrastania się miast, szacowanie strat po klęskach żywiołowych czy wreszcie badanie kondycji zbóż lub roślinności leśnej.

### • Rozpoznanie radiowe z orbity

Zupełnie nowy segment rynku, który rozwija się od niedawna, dotyczy monitoringu źródeł emisji radiowych. Obecnie na całym ziemskim globie obiekty, pojazdy i urządzenia bezustannie emitują sygnały na różnych długościach fali. Świadomość tego, co dzieje się w różnych zakresach fal radiowych, daje współczes-



Artystyczna wizualizacja czwartego klastra satelitów konstelacji HawkEye 360





Sygnaly radiowe zwizualizowane na mapie w skali globalnej

nie dostęp do ogromnej ilości informacji niezwykle przydatnych choćby dla interesariuszy zajmujących się bezpieczeństwem czy wywiadem.

W tej właśnie niszy rozwija się amerykańska firma HawkEye 360 z siedzibą w Herndon w stanie Wirginia. Przedsiębiorstwo działa od 2015 r., a jego genezę przedstawiła w 2018 r. Sarah Scoles na portalu wired.com: „Firma powstała po tym, jak Chris DeMay, ekspert od częstotliwości radiowych, który spędził 14 lat, pracując w środowisku wywiadowczym, wziął kilka lat temu udział w konferencji SmallSat. Widział wszystkie te firmy zajmujące się robieniem zdjęć satelitarnych i zrozumiał, że niewidzialną część widma [promieniowania] elektromagnetycznego można również wykorzystać do monitorowania Ziemi”.

Funkcjonowanie nowoczesnych społeczeństw opiera się wręcz na technologiach bezprzewodowych i wszechobecnej transmisji radiowej – przykładowo w zakresie komunikacji, nawigacji i pozycjonowania czy technologii z obszaru internetu rzeczy. Stąd dobre perspektywy rozwoju i potencjalnie znaczący popyt na usługi zwiadu elektronicznego. Ciekawie skomentował to Adam Bennett, dyrektor ds. marketingu produktów w HawkEye 360, wskazując, że ludzie początkowo nie rozumieli komercyjnego zapotrzebowania na tego rodzaju dane.

Zaraz dodał jednak: „Im szerzej odkrywamy, w jaki sposób nasze dane wspierają różne aplikacje, tym lepiej dostrzegamy, jakie korzyści przyniosą ludziom te informacje”.

### • Jak to działa?

HawkEye 360 rozbudowuje komercyjną konstelację satelitarną, której zadaniem jest identyfikowanie, geolokalizowanie i przetwarzanie szerokiego zakresu sygnałów radiowych (RF). Fir-

ma wykorzystuje autorskie narzędzia do przetwarzania danych oraz mechanizmy uczenia maszynowego po to, by uprawiać zaawansowaną analitykę i mierzyć się z globalnymi wyzwaniami swoich klientów.

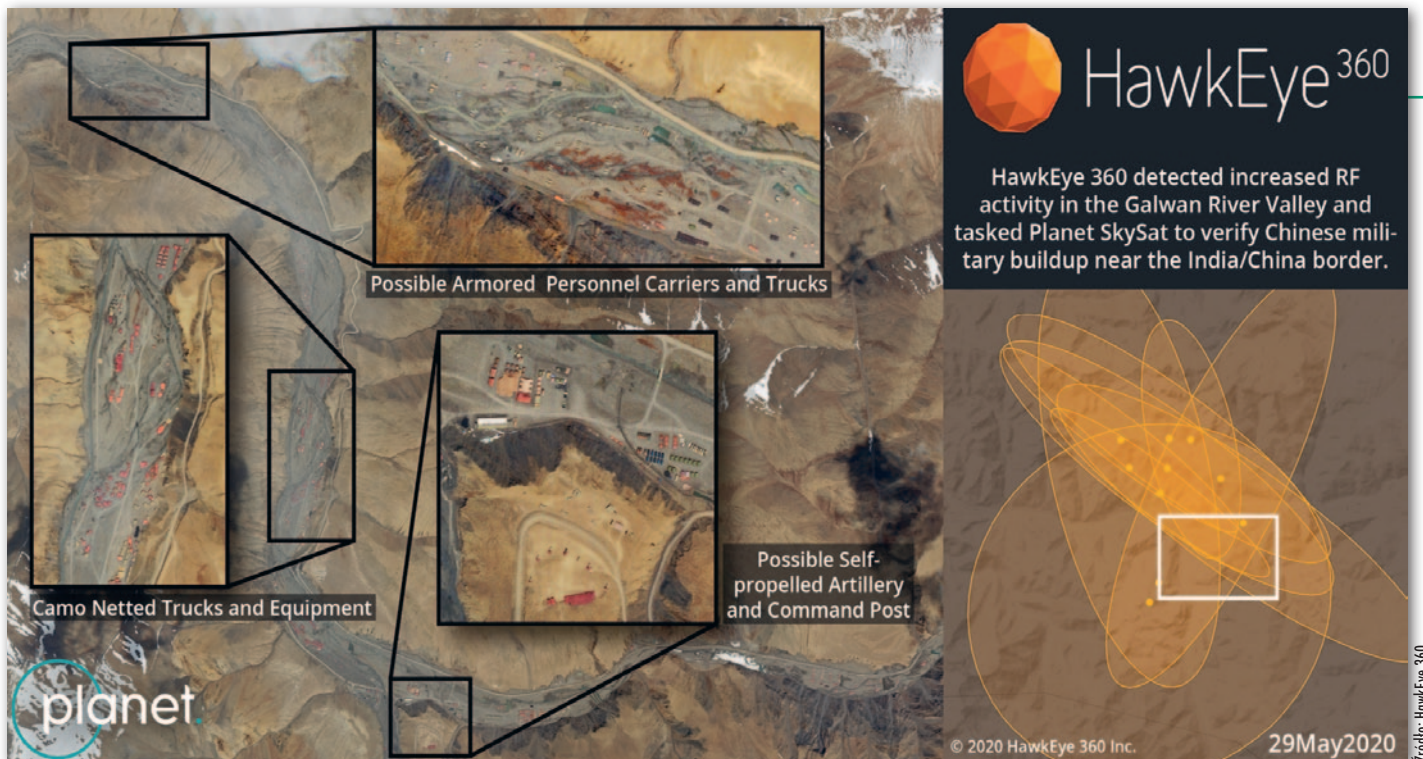
Pierwsze trzy satelity konstelacji, określane mianem „Pathfinder”, zostały wystrzelone w grudniu 2018 r. Obecnie, w marcu 2022 r., operator dysponuje już w przestrzeni kosmicznej dziewięcioma jednostkami.



Źródło: HawkEye 360

Zrzut ekranu z platformy RFGeo





Zgrupowanie chińskich jednostek wojskowych w dolinie rzeki Galwan wykryte przez HE 360 i zobrazowane przez satelity optyczne Planet

Każdy satelita wyposażony jest w odbiorniki zdolne przechwytywać sygnały radiowe o różnej częstotliwości. Satelity te poruszają się w klastrach liczących po trzy urządzenia. Lecąc w takiej formacji, każdy z elementów pojedynczego klastra stale zachowuje stabilną pozycję względem swoich dwóch towarzyszy. Utrzymanie właściwego ustawienia względem siebie oraz prawidłowego dystansu umożliwia satelitom innowacyjny system napędowy – wykorzystujący wodę – opracowany przez Deep Space Industries.

Precyzyjne poruszanie się satelitów po orbitach w ramach formacji jest niezbędnym warunkiem skutecznego pozycjonowania źródeł emisji radiowych na powierzchni Ziemi. Kiedy wszystkie trzy satelity w ramach klastra wykrywają sygnał radiowy pochodzący z tego samego źródła, to każdy „obserwuje” owo źródło pod nieco innym kątem. Możliwe jest zatem przestrzenne wcięcie w przód i w jego efekcie uzyskanie dokładnej lokalizacji nadawcy sygnału.

HE 360 wskazuje lokalizację źródła każdego interesującego klienta sygnału radiowego wraz z elipsą możliwego błędu pozycjonowania. Firma podaje, że prawdopodobieństwo poprawnego obliczenia umiejscowienia źródła badanej emisji radiowej wynosi 95%.

W celu jak najszerszego wykorzystania danych gromadzonych przez satelity eksperti HawkEye 360 zaprzęгают do pracy własne zaawansowane algorytmy oraz łączą te dane z wiedzą pozyskiwaną z innych źródeł. Klienci mogą też zamawiać dostęp do archiwalnych wyników obserwacji danego obszaru w zakresie RF. To pozwala na lepsze poznanie typowych

dla konkretnego terenu wzorców aktywności lokalnych podmiotów na falach radiowych i ewentualne łatwiejsze dostrzeżenie pojawiających się w eterze anomalii.

W początkowym okresie działalności pracownicy HE 360 koncentrowali się na nasłuchu sygnałów radiowych w paśmie X oraz VHF. Później możliwość nadzoru radioelektronicznego rozszerzono także na pasmo L i UHF. Ten ostatni zakres pozwala obserwować użycie na powierzchni planety powszechnie dostępnych i wykorzystywanych prostych krótkofalówek typu walkie-talkie.

### • Platforma RFGeo

W kwietniu 2019 r. światło dzienne ujrzał produkt HE 360 nazwany RFGeo służący do mapowania sygnału radiowego i udostępniania danych archiwalnych. – Dzięki RFGeo klienci uzyskują dostęp do potężnej analityki RF [na podstawie danych] generowanych przez naszą konstelację satelitów, co pozwala im na uzyskanie bardziej kompleksowego obrazu świata – zachwalał wówczas John Serafini, prezes HawkEye 360.

RFGeo identyfikuje i geolokalizuje sygnały RF zebrane przez konstelację satelitów HawkEye 360. Platforma dostarcza użytkownikom końcowym nie tylko współrzędne geograficzne zaobserwowanych źródeł RF, ale także charakterystyki tych źródeł.

– RFGeo daje naszym klientom nowe spojrzenie na aktywność na Ziemi – komentował Brian Chapman, dyrektor ds. produktu w HawkEye 360. – Z wykorzystaniem widma RF umożliwiamy klientom łączenie geolokalizacji sygnału RF z naszego produktu RFGeo z wy-

darzeniami mającymi miejsce na całym świecie. RFGeo pomoże klientom monitorować sygnały RF w celu wsparcia szerokiej gamy istotnych aplikacji i misji – objaśniał.

Zgodnie z zapewnieniami wytwórcy, RFGeo stanowi pierwszy dostępny na rynku produkt oferujący globalną świadomość widma w szerokim zakresie sygnałów radiowych. Informacje, jakie aplikacja przekazuje użytkownikom końcowym, są przygotowane w formacie kompatybilnym z powszechnie używanym komercyjnym oprogramowaniem GIS.

### • Na straży granic

Niezwykle ważną dziedziną, w jakiej można spożytkować zdolności satelitów rozpoznania radiowego, jest obronność i bezpieczeństwo. Jako przykład można tu wskazać wykrycie przez satelity HE 360 nietypowej aktywności w postaci wzmożonej komunikacji na falach radiowych w dolinie rzeki Galwan na chińsko-indyjskim pograniczu. Okazało się, że niespodziewanie rozmieszczono tam pokaźne zgrupowanie jednostek wojskowych Pekinu. Wykrycie takiej aktywności z użyciem rozpoznania radioelektronicznego pozwala czym prędzej skierować na interesujący region „wzrok” innego typu sensorów – satelitów optycznych i radarowych – co zaowocuje znacznie lepszym rozeznaniem sytuacji po stronie wywiadu wojskowego zaangażowanego w obserwację państwa.

Możliwości satelitów prowadzących rozpoznanie RF są także nie do przecenienia, jeśli chodzi o monitorowanie bezpieczeństwa granic. Z ich pomocą można chociażby śledzić użycie radiotelefonów

typu „push-to-talk” stosowanych przez przemysłowców. Na podobnej zasadzie odpowiednie służby mogą tropić kłusowników prowadzących nielegalne połowania w rezerwach przyrody.

## ● Na otwartej wodzie

HawkEye 360 ma także w swojej ofercie rozwiązanie do monitorowania ruchu statków na morzach i oceanach. Chodzi o produkt SEAker. Przykładowo może on znaleźć zastosowanie do kontroli aktywności jednostek morskich w wyłącznej strefie ekonomicznej danego kraju, po to by wykrywać nielegalne połowy czy działania przemysłowców.

Co do zasady, większość statków objęta jest obowiązkiem korzystania z systemu AIS, czyli Automatic Identification System. Stosując się do tego nakazu jednostki nieustannie wysyłają drogą radiową sygnały umożliwiające identyfikację konkretnego statku oraz określenie jego bieżącej pozycji. Jednak po pierwsze, nadajnik radiowy AIS na danym statku można wyłączyć. Po drugie zaś, nadawany sygnał można celowo fałszować, tak by przekazywał on nieprawdziwą pozycję łodzi. Tego typu praktyk mają się załogi jednostek zaangażowane w działalność, taką jak choćby nielegalne połowy, przemysł narkotyków, handel ludźmi czy nielegalny handel ropą naftową. Również statki porwane przez piratów częstokroć wysyłają za pośrednictwem AIS sfałszowane dane o swojej lokalizacji

Jednak nawet w przypadku świadomego sabotażu transmisji AIS warto pamiętać o tym, że na statku jest wiele urządzeń emitujących rozmaite sygnały radiowe. HE 360 z pomocą swoich satelitów zbiera i analizuje sygnały RF wysyłane przez takie podejrzane statki dla różnorodnych potrzeb, np. tych związanych z łącznością realizowaną za pośrednictwem satelitów telekomunikacyjnych. Dzięki temu możliwe jest wskazanie właściwej pozycji jednostki niezależnie od AIS. Co więcej, gdy już specjaliści z HawkEye 360 przyjrzą się sygnałom wysyłanym przez konkretny statek, to odnotowują jego charakterystykę, dzięki czemu mogą w przyszłości łatwo rozpoznawać i śledzić daną jednostkę.

Za pomocą satelitów można zaobserwować spotkanie dwóch jednostek, z których każda ma dezaktywowany system AIS. Zdarza się, że tego typu zbliżenie „zaciemnionych” statków na pełnym

Aktywność radiowa wskazująca na realizowaną drogą morską nielegalny przerzut irańskiej ropy do rafinerii w Syrii

morzu jest związane z handlem bronią czy narkotykami. – To ma miejsce na otwartym oceanie, gdzie ludzie myślą, że są niewidoczni – mówi przywołany już Chris DeMay i dodaje, że wykrywa się sygnały, co do których kierujący statkiem nie zdawali sobie sprawy, że statek je nadaje. Tym samym HE 360 może zapewnić niezbędne informacje o podejrzanych zachowaniach jednostek morskich organom ścigania czy innym odpowiedzialnym służbom.

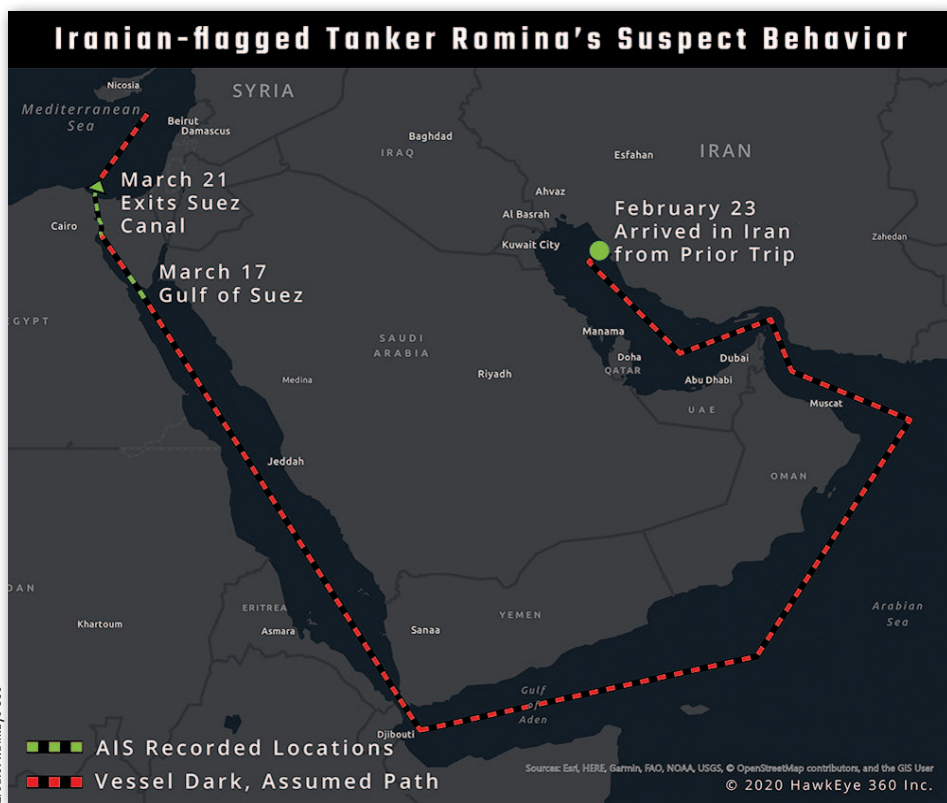
## ● Na ratunek

Kolejnym polem, na którym produkty i usługi związane z satelitarnym nadzorem radioelektronicznym mogą okazać się niezwykle przydatne, jest zarządzanie kryzysowe i ratownictwo. Współczesne nowoczesne lokalizatory położenia pojazdów czy innych maszyn są często uruchamiane w przypadku zagrożenia lub wypadku – na przykład po rozbiciu się samolotu. Ich poprawne działanie zależy zazwyczaj od odpowiedniej dostępności sygnału nawigacyjnego. Jednak na przykład w terenie górzystym mogą wystąpić problemy z widocznością satelitów konstelacji GNSS, przez co lokalizator w czarnej skrzynce zniszczonego samolotu nie będzie mógł wypełnić swojego zadania. Samo urządzenie może też ulec awarii, przez co nie będzie mogło prawidłowo przesłać drogą radiową współrzędnych miejsca katastrofy. Dla obecnych na orbicie mikrosatelitów HawkEye wystar-

czy jednakże jakakolwiek transmisja sygnału radiowego od takiego awaryjnego lokalizatora. Wykorzystanie satelitów umożliwi bowiem szybkie ustalenie położenia źródła sygnału i tym samym wskaże służbom ratunkowym, gdzie należy się udać w celu niesienia pomocy ofiarom wypadku.

Satelity pierwszego wystrzelonego klastra Pathfinder już krótko po rozmieszczeniu przeprowadziły z sukcesem demonstrację geolokalizacji awaryjnej radiolaterny EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon) wskazującej położenie. Urządzenia EPIRB są obecnie coraz szerzej wprowadzane w sektorze morskim, by ułatwić odnadywanie ludzi, którzy wypadli za burtę ze statków lub spadli do wody z platform wiertniczych.

Ogółem można więc powiedzieć, że dzięki satelitom HE 360 ekipy poszukiwawcze i ratownicy mają szansę uzyskać niezależną i dokładniejszą geolokalizację radiolaterny awaryjnych, co powinno zmniejszyć czas i wysiłek wkładany w operacje ratunkowe. Wypracowana technologia wspomogłaby również zarządzanie kryzysowe, choćby ułatwiając dedykowanym jednostkom zorientowanie się w zniszczeniach, jakie klęska żywiołowa poczyniła w infrastrukturze sieci bezprzewodowej komunikacji. Wykorzystanie satelitów pozwoli bowiem przykładowo ocenić sprawność poszczególnych wież z przekaźnikami obsługującymi sieci telefonii komórkowej.



Źródło: HawkEye 360



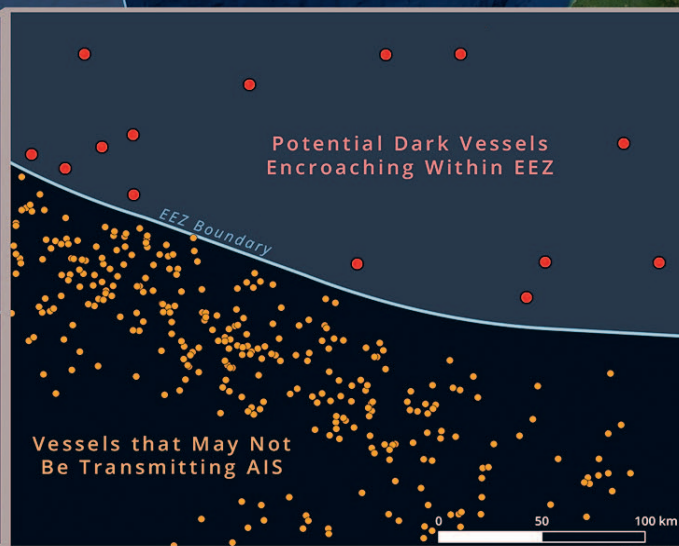
## DARK GEOLOCATIONS REVEAL SUSPICIOUS CHINESE FISHING FLEET BEHAVIOR

HawkEye 360

HawkEye 360 used a variety of marine RF signals to monitor the Chinese fishing fleet over a six week period. Hundreds of signals do not match AIS records.

Galápagos

Geolocations from mid-July to late August with no associated AIS.



© 2020 HawkEye 360 Inc.

Esri Satellite Imagery BaseMap

Zródło: HawkEye 360

Detekcja jednostek morskich z wyłączonym systemem AIS, najprawdopodobniej realizujących nielegalne połowy wewnątrz wyłącznej strefy ekonomicznej wokół wysp Galapagos

### ● Wywiad geoprzestrzenny też zainteresowany

Władze HawkEye 360 planują, by przedsiębiorstwo rozwijało swoje kompetencje w zakresie analizowania tzw. alokacji widma. Chodzi o zdolność prowadzenia niemalże w czasie rzeczywistym obserwacji, kto używa jakich częstotliwości radiowych. To pomoże planistom systemów telekomunikacyjnych z wyprzedzeniem badać, które obszary charakteryzują się największą aktywnością RF. Tego typu monitoring mógłby też pomóc operatorom telekomunikacyjnym w określeniu, które pasma pozostają nieużywane, co przyczyniłoby się do bardziej efektywnego wykorzystania zasobów. Ponadto plany HawkEye 360 zakładają, że tworzone przez firmę mapy widma wspomogą projektantów sieci i operatorów satelitarnych stacji naziemnych w planowaniu przyszłej rozbudowy infrastruktury, głównie pod kątem rozwoju technologii komunikacji bezprzewodowej 5G.

Jak widać, zdolności satelitów HawkEye w zakresie rozpoznania radioelektronicznego można wykorzystywać na bardzo wielu polach. Możliwości te doceniły również kluczowe amerykańskie agencje odpowiedzialne za wywiad geoprzestrzenny. W grudniu 2019 r. firma HE 360 otrzymała kontrakt od NRO (National Reconnaissance Office, Narodowa Agencja Rozpoznania). NRO miała następnie ocenić możliwość łączenia komercyjnych rozwiązań przedsiębior-

stwa z infrastrukturą na rzecz wywiadu geoprzestrzennego. Natomiast we wrześniu 2021 r. zamówienie o wartości 10 mln dolarów złożyła NGA (National Geospatial-Intelligence Agency, Narodowa Agencja Wywiadu Geoprzestrzennego). W ramach kontraktu HawkEye wspiera NGA w detekcji i mapowaniu emisji radiowych na różnych częstotliwościach, pochodzących z różnych miejsc na całym globie.

– HawkEye 360 jest niekwestionowanym światowym mistrzem w analizie częstotliwości radiowych, rynku, który naszym zdaniem wzrośnie do miliardów dolarów w ciągu najbliższych kilku lat – uważa Mark Boggett reprezentujący Seraphim Space Investment Trust, który to podmiot zainwestował w rozwój HE 360.

Innym inwestorem, który zasilili rozwój przedsiębiorstwa z Herndon znacznym zastrzykiem kapitałowym, jest koncern Raytheon, gigant z branży zbrojeniowej. Władze koncernu liczą na to, że dane i rozwiązania analityczne HawkEye wzbogacą systemy Raytheona.

### ● Zakłócenia GPS nad Ukrainą

Rozwiązania oferowane przez HE 360 mogą okazać się niezwykle istotne w przypadku współczesnych konfliktów zbrojnych, m.in. w sytuacji, kiedy ruchy wojsk są w znacznym stopniu zależne od nawigacji satelitarnej. Najlepszy dowód na to pojawił się wraz z rozpoczęciem rosyjskiej inwazji na Ukrainę 24 lutego br. W komunikacie prasowym opublikowanym 4 marca 2022 r. firma HawkEye 360

pochwaliła się wypracowaniem zdolności do wykrywania i geolokalizacji zakłóceń systemu GPS oraz przedstawiła efekty prowadzonych przez ostatnie tygodnie pod tym kątem obserwacji rejonu Ukrainy. W informacji prasowej czytamy: „Kiedy analitycy HawkEye 360 badali Ukrainę w ciągu ostatnich czterech miesięcy, odkryli ciągłe i zwiększone zakłócenia GPS w całym regionie. Dane wykazały znaczną ingerencję w GPS w listopadzie 2021 r. na granicy prorosyjskich, kontrolowanych przez separatystów regionów w Ługańsku i Doniecku. (...) W lutym 2022 r. HawkEye 360 wykrył zakłócenia GPS wzdłuż granicy między Ukrainą a Białorusią, na krótko przed rozpoczęciem rosyjskiej inwazji. Te lutowe działania miały miejsce na północ od Czarnobyla, w Czarnobylskiej Strefie Wykluczenia, wskazując na integrację taktyki wojny elektronicznej z rosyjską operacją wojskową celem dalszego obniżenia zdolności Ukrainy do samoobrony”.

Tak więc powstała zaledwie kilka lat temu firma może pochwalić się już znaczącymi sukcesami, i to na wielu polach. Wszystko wskazuje na to, że o HawkEye 360 usłyszymy jeszcze niejednemu raz.

**Paweł Ziemnicki**

dziennikarz, ekspert ds. tematyki kosmicznej, pracuje na rzecz podmiotów związanych z satelitarną obserwacją Ziemi

[Więcej o zakłóceniach sygnałów GNSS, w tym w pomiarach geodezyjnych, na s. 42 oraz w GEODECIE 2/2022 – red.]