

Mirosław Siergiejczyk<sup>1</sup>, Karolina Krzykowska<sup>2</sup>  
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

## Analiza zakresu wykorzystania automatycznego dozoru w ruchu lotniczym w Polsce

### 1. WPROWADZENIE

Z uwagi na obecny i planowany wzrost ruchu lotniczego oraz rozwój transportu lotniczego w Polsce konieczny jest ciągły rozwój ilościowy i jakościowy infrastruktury łączności, nawigacji i dozoru. Powinien być to rozwój zapewniający techniczne zabezpieczenie tego ruchu. Przy tym, uwzględnia się realizację ogólnoeuropejskich programów zarządzania ruchem lotniczym, w tym programów wykonawczych do Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej (SES) – np. SESAR (*Single European Sky ATM Research*).

Wobec zaistniałej sytuacji, Polska Agencja Żeglugi Powietrznej poszukuje nowych, zautomatyzowanych rozwiązań lepszego nadzoru przestrzeni powietrznej oraz powierzchni lotniska. Jednym z nich jest system automatycznego zależnego dozoru (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast ADS - B) uważany za kluczowy element systemów zarządzania ruchem lotniczym w przyszłości, na przykład – europejskiego SESAR, czy amerykańskiego NextGen. Jednakże jego szeroko zasięgowe wdrożenie planuje się dopiero na lata 2020 – 2025.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie potrzeby oraz zasadności zastosowania automatycznego dozoru w ruchu trasowym w Polsce. Do przygotowania pracy wykorzystano literaturę przedmiotu, publikacje EUROCONTROL oraz wyniki badań własnych.

### 2. ROZWÓJ PROGRAMU SESAR WYKORZYSTUJĄCEGO TECHNOLOGIĘ GNSS

Program SESAR (Single European Sky ATM Research) został stworzony do budowy nowoczesnego europejskiego systemu zarządzania ruchem lotniczym. Jest technologicznym i operacyjnym komponentem inicjatywy Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej (SES) powstałym w celu synchronizacji zwiększającej się przepustowości europejskiej przestrzeni powietrznej i potrzeb bezpieczeństwa [4]. Jako założyciel przedsięwzięcia SESAR wspólnie z Komisją Europejską, EUROCONTROL odgrywa kluczową rolę we wszystkich projektach [11]. Do podstawowych założeń programu można zaliczyć:

- wprowadzenie trajektorii biznesowych, które można określić jako trajektorie najbardziej zbliżone do założeń ustalonych przez wykonującego lot;
- zarządzanie trajektorią lotu, poprzez które planuje się wdrożenie nowego podejścia do projektowania i zarządzania przestrzeni powietrznej [7].

Zadania programu SESAR wobec infrastruktury CNS obejmują następujące kierunki rozwoju poszczególnych gałęzi:

- **w przypadku komunikacji** – wymagane są zaawansowane łącza danych wspierające zarządzanie trajektorią biznesową, czy separacjami; niezawodna i wydajna infrastruktura komunikacji powinna zapewniać usługę wysokiej jakości (*Quality of Service - QoS*) dla najbardziej wymagających użytkowników systemu; ruchomą część infrastruktury mają stworzyć trzy podsieci (linie stacji naziemnych, system satelitarny, część naziemna dedykowana lotniskom) [14];
- **w przypadku nawigacji** – projekt ma skupiać się na wykorzystaniu technologii nawigacyjnych zależnych od GNSS; wobec bazowych czujników nawigacji i rozwoju systemu – projekty SESAR mają na celu zdefiniowanie średnio i długoterminowego planu rozwoju GNSS, w tym oczekiwanej

<sup>1</sup> msi@it.pw.edu.pl

<sup>2</sup> karolina\_krzykowska1@o2.pl

konfiguracji konstelacji, sygnałów i systemów rozszerzających (SBAS i ABAS), uzupełnionych klasycznymi navaidami; w przypadku operacji podejścia, ILS Cat II / III powinno pozostać głównym systemem podejścia precyzyjnego i lądowania na lotniskach, w prognozach krótko terminowych przewidywane jest zwiększone wykorzystanie GBAS do wsparcia operacji precyzyjnego podejścia do lądowania [4];

- w przypadku dozoru - SESAR skupia się na stymulowaniu wykorzystania nowych technik dozoru, w tym ADS-B i WAM, które mogą zapewnić lepsze rezultaty pod względem dokładności, odświeżania danych, pokrycia i są potencjalnie bardziej wydajne niż tradycyjny SSR; przewidziana jest budowa stacji naziemnych ADS – B zintegrowanych z WAM oraz rozwój systemów wykorzystujących GNSS; inteligentne połączenie tych różnych technik nadzoru oraz poprawa wymiany danych pozwoli na racjonalizację infrastruktury (w szczególności w zakresie wielokrotnego nakładania się danych SSR), co powinno obniżyć koszty i zmniejszyć wpływ na zatłoczone pasma 1030/1090 MHz, przewidziany jest także rozwój ACAS [3].

Podsumowaniem zadań, które ma do zrealizowania program SESAR może być komentarz ze spotkania w Brukseli, które odbyło się 31 maja 2011 roku i było poświęcone projektowi unijnemu „Europejski Wspólny Obszar Powietrzny – SES II”. Na debacie zauważono między innymi, że:

- sukces SES II może wywołać konkurencyjność wśród europejskich linii lotniczych, z uwagi na nieoptymalne trasy podróży oraz wydłużony czas ich trwania;
- SESAR ma obniżyć poziom opłat nawigacyjnych o 50% do 2020 roku, umożliwić trzykrotny wzrost ruchu w przestrzeni powietrznej, zmniejszyć negatywne oddziaływanie operacji lotniczych na środowisko o 10%;
- SESAR zawiera podejście „gate to gate”, a więc odnosi się do całego procesu prowadzenia statku powietrznego, od rękawa na lotnisku odlotu do rękawa na lotnisku przylotu;
- istotnym elementem SESAR jest współpraca i koordynacja programowa z amerykańskim projektem NextGen, który dotyczy zastosowania technologii i systemów nowej generacji w kontroli ruchu powietrznego.

Podstawą funkcjonowania SESAR jest rozwój globalnego systemu nawigacji satelitarnej GNSS. Zgodnie z opublikowanym przez ICAO podręcznikiem GNSS (Global Navigation Satellite System) to zbiór różnych systemów satelitarnych (GPS Navstar, GLONASS, w przyszłości Galileo, Beidou, DORIS) oraz trzech podstawowych systemów wspomagających (ABAS, SBAS, GBAS) [6]. Jedyne różnice występujące pomiędzy systemami np. GPS i GLONASS polegają na zastosowanych sposobach kodowania sygnałów, układach odniesienia, w których podawana jest pozycja, czy wzorcach czasu. Istniejące konstelacje satelitarne nie zapewniają jednak czterech podstawowych funkcji sygnału, tj.: dokładności, ciągłości, wiarygodności i niezawodności działania. Dlatego też, budowane są struktury wspomagające działanie systemów nawigacji satelitarnej (WAAS, EGNOS, MSAS, LAAS, GAGAN, GRAS) [9]. Wszystkie systemy nawigacji satelitarnej mają tę samą strukturę, która dzieli się na trzy podstawowe części(segmenty):

- segment kosmiczny – konstelacja sztucznych satelitów Ziemi krążących na orbitach, wysyłających sygnały i informacje nawigacyjne;
- segment naziemny – stacje obsługi i nadzoru działania systemu;
- segment użytkowników – wszyscy odbiorcy informacji przekazywanej przez systemy nawigacyjne [6].

W tabelicy 1. przedstawiono zestawienie parametrów segmentu kosmicznego dla wybranych systemów satelitarnych, natomiast w tabelicy 2. zestawienie rozmieszczenia stacji w segmencie naziemnym.

Tabela 1. Zestawienie parametrów segmentu kosmicznego dla wybranych systemów satelitarnych

System	Liczba satelitów	Masa na orbicie (kg/satelita)	Moc (W/satelita)	Żywotność (lata)
GPS	31	~1000	~1000	Od 7 do 12
GLONASS	23	~1400	~1000	Od 3 do 12
Galileo	30	~700	~1600	Od 7 do 12

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J. Narkiewicz, *GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007 oraz J. Januszewski, *Systemy satelitarne GPS Galileo i inne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.

Tablica 2. Zestawienie rozmieszczenia stacji w segmencie naziemnym dla wybranych systemów satelitarnych

System	Centralna stacja nadzoru	Stacje śledzące
GPS	Schriever AFB Colorado Springs, USA	8, rozmieszczone w pasie równikowym
GLONASS	Krasnoznamens, Rosja	4, Rosja
Galileo	Włochy, Niemcy (?)	20: 16 równikowych, 4 polarne

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J. Narkiewicz, GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007 oraz J. Januszewski, Systemy satelitarne GPS Galileo i inne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.*

Segment użytkowników wykorzystuje informacje dostępne dzięki:

- wyznaczaniu pozycji obiektu:
  - faza częstotliwości nośnej;
  - różnica przesunięć sygnału;
  - pseudoodległość z pomiarem kodów;
  - różnica pseudoodległości;
- wyznaczaniu czasu obiektu:
  - metoda kodowa;
  - metoda fazowa;
  - wyznaczaniu położenia obiektów w przestrzeni.

Dodatkowo, można wyróżnić następujące metody wspomaganie systemów nawigacji satelitarnej [6]:

- monitorowanie przez odbiorniki:
  - RAIM - Receiver Autonomous Integrity Monitoring;
  - ABAS – Aircraft Based Augmentation System;
  - AAIM – Aircraft Autonomous Integrity Monitoring;
- systemy wspomagające naziemne GBAS:
  - DGPS;
  - NDGPS (USA);
- systemy wspomagające satelitarne SBAS:
  - WAAS (USA);
  - MSAS (Japonia);
  - EGNOS (Europa);
  - pseudolity – urządzenia naziemne działające jak dodatkowe satelity;
  - systemy informacyjne.

System EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) jest systemem europejskim wspomagającym systemy GPS i GLONASS w zakresie transportu lotniczego, morskiego i lądowego. Został zaprojektowany przez grupę ETG (European Tripartite Group), w której skład wchodzi: Europejska Agencja Przestrzeni Kosmicznej ESA, Komisja Europejska EC oraz Europejska Organizacja Bezpieczeństwa Nawigacji Powietrznej EUROCONTROL [6]. Celem EGNOS jest monitorowanie wiarygodności GPS i GLONASS oraz zwiększenie ich dokładności poprzez wprowadzenie korekcji danych [1].

### 3. CHARAKTERYSTYKA AUTOMATYCZNEGO ZALEŻNEGO DOZOROWANIA

System automatycznego zależnego dozoru (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) jest niskokosztowym systemem dozoru, który zapewnia okresowe transmitowanie parametrów statku powietrznego (identyfikacja, położenie) poprzez tryb transmisji łącza danych. Informacja z ADS – B jest nadawana bez względu na to, który z użytkowników będzie ją odbierał (inny statek powietrzny, kontroler ruchu lotniczego) i bez oczekiwania na odpowiedź tego użytkownika. Niemniej jednak, wymagane jest, aby informacja była udostępniana na obszarach objętych dozorem przez służby kontroli ruchu lotniczego. Każdy użytkownik, zarówno w przestrzeni powietrznej, jak i w stacji naziemnej może wybrać sposób użytkowania systemu: otrzymywanie, przetwarzanie lub wyświetlanie informacji.

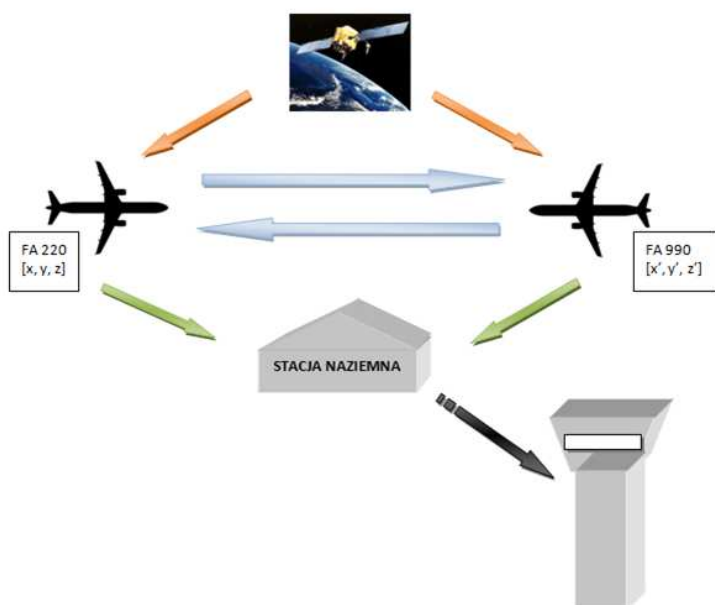
ADS – B jest systemem automatycznym. Automatyczny, w tym przypadku oznacza, że działa sam i nie wymaga od załogi samolotu lub służb kontroli ruchu lotniczego udostępniania informacji dotyczącej położenia statku powietrznego. System ADS - B jest systemem zależnym w sensie polegania na źródle oraz metodzie nadawania informacji o położeniu statku powietrznego (w tym przypadku na globalnym systemie nawigacji satelitarnej GNSS) [5].

System ADS – B zapewnia usługę dozoru na obszarach zarówno z radarami, jak i bez nich. Może zatem wspomóc pracę radaru zapewniając większą dokładność wyznaczania położenia statku powietrznego. Obecnie, ADS jest system pełniącym funkcję głównie doradczą w statku powietrznym, a nie operacyjną. Przyszłościowe zastosowania ADS – B dążą do wspomagania służby poszukiwania i ratownictwa, czy do monitorowania statków powietrznych przez operatorów flot [3]. ADS składa się z dwóch podstawowych komponentów, tj.:

- element będący wyposażeniem awioniki statku powietrznego wraz z wyświetlaczem w kokpicie;
- stacja naziemna (ground – based transceiver GBT).

System automatycznego zależnego dozoru jest uważany za kluczowy element systemów zarządzania ruchem lotniczym w przyszłości, na przykład – europejskiego SESAR, czy amerykańskiego NextGen. Jednakże jego szeroko zasięgowe wdrożenie planuje się dopiero na lata 2020 – 2025.

W przeciwieństwie do obecnie stosowanych technik dozoru, system ADS – B zainstalowany w statku powietrznym – samodzielnie określa jego położenie oraz inne parametry i przesyła je do stacji naziemnej oraz innych użytkowników. Dane te mogą być określone na przykład dzięki GPS. Aktualizacja ich odbywa się raz na sekundę. Informacje dostarczone kontrolerom ruchu lotniczego zawierają: identyfikację statku powietrznego, wysokość, na której znajduje się statek powietrzny, prędkość, planowaną ścieżkę podejścia, ciśnienie [8]. Na rys. 1. została przedstawiona ogólna zasada działania ADS – B.



Rys. 1. Uogólniona zasada działania ADS – B

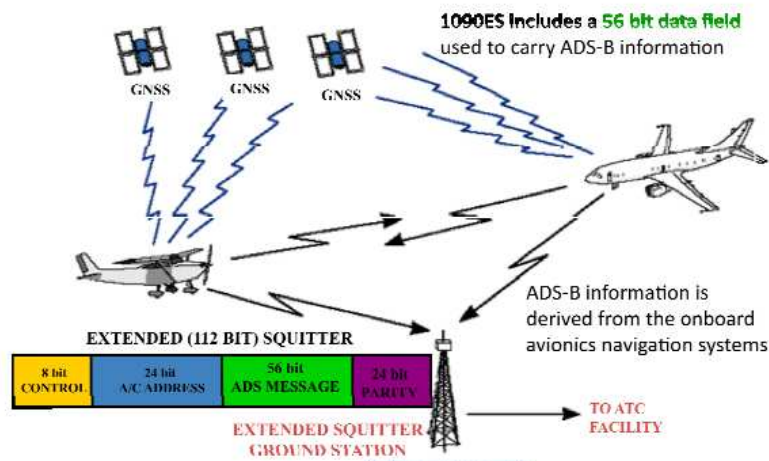
Źródło: Opracowanie własne na podstawie:  
*ADS – B Technologies, www.ads-b.com,*  
*kwiecień 2012 r.*

Można zatem określić, że zasada działania ADS – B polega samodzielnym określeniu parametrów statku powietrznego dzięki GNSS/GPS i nadaniu tych informacji przez statek powietrzny do wyspecjalizowanych stacji naziemnych, które następnie rozkodują dane i przekażą je kontrolerom ruchu lotniczego.

Określanie pozycji pojazdu za pomocą satelitów systemów nawigacyjnych zależy od przyjętej zasady działania danego systemu i rodzaju mierzonego parametru. Najczęściej zasada działania polega na określeniu lokalizacji użytkownika na podstawie zmierzonych wartości parametrów pozycyjnych w stosunku do satelitów. Sposób określenia położenia satelity zależy m.in. od rodzaju orbity. W przypadku satelity geostacjonarnej współrzędne jego pozycji są znane i niemal stałe w stosunku do segmentu naziemnego. W przypadku orbit eliptycznych – współrzędne pozycji satelity zależą od czasu i są określane

różnymi metodami, np. w przypadku GPS i GLONASS – współrzędne obliczane są w odbiorniku użytkownika na podstawie znajomości elementów orbit wszystkich wykorzystywanych satelitów. Zarówno w GPS, jak i w GLONASS satelity emitują sygnały na dwóch częstotliwościach modulowanych w fazie informacjami pozyskanymi z cyfrowej pamięci satelity.

Forma wiadomości wysyłanej przez ADS pojazdu to pakiet informacji zawarty 56 – bitowym polu danych rozbudowanego 112 – bitowego squitter'a przesyłanego na częstotliwości 1090 MHz. Pakiet ten zawiera zestaw zdefiniowanych parametrów pojazdu. Wiadomość ADS – B spełnia dwie funkcje: ADS – B Out (związana z przekazywaniem informacji) i ADS – B In (związana z otrzymywaniem informacji). Poniżej przedstawiono uproszczony schemat funkcjonalny ADS – B [5].



Rys. 2. Uproszczony schemat funkcjonalny ADS – B

Źródło: *Guidance for the Provision of Air Traffic Services Using ADS-B for Airport Surface Surveillance (ADS-B-APT)*, EUROCONTROL.

System ADS – B został stworzony do wspomagania służb kontroli ruchu lotniczego, zwłaszcza na obszarach objętych także dozowaniem radarowym. Wśród jego zadań jest pełnienie określonych funkcji wobec służb kontroli obszaru oraz kontroli zbliżania, na przykład:

- dążenie do redukcji opóźnień statków powietrznych;
- zapewnianie przydzielania tras statkom powietrznym;
- zapewnianie wek torowania statków powietrznych oraz wykrywania potencjalnych kolizji;
- utrzymanie separacji oraz płynności ruchu lotniczego;
- kontrola toru lotu statków powietrznych;
- wsparcie kontrolerów dodatkowymi informacjami o ruchu lotniczym.

System ADS – B jest bardzo popularny w Stanach Zjednoczonych, na co warto zwrócić szczególną uwagę, tzn. między innymi wyodrębniono tam dwa łącza danych przystosowane do ADS – B: 1090 MHz extender squitter (1090 ES) oraz przekaźnik o dostępie uniwersalnym (Universal Access Transceiver UAT). 1090 ES jest łączem dedykowanym dla lotnictwa komunikacyjnego oraz wojskowego, natomiast UAT został stworzony dla general aviation. Dla kontrolera ruchu lotniczego typ łącza w sensie wyświetlania danych – nie ma znaczenia, ponieważ są dane są wyświetlane tak samo. Dodatkowo, wspomniane łącza poza ADS – B obsługują także usługi wspierające system, to jest TIS – B (Traffic Information Service – Broadcast) oraz FIS – B (Flight Information Services – Broadcast).

TIS – B jest usługą, której zadaniem jest nadawanie informacji o ruchu lotniczym ze stacji naziemnych statkom powietrznym wyposażonym w ADS – B. Źródłem danych są radary dozowania. Zaletą tej aplikacji jest zwiększanie świadomości sytuacyjnej pilota. FIS – B z kolei zajmuje się nadawaniem informacji meteorologicznej (np. METAR, SPECI, TAF) oraz innych, dodatkowych informacji lotniczych (NOTAM). Zaletą FIS – B jest umożliwianie pilotowi pozyskiwania informacji na temat aktualnej sytuacji meteorologicznej w powietrzu oraz na lotniskach [3].

#### 4. ANALIZA ZAKRESU WYKORZYSTANIA AUTOMATYCZNEGO DOZOROWANIA NA WYBRANYM OBSZARZE W POLSCE

Obecnie, na rynku istnieją niewielkie odbiorniki ADS – B przeznaczone do użytku lokalnego. Jednym z nich jest AirNav RadarBox 3D. Jest to dekodery ADS – B działający w czasie rzeczywistym. Zaletą urządzenia jest duży zasięg obszaru (nawet do 250 km) obejmowany niewielką anteną zawartą w zestawie. Wadą jest wyjątkowo duża czułość na przeszkody. Urządzenie jest wyposażone w odpowiednie oprogramowanie, które umożliwia śledzenie statków powietrznych w zasięgu odbiornika. Powinno ono wykrywać wszystkie urządzenia wyposażone w transpondery. Dzięki oprogramowaniu można uzyskać informacje takie, jak [2]:

- rodzaj statku powietrznego;
- linia lotnicza;
- kod Mode S;
- trasa statku powietrznego;
- posiadanie ADS – B w wyposażeniu statku powietrznego;
- flight ID;
- rejestracja statku powietrznego;
- flight level FL.

W oprogramowaniu występuje także opcja połączenia z siecią internetową i pozyskania danych o ruchu lotniczym w danej chwili na całym świecie. Ponadto, istnieje możliwość zaznaczenia na mapie wszystkich rodzajów radiolatarni, większych dróg, miast, rzek, lotnisk. Dzięki językowi SQL możliwe jest tworzenie zapytań wyznaczających wyłącznie statki powietrzne o określonych parametrach. Na rysunku 3 przedstawiony jest następujący filtr: „Airline” = „Ryanair” oraz został on uszeregowany alfabetycznie względem rejestracji statków powietrznych (II kolumna Registration).

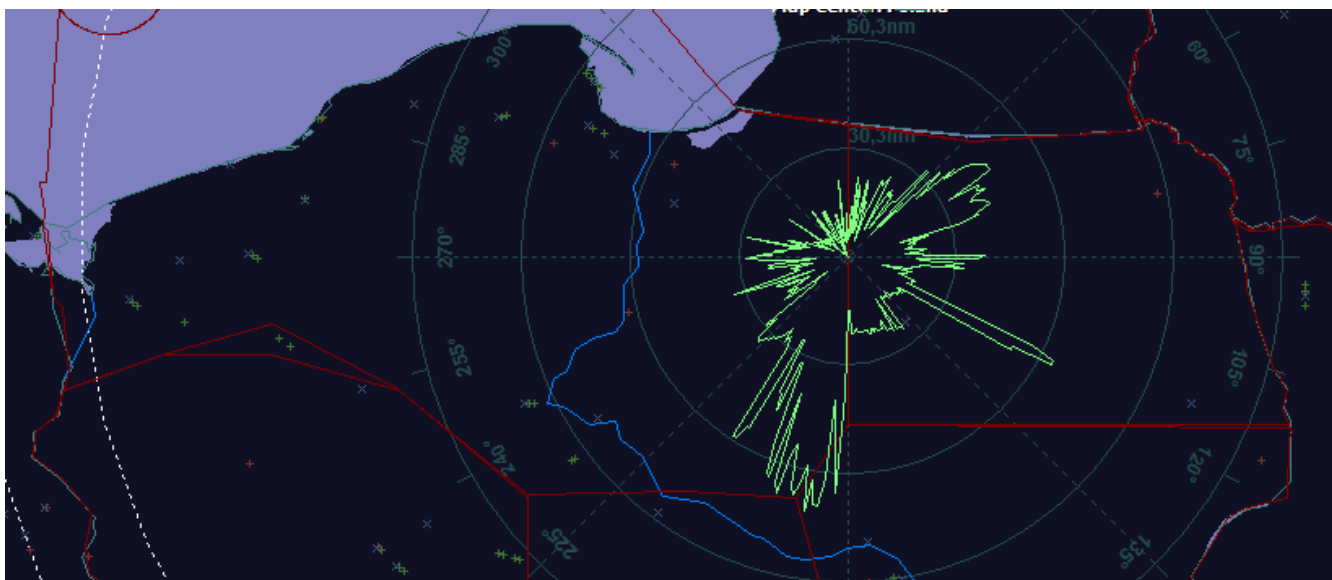
ModeS	Registration	A/C Type	A/C Name	ModeS/Country	Airline	ADSB	FirstTime	LastTime
4CA1D3	EI-DAO	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/11 23:18:20	2011/12/11 23:21:44
4CA244	EI-DCN	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/24 14:29:16	2011/12/28 20:50:49
4CA24D	EI-DCY	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/11/27 11:41:22	2011/11/27 11:53:52
4CA25A	EI-DHE	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/11/27 19:19:00	2011/11/27 19:19:33
4CA267	EI-DHK	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/27 17:12:22	2011/12/31 14:34:13
4CA2AB	EI-DHX	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/11/26 18:38:59	2011/11/26 18:41:43
4CA2D7	EI-DLK	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/11 17:15:03	2011/12/11 17:27:43
4CA301	EI-DLV	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/26 19:59:42	2011/12/26 20:19:09
4CA302	EI-DLW	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/12 12:22:40	2011/12/31 16:08:20
4CA303	EI-DLX	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/30 12:38:22	2011/12/30 12:38:59
4CA4F7	EI-DPT	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/10 19:03:49	2011/12/10 19:14:35
4CA569	EI-DWD	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/11/27 17:09:25	2011/11/27 17:20:16
4CA571	EI-DWL	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/29 13:39:29	2011/12/30 17:13:07
4CA61C	EI-DWO	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/29 18:33:55	2011/12/29 18:34:25
4CA621	EI-DWT	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/28 18:11:32	2011/12/28 18:24:38
4CA622	EI-DWV	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/27 18:49:23	2011/12/27 18:54:27
4CA739	EI-EBP	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/12 13:05:58	2011/12/12 13:08:49
4CA76A	EI-EFO	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/28 16:08:28	2011/12/31 14:30:12
4CA7A7	EI-EFP	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/11 18:52:11	2011/12/11 20:48:30
4CA7AB	EI-EFV	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/12/11 17:21:19	2011/12/11 17:21:55
4CA8F8	EI-EFM	B738	Boeing 737-8AS	Ireland	Ryanair	Y	2011/11/26 17:24:15	2011/11/27 19:25:49

Rys. 3. Filtr w oprogramowaniu AirNav RadarBox

Źródło: AirNav RadarBox Manual, Copyright 2010 by AirNav Systems.



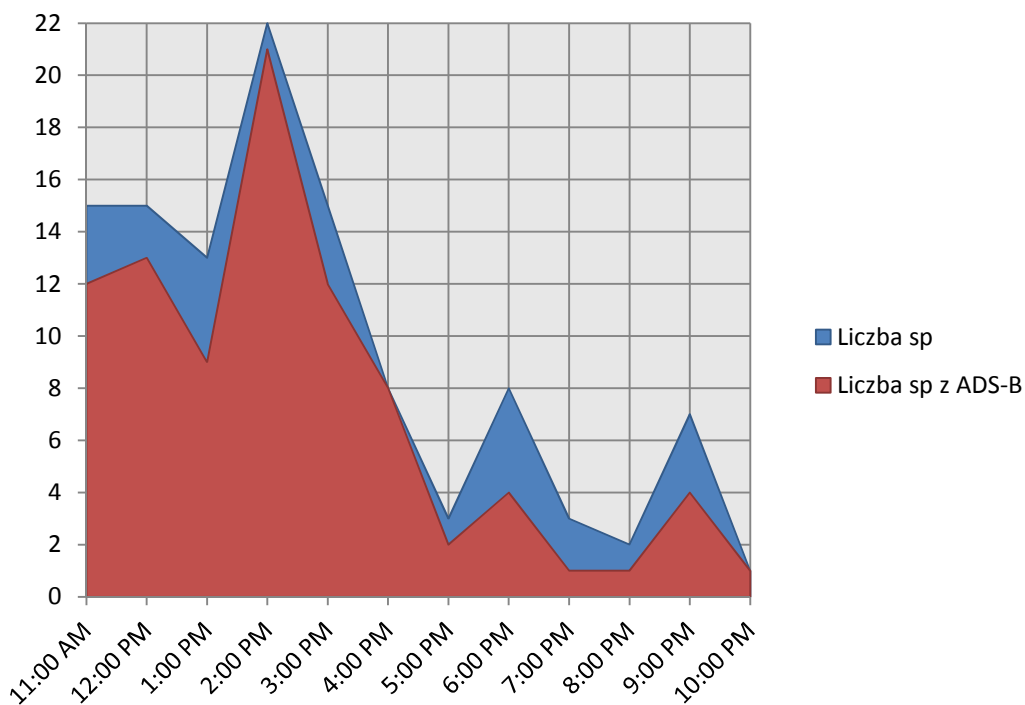
Aby przeanalizować zakres wykorzystania ADS – B w ruchu lotniczym w Polsce – przeprowadzono szereg pomiarów liczby statków powietrznych wyposażonych w ten system nad wybranym obszarem. Do pomiarów wykorzystano odbiornik AirNav RadarBox 3D i wykonano je w Olsztynie (53,779 N 20,489 E). Odbiornik ustawiono na dachu budynku o wysokości 11 m, z anteną w kierunku południowo – wschodnim. Poniżej na rys. 4 przedstawiono charakterystykę anteny (kolor zielony), jaka została wyrysowana poprzez przelatujące statki powietrzne (nie jest to jednak rzeczywisty zasięg anteny).



Rys. 4. Charakterystyka anteny nad wybranym obszarem Polski

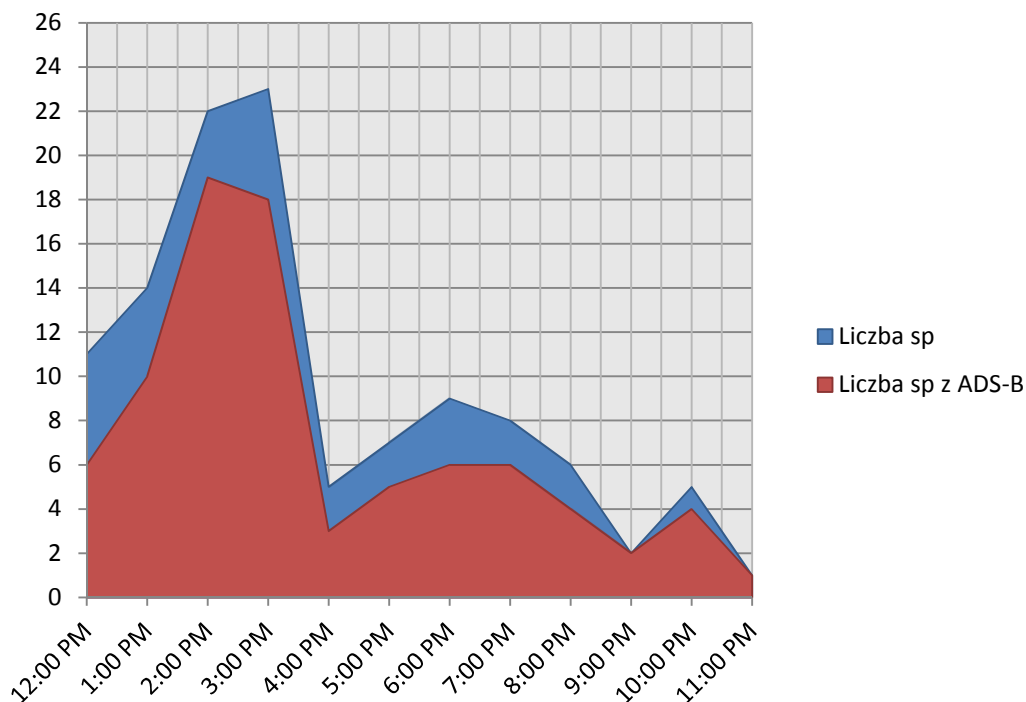
Źródło: AirNav RadarBox Manual, Copyright 2010 by AirNav Systems.

W niniejszym artykule przedstawiono jedynie próbkę pomiarów, które wykonano na przełomie kilku miesięcy. Na ich podstawie przeprowadzona analiza zakresu wykorzystania ADS – B na wybranym obszarze wykazuje przesłanki do rozważań o zasadności stosowania tego systemu.



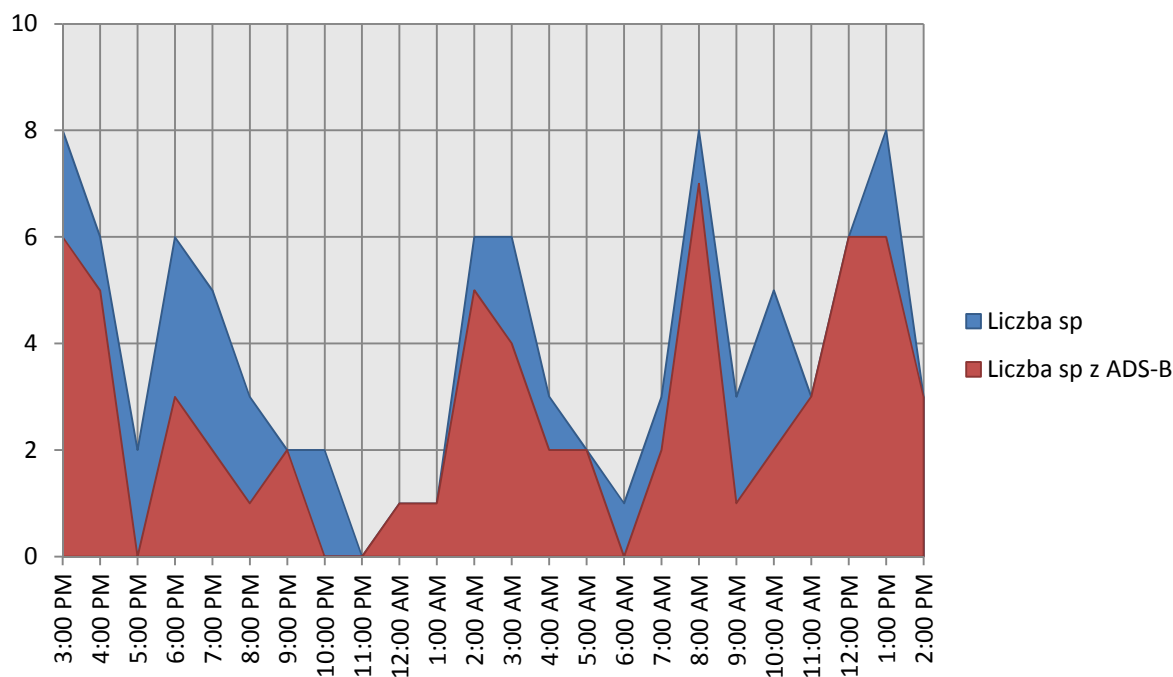
Rys. 5. Liczba statków powietrznych wyposażonych w ADS - B w dniu 27.11.2011 roku nad wybranym obszarem Polski

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników pomiarów.



Rys. 6. Liczba statków powietrznych wyposażonych w ADS - B w dniu 11.12.2011 roku nad wybranym obszarem Polski

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników pomiarów.



Rys. 7. Liczba statków powietrznych wyposażonych w ADS - B w dniu 9 – 10.03.2012 roku nad wybranym obszarem Polski

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników pomiarów.

W sumie spośród zarejestrowanych 318 statków powietrznych – 236 było wyposażonych w ADS – B, co stanowi 74,2 % wszystkich sp. W perspektywie wdrażania automatycznego dozoru w Polsce za około 10 lat – jest to duży odsetek. Ponadto, warto zauważyć, że w godzinach, w których ruch lotniczy był natężony dla każdej z próbek, tj. 1:00 PM – 2:00 PM, liczba statków powietrznych wyposażonych w ADS – B stanowiła niemal 90 % wszystkich pojazdów, co stanowi wysoki odsetek i daje perspektywy na przyszłość, tzn. można wziąć pod uwagę system ADS – B jako wspomaganie dozoru w Polsce.



Dodatkowo, zarejestrowano szereg linii lotniczych, których statki powietrzne nie są wyposażone w urządzenia ADS – B, co jest niewątpliwie warte uwagi. Przewoźników tych zawarto w tablicy 3.

Tablica 3. Linie lotnicze niewyposażające statki powietrzne w urządzenia ADS - B

ADS - NO	
Atlantic Airlines	United Kingdom
Belavia	Belarus
British Airways	United Kingdom
Cimber Sterling	Denmark
Emirates	United Arab Emirates
Etihad Airways	United Arab Emirates
EuroLOT	Poland
LOT Polish Airlines	Poland
Qantas	Australia
Qatar Airways	Qatar
Ryanair	Ireland
Thai Airways International	Thailand
Turkish Airlines	Turkey

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników pomiarów.*

## 5. PODSUMOWANIE

Z pomiarów przedstawionych w powyższych rozdziałach można wywnioskować, że system automatycznego dozoru (ADS) jest wykorzystywany w dużym zakresie przez statki powietrzne przelatujące nad obszarem Polski. Wobec tego, warto zastanowić się nad słusznością wykorzystania takiego systemu jako wspomaganie służb kontroli ruchu lotniczego w dozowaniu. Zgodnie z istniejącymi trendami na świecie, krokiem w stronę implementacji takiej technologii nadzoru w Polsce byłaby budowa stacji naziemnej obsługującej ADS – B. Ponadto, w przyszłości, wraz z idącym postępem w zakresie certyfikacji ADS, system być może mógłby pełnić funkcję trzeciej warstwy pokrycia radiolokacyjnego na obszarach, gdzie jest to niezbędne. Zasadność zastosowania ADS mogą dodatkowo potwierdzić jego mocne strony takie, jak:

- korzystanie z systemów satelitarnej jest obecnie najtańszą formą pozyskiwania danych o położeniu pojazdu, jego prędkości i innych parametrach;
- wykorzystanie ADS prowadzi do dużych, rocznych oszczędności na paliwie oraz do redukcji emisji CO<sub>2</sub> nawet o kilkadziesiąt tysięcy ton;
- dzięki ADS piloci uzyskują większą świadomość sytuacyjną;
- system może znacznie zmniejszyć poziom obciążenia pracą pilota oraz kontrolera ruchu lotniczego.

## Streszczenie

Wzrost wielkości ruchu lotniczego w Polsce wymusza ciągłą modernizację systemów nawigacji, łączności i dozorowania. Warto zauważyć, że poza rozwojem infrastruktury – wdrażane są nowe technologie w każdej z tych dziedzin, to jest: w zakresie łączności – łącza danych, nawigacji – GNSS (*Global NavigationSatellite System*), dozorowania – automatyczne zależne dozorowanie (ADS). Przy tym, uwzględnia się realizację ogólnoeuropejskich programów zarządzania ruchem lotniczym, w tym programów wykonawczych do Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej (SES) – np. SESAR (*SingleEuropeanSky ATM Research*). Celem artykułu jest przedstawienie analizy zakresu wykorzystania systemu automatycznego dozorowania na wybranym obszarze w Polsce. Do realizacji celu wykorzystano próbkę przeprowadzonych pomiarów własnych. Analiza ta miałaby być przesłanką do rozważań nad zastosowaniem takiego systemu jako wspomaganie służb kontroli ruchu lotniczego w dozorowaniu. Koncepcja mogłaby być alternatywą do tradycyjnego nadzoru radarowego. Do przygotowania pracy wykorzystano literaturę przedmiotu oraz dostępne publikacje EUROCONTROL.

Słowa kluczowe: ruch lotniczy, dozorowanie, GNSS.

## The analysis of use of automatic dependent surveillance in en – route traffic in Poland

### Abstract

The increase of air traffic volume in Poland forces the continuous modernization of navigation, communication and surveillance systems. It is worth noting that except for infrastructure development - new technologies are implemented in each of these areas, namely: communication - data link, navigation - GNSS (Global NavigationSatellite System), surveillance - automatic dependent surveillance (ADS). At the same time, it is taken into account the implementation of European air traffic management programs, including programs for the Single European Sky (SES) - such as SESAR (SingleEuropeanSky ATM Research). This article presents the analysis of the possible use of automatic surveillance system as a third layer of radar coverage in the north - eastern Poland. This concept would be an alternative to the use of traditional radar coverage. For the preparation of this paper the literature and publications at EUROCONTROL were used.

Keywords: air traffic, surveillance, GNSS.

## LITERATURA

- [1] Academie de Marine Bureau des Longitudes Academie Nationale de l'Air et de l'Espace, System nawigacyjny Galileo Aspekty strategiczne, naukowe i techniczne, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
- [2] AirNav RadarBox Manual, Copyright 2010 by AirNav Systems.
- [3] Air Traffic Bulletin, U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, Washington 2005.
- [4] CNS (Communication, Navigation, Surveillance) Technology in SESAR, www.sesarju.eu, maj 2012r.
- [5] Guidance for the provision of Air Traffic Services Using ADS – B in Radar Airspace (ADS – B – RAD), European Organisation For The Safety Of Air Navigation, Brussels 2008.
- [6] Januszewski J.: Systemy satelitarne GPS Galileo i inne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [7] Krzykowska K.: Koncepcja wdrożenia nowoczesnych systemów naziemnych detekcji sytuacji ruchowych dla wybranego lotniska. Praca dyplomowa inżynierska, WT PW, Warszawa 2011.
- [8] Krzyżanowski M.: Metoda planowania tras przelotu statków powietrznych w górnej przestrzeni, Rozprawa doktorska, WT PW, Warszawa 2011.
- [9] Narkiewicz J.: GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007.
- [10] Multilateration Executive Reference Guide, Creativerge, 2007.
- [11] Plan wprowadzenia Europejskiej Wspólnej Przestrzeni Powietrznej, www.prtl.pl, maj 2012r.
- [12] ROZPORZĄDZENIE RADY (WE) NR 219/2007 z dnia 27 lutego 2007 r. w sprawie utworzenia wspólnego przedsięwzięcia w celu opracowania europejskiego systemu zarządzania ruchem lotniczym nowej generacji (SESAR).
- [13] Rydzkowski W.(red.), Wojewódzka – Król K.(red.): Transport, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [14] SESAR and Research, www.eurocontrol.int, maj 2012r.
- [15] SRC Position Paper Preliminary Safety Case Automatic dependant Surveillance Broadcast, Non Radar Areas (ADS – B – NRA) Version 1.1., EUROCONTROL, 2009.