

**SIERGIEJCZYK Mirosław, KRZYKOWSKA Karolina**

## **ANALIZA I OCENA WYBRANYCH SYSTEMÓW DOZOROWANIA W RUCHU LOTNICZYM**

### *Streszczenie*

*Wielkość ruchu lotniczego zarówno w Polsce, jak i w całej Europie nieustannie wzrasta. Proces ten generuje nowe potrzeby w zakresie nadzoru ruchu w powietrzu i na ziemi. W niniejszym artykule przedstawiono wybrane metody dozоровania, skupiając się na terenie lotniska. Poddano je również ocenie. Szczególnie skupiono się na zintegrowanym systemie nadzoru lotniska (A – SMGCS). Artykuł podsumowano oceną stanu jakości dozоровania na Lotnisku Chopina w Warszawie oraz analizą korzyści wdrożenia nowym systemów. Posłużono się literaturą przedmiotu oraz dostępnymi normami i zarządzeniami.*

### **WSTĘP**

Techniki radiolokacyjne przedstawiono po raz pierwszy w latach trzydziestych XX wieku. Potrzeba wyniknęła z groźby licznych ataków lotniczych w przyszłej wojnie. Pierwsze urządzenia radarowe wywodziły się z urządzeń radiokomunikacyjnych zakresu HF i VHF. Radiolokacja, bowiem jest działem radiokomunikacji i polega na wykorzystywaniu fal elektromagnetycznych do wykrywania obiektów w przestrzeni, jak również do wyznaczania ich położenia oraz parametrów ruchu.

W lotnictwie, powstanie i rozwój radiolokacji jest ściśle związany z potrzebami naziemnej kontroli lotów, która dysponując obrazem sytuacji w powietrzu udziela wskazówek nawigacyjnych pilotowi za pomocą radia. Rozróżnia się dwa rodzaje radiolokacji ze względu na sposób działania. Istnieje radiolokacja aktywna i pasywna. Aktywna polega na wysyłaniu fal radiowych w kierunku lokalizowanego obiektu, a następnie na oczekiwaniu na odpowiedź i odebraniu jej w postaci na przykład odbitego echa radiowego. Pasywna dotyczy wyłącznie odbioru fal elektromagnetycznych powstałych wskutek promieniowania własnego obiektu wykrywanego. Odległość obiektu od urządzenia radiolokacyjnego, np. radaru, jest ustalana na podstawie pomiaru czasu przebycia drogi od radiolokatora do wykrywanego obiektu i z powrotem przez falę elektromagnetyczną emitowaną z anteny. Wzrost pojemności przestrzeni powietrznej oraz przepustowości portów lotniczych przypadający na lata dziewięćdziesiąte XX wieku sprawił, że radary stały się podstawowym źródłem dozоровania w lotnictwie. Skupiono się przede wszystkim na doskonaleniu ich funkcjonalności poprzez zmiany w budowie.

### **1. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW RADAROWYCH**

W technice radiolokacji lotniczej przeważają radary impulsowe. Radar impulsowy pracuje w pewnym rytmie, za który odpowiedzialny jest generator taktujący. Uproszczoną zasadę działania radaru impulsowego można przedstawić następująco: krótkie impulsy wytwarzane przez generator stymulują wytwarzanie impulsów wysokiego napięcia o określonym czasie

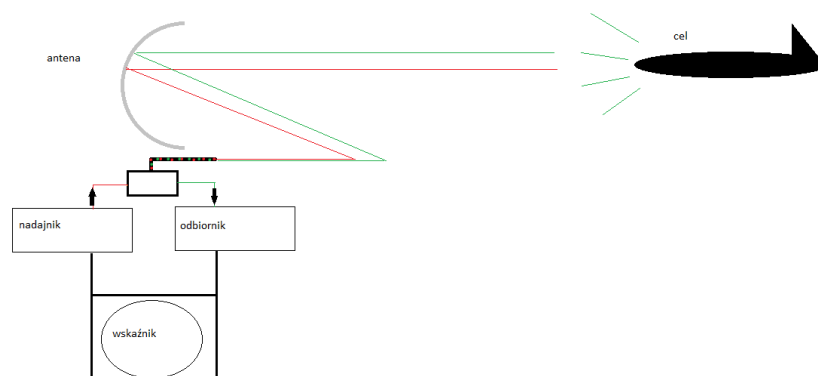
trwania w nadajniku, a te z kolei przyczyniają się do powstania impulsów sondujących. Za pomocą anteny impulsy sondujące wypromieniowane są w przestrzeń w postaci fali elektromagnetycznej. Wraz z uruchomieniem nadajnika zainicjowany jest pomiar czasu upływającego od chwili wyemitowania w przestrzeń impulsów sondujących do momentu ich powrotu po ewentualnym odbiciu od wykrytego obiektu.

Niezwykle istotnym elementem radaru jest antena. Jest to często najbardziej kosztowny element, dlatego też przywiązuje się bardzo dużą wagę do jego parametrów. Anteny radiolokacyjne zalicza się do anten aperturowych. Charakteryzują się one wyróżnioną powierzchnią, aperturą, przez którą fala elektromagnetyczna przechodzi z wolnej przestrzeni do linii transmisyjnej. Najbardziej znane anteny tego typu to antena tubowa i antena paraboliczna. Antena, w przypadku radaru impulsowego, jest wspólna dla nadajnika i odbiornika. Pełni ona następujące funkcje:

- pośredniczy w transmisji danych pomiędzy aparaturą nadawczą – odbiorczą w przestrzeni,
- koncentruje promieniowaną energię w określonym kierunku,
- odbiera energię odbitą przez obiekt,
- zapewnia wymagane pokrycie przestrzeni otaczającej radar,
- często ustala czas między kolejnymi obserwacjami celu,
- pośredniczy w wyznaczaniu kierunku, z którego przychodzi sygnał echa.

W procesie kontroli ruchu lotniczego można wyróżnić dwie zasadnicze kategorie radarów: radary pierwotne (radar precyzyjnego podejścia PAR, radar kontroli zbliżania ASR, radar kontroli obszaru ARSR, radar kontroli powierzchni lotniska SMR) oraz radary wtórne.

Zasada działania radaru pierwotnego polega na wypromieniowaniu przez antenę energii odpowiednio ukierunkowanej. Źródłem fal w radarach pierwotnych jest nadajnik. To w nim są formowane impulsy sondujące. W przypadku radarów, w których wymagana jest obserwacja okrężna, wiązka nadawcza musi być wąska i wysoka. W takich radarach najczęściej spotyka się anteny paraboliczne. O zakresie kierunków obserwacji decyduje ruch anteny, więc antena stacji radiolokacyjnej obserwacji okrężnej wykonuje pełne obroty. Prędkość obrotów jest adekwatna do zastosowania: radar kontroli obszaru obraca się dość wolno (około 6 obrotów na minutę), ponieważ ważna jest dokładność na maksymalnym zasięgu, anteny radarów trasowych obracają się 10 razy na minutę, a radarów kontroli zbliżania 15 do 16 razy na minutę. Uproszczony schemat działania radaru pierwotnego został przedstawiony na rys. 1.



**Rys. 1.** Uproszczony schemat działania radaru pierwotnego

Źródło: Opracowanie własne

Obecnie, precyzyjne podejście do lądowania zapewniają pilotom przede wszystkim urządzenia nawigacyjne (ILS). Zatem, radar precyzyjnego podejścia wykorzystuje się przede

wszystkim w przypadku trudnych warunków pogodowych oraz złej widoczności w końcowej fazie lądowania. Radar ten jest połączeniem dwóch radarów, a właściwie dwóch anten, które skanują przestrzeń poziomo oraz pionowo. Jedna z anten przeszukuje wąski sektor kątów azymutu (ok.  $10^\circ$ ) – wyznacza kurs, druga w tym czasie skanuje sektor kątów elewacji (od  $-1^\circ$  do  $+6^\circ$ ) – wyznacza ścieżkę zniżania statku powietrznego. Radar PAR najczęściej ustawiany jest obok pasa startowego lub pomiędzy dwoma pasami. Zasięg wykrywania statków powietrznych przez PAR wynosi ok. 30 km.

W dzisiejszych czasach w dużej mierze radary PAR zostały zastąpione systemem ILS, zwłaszcza na dużych lotniskach. Jednakże, radary precyzyjnego podejścia wciąż mają zastosowanie w lotnictwie wojskowym. Ich główną zaletą jest mobilność, a zatem istnieje możliwość przeniesienia radaru do dowolnie oddalonego miejsca i przystosowanie go do gotowości operacyjnej w ciągu zaledwie jednego dnia.

Radar kontroli zbliżania jest radarem pierwotnym o zasięgu 100 – 150 km. Instaluje się go w pobliżu lotnisk cywilnych i wojskowych w celu umożliwienia udostępniania kontrolerom ruchu lotniczego informacji o separacjach między statkami powietrznymi.

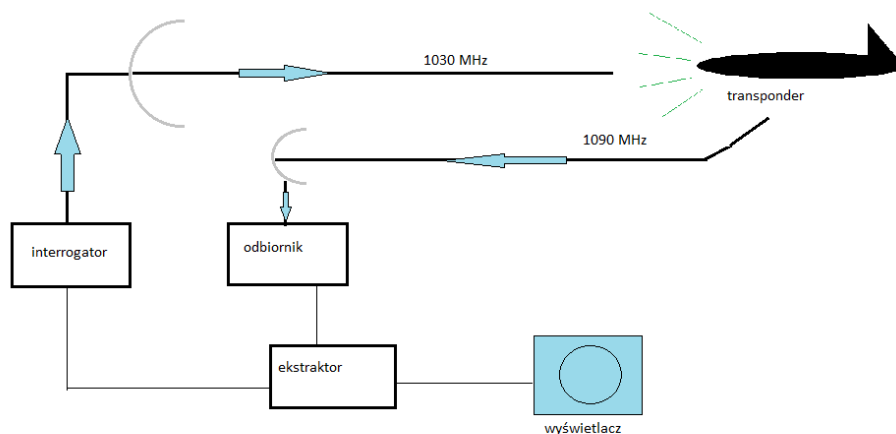
W Polsce na lotniskach cywilnych stosuje się radary ASR wyprodukowane przez amerykańską firmę Westinghouse, a na lotniskach wojskowych wykorzystuje się polskie radary, np. AVIA – W. Przykładem tego typu urządzeń może być eksploatowany na Lotnisku Chopina w Warszawie radar ASR – 9 o parametrach typowych dla radarów kontroli zbliżania.

Radar kontroli obszaru jest radarem pierwotnym dalekiego zasięgu (300 – 500 km). W porównaniu do radarów ASR – radary kontroli obszaru mają większe anteny obracające się wolniej, co umożliwia odbieranie odległych sygnałów echa oraz emitują większe moce z mniejszą częstotliwością powtarzania impulsów. ARSR oraz ASR to radary stacjonarne – takie, w których anteny instalowane są na wysokich wieżach.

Wraz ze wzrostem ruchu lotniczego na świecie, zwiększa się zapotrzebowanie na instalowanie specjalistycznych radarów obserwacji powierzchni lotniska. Kontrola ruchu naziemnego jest prowadzona przez odpowiednich kontrolerów. Przy dobrych warunkach pogodowych oraz niewielkiej powierzchni lotniska wystarczające jest dozоровanie wzrokowe. Jest to jednak niemożliwe przy rozległych portach lotniczych, czy zmniejszonej widzialności. Stosuje się więc radar SMR. Zasięg takiego radaru jest nie mniejszy niż 5 km. Jego istotną cechą jest duża rozróżnialność tak, aby pojazdy oraz obiekty były wyraźnie widoczne.

Radar SMR jest nieodłącznym elementem systemu ASDE (Airport Surface Detection Equipment) od wielu lat popularnego w Stanach Zjednoczonych. System ten umożliwia kontrolerom ruchu lotniczego wykrywanie potencjalnych strumieni kolizyjnych poprzez udostępnianie informacji o ruchu na pasie startowym i drogach kołowania.

Można określić, że uzupełnieniem radaru wtórnego jest radar pierwotny, także fizycznie. Obserwując bowiem anteny radarów kontroli ruchu lotniczego, o ile nie są osłonięte charakterystyczną kopułą, łatwo dostrzec belkę umieszczoną nad lustrami anten (także w przypadku Lotniska Chopina w Warszawie – nad radarem ASR jest radar SSR). Radar wtórny widzi tylko statki powietrzne wyposażone w transponder, czyli bezprzewodowe urządzenie komunikacyjne, dzięki czemu identyfikuje statek powietrzny oraz określa jego wysokość. Zasada działania radaru SSR polega na wysłaniu ciągu impulsów na danej częstotliwości (1030 MHz) i oczekiwaniu na odpowiedź. Transponder odpowie na częstotliwości 1090 MHz.



**Rys. 2.** Zasada działania radaru SSR  
Źródło: Opracowanie własne

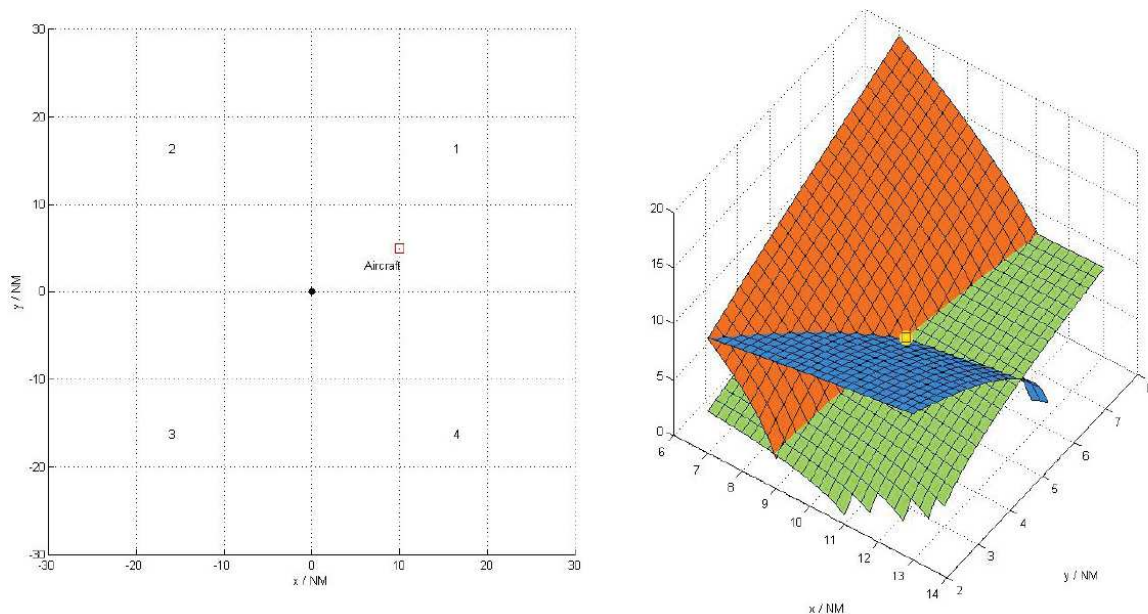
Podobnie jak w radarze pierwotnym, również przy zastosowaniu radaru wtórnego dwa lecące blisko siebie statki powietrzne mogą być zobrazowane na wskaźniku w postaci jednego znacznika. Przy dużym natężeniu ruchu lotniczego w pobliżu lotnisk, występowanie zjawiska garbilingu jest bardzo prawdopodobne. Jedynym rozwiązaniem jest zapytywanie samolotów w sposób selektywny tak, aby tylko jeden w danym czasie odpowiadał. Umożliwia to praca systemu w modzie S (selective).

W przypadku Modu S, każdy członek ICAO dostał przydział bloku kodów, które może przyporządkować statkom powietrznym. Odpowiedź w trybie Mod S ma do dyspozycji 16777216 kodów, co wynika z użycia 24 impulsów ( $224 = 16777216$ ). Sposób rozróżnienia kodów nadawanych statkom powietrznym cywilnym od wojskowych zależy wyłącznie od zasad kodowania panujących w danym Państwie Członkowskim ICAO. W razie potrzeby, kody mogą być nadawane także innym pojazdom poruszającym się po powierzchni lotniska.

## 2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW HIPERBOLICZNYCH

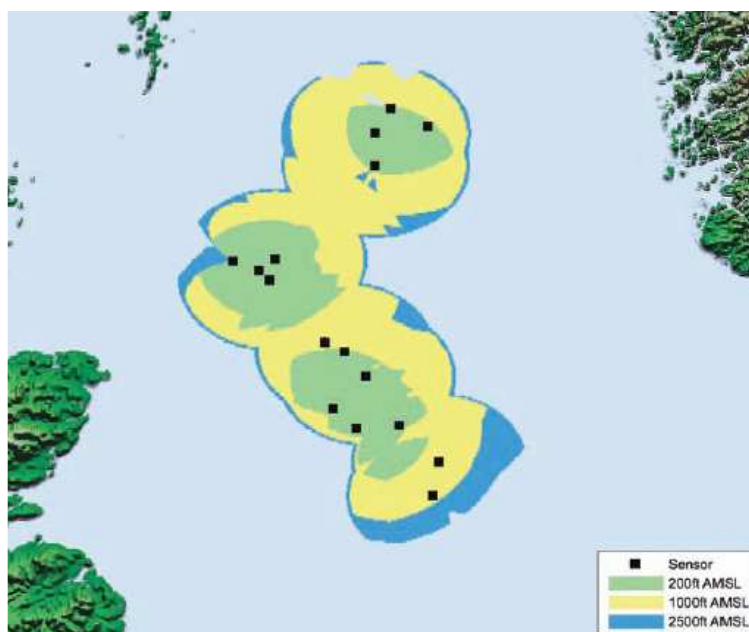
Systemy hiperboliczne (Multilateration – MLAT) są elementem technologii stosowanej w lotnictwie już od wielu lat. Pierwotnie zostały stworzone dla potrzeb militarnych – do identyfikacji oraz wyznaczenia położenia wojskowych samolotów będących w powietrzu. W przypadku lokalizacji stosowano metodę TDOA (Time Difference of Arrival), czyli różnicę czasów przelotu statku powietrznego nad stacją naziemną. Stacje naziemne są jednym z podstawowych komponentów MLAT. Ich strategiczne usytuowanie powinno umożliwiać możliwie największe pokrycie przestrzeni powietrznej. Zadaniem stacji jest nasłuchiwanie odpowiedzi na zapytania typowe dla np. radaru wtórnego, czyli zapytanie poprzez interogator lub zapytanie samej stacji naziemnej MLAT [6]. Każda stacja otrzyma odpowiedź statku powietrznego w innym czasie. Dzięki zaawansowanym technikom przetwarzania komputerowego wyznaczane są hiperboloidy dla każdej stacji naziemnej. Przecięcie hiperboloid jest identyfikacją położenia statku powietrznego. Aby zlokalizować obiekt w przestrzeni 3D potrzebne są przynajmniej cztery anteny odbiornikowe, co wynika z reguły, że  $N$  anten odbiornikowych pozwala określić  $N - 1$  hiperboloid [6]. Podczas gdy znana jest wysokość, na której znajduje się statek powietrzny – do lokalizacji wystarczą trzy anteny.

Na rys. 3. przedstawiono wizualizację tworzenia hiperboloid w systemie MLAT.



**Rys. 3.** Wizualizacja tworzenia hiperboloid w systemie MLAT  
 Źródło: Multilateration Executive Reference Guide, Creativerge, 2007, s. 32.

Warto zauważyć, że system hiperboliczny znajduje swoje zastosowanie także na obszarach nieobjętych dozorem radarowym, można go więc nazwać systemem szeroko – zasięgowym (Wide Area Multilateration – WAM). W systemie WAM stacje naziemne są oddalone od siebie o niemal 100 km. Mimo to – zasada działania nie ulega zmianie. WAM zastosowano między innymi w Tasmanii, czy w Czechach, w realizacji jest Morze Północne, Taiwan, Colorado [11]. W takich lokalizacjach – system hiperboliczny nie tylko sprawdza się bardzo dobrze pod względem śledzenia statków powietrznych, ich identyfikacji i wyznaczenia położenia, ale jest także bardziej ekonomiczny. Na rys. 4. zostało przedstawione pokrycie części Morza Północnego systemem WAM wykorzystującym 16 czujników.

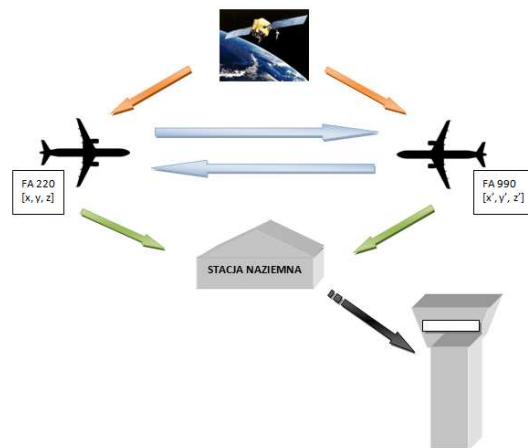


**Rys. 4.** Pokrycie części obszaru Morza Północnego systemem WAM  
 Źródło: Multilateration Executive Reference Guide, Creativerge, 2007.

Dzięki przeprowadzonym analizom całkowitego kosztu posiadania oraz utrzymania przez 15 lat systemu MLAT można stwierdzić, że, w porównaniu do radarów, jest to rozwiązanie wyjątkowo korzystne pod względem finansowym. Oszczędność może sięgnąć nawet 60% kosztów w stosunku do utrzymania systemu radarowego.

### 3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU AUTOMATYCZNIE ZALEŻNEGO DOZOROWANIA Z ROZGLĄSZANIEM

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 – 2030. 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 [3]. 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. Na rys. 5. została przedstawiona ogólna zasada działania ADS – B.



**Rys. 5.** Uogólniona zasada działania ADS – B

Źródło: Opracowanie własne.

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) [4].

Warto skupić się na zastosowaniu ADS – B na obszarze w środowisku radarowym. Integracja danych z ADS – B z danymi radarowymi może zapewnić następujące udoskonalenia w zakresie dozoru :

- możliwość wykorzystania z danych z ADS – B w przypadku, gdy dane radarowe nałożą się nie siebie i wystąpi zjawisko garblingu;
- możliwość wykorzystania danych z ADS – B przy zarządzaniu ruchem naziemnym, zwłaszcza, gdy wystąpiły problemy z działaniem transpondera;
- zapewnienie służby dozoru w obszarach, których nie obejmuje zasięg radaru;

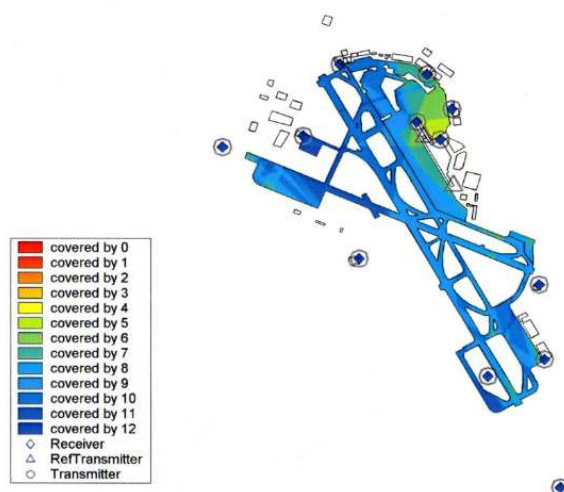
- możliwość zmniejszenia liczby radarów niezbędnych do dozoru określonego obszaru i wypełnienia luk obserwacją poprzez system ADS – B;
- zapewnienie podwójnej, niezależnej od siebie metody dozoru obszaru;
- poprawienie dokładności lokalizacji statków powietrznych.

Szczegółowe zadania systemu ADS – B zostały zawarte w ICAO Doc. 4444. Obecnie, ADS – B jest podstawowym komponentem złożonego systemu zarządzania ruchem naziemnym A – SMGCS stopniowo wdrażanego na światowych lotniskach. A – SMGCS zgodnie z definicją ICAO to system zapewniający przydzielanie trasy, kierowanie oraz dozoru w zakresie kontroli ruchu statku powietrznego oraz innych pojazdów, w celu utrzymania deklarowanej przepustowości pola ruchu naziemnego uwzględniając wszystkie warunki pogodowe przy danym operacyjnym poziomie widoczności na lotnisku (AVOL) [1]. W tym miejscu, warto zwrócić uwagę na możliwość zastąpienia dotychczasowych systemów radarowych – nowoczesnymi technologiami zarówno w ruchu lotniskowym, jak i trasowym. Korzystanie z nawigacji satelitarnej jest bowiem obecnie najtańszą formą pozyskiwania danych o położeniu pojazdu, jego prędkości i innych parametrów.

#### 4. KONCEPCJA I OCENA ZINTEGROWANEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA RUCHEM NAZIEMNYM NA LOTNISKU

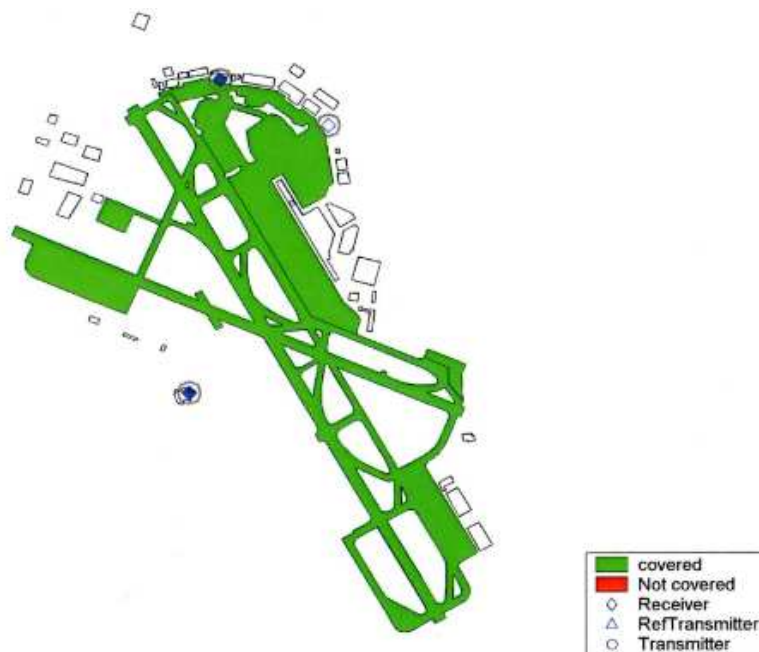
System A-SMGCS (Advanced Surface Guidance and Control System) do dozoru wykorzystuje różnorodne źródła, wśród nich są na przykład: wtórny radar dozoru (SSR), radar kontroli powierzchni lotniska (SMR), system hiperboliczny (Multilateration) wykorzystujący transpondery, czyli bezprzewodowe urządzenia komunikacyjne, system automatycznego zależnego dozoru (ADS – B), wieloczuJNIKOWY zaawansowany procesor (Advanced Multi-Sensor Fusion Processor) do odtwarzania widoku powierzchni lotniska na wyświetlaczu kontrolera. Istnieją cztery poziomy implementacji systemu A – SMGCS. Wdrożenie poziomu I systemu A – SMGCS jest podstawą implementacji całego systemu. Poziom I to prezentowanie nowych funkcji i wdrażanie tylko niektórych z nich na lotnisku. Na etapie poziomu pierwszego występuje swego rodzaju testowanie możliwości nowych urządzeń i prognozowanie uaktywniania kolejnych funkcji [5].

W 2008 roku na prośbę Lotniska Chopina w Warszawie – firma Sensis przeprowadziła symulację pokrycia obszaru lotniska przez różne metody dozoru. Poniżej przedstawiono kilka przykładów. Okazało się, że implementacja kilku metod dozoru jest doskonałym rozwiązaniem. Na rysunkach 6. oraz 7. przedstawiono pokrycie powierzchni przez kolejno system Multilateration oraz dwa radary SMR.

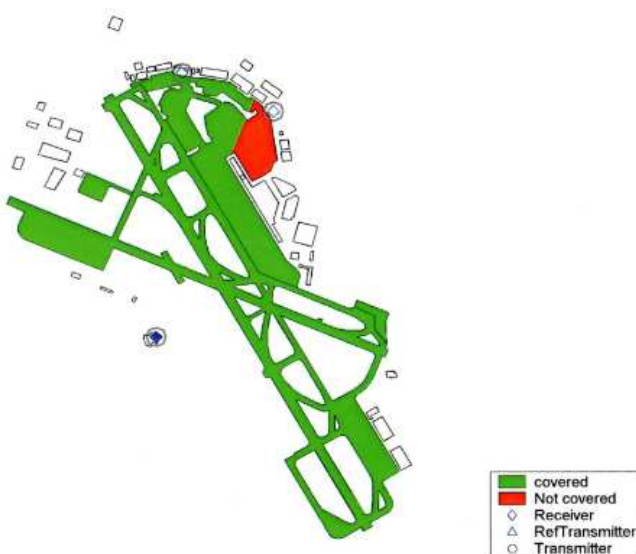


**Rys. 6.** Analiza pokrycia Lotniska Chopina przez elementy systemu Multilateration

Źródło: Warsaw Chopin Airport Coverage Analysis, Sensis, New York 2008, 37.



**Rys. 7.** Analiza pokrycia Lotniska Chopina przez dwa radary SMR  
 Źródło: Warsaw Chopin Airport Coverage Analysis, Sensis, New York 2008, 69.



**Rys. 8.** Analiza pokrycia Lotniska Chopina przez istniejący radar SMR  
 Źródło: Warsaw Chopin Airport Coverage Analysis, Sensis, New York 2008, 70.

Obszar zaznaczony kolorem czerwonym, na rys. 8, wyraźnie pokazuje brak pokrycia przez istniejący radar. Taka symulacja powinna być podstawą do wdrożenia co najmniej jeszcze jednego radaru SMR.

Na poziomie pierwszym, służby kontroli ruchu lotniczego będą wspomagane przez dodatkowy serwis dozoru, tj. obserwacje wizualne będą uzupełniane obrazem na wyświetlaczu. Znajdą się na nim: układ lotniska, pozycja wszystkich pojazdów na polu manewrowym, pozycja wszystkich statków powietrznych na polu manewrowym, identyfikacja wszystkich statków powietrznych oraz wyposażonych w urządzenia



komunikacyjne pojazdów. Poziom I gwarantuje obserwację wszystkich pojazdów także na płytach postojowych [9].

Po wdrożeniu systemu, użytkownik przestrzeni powietrznej skorzysta na wzroście przepustowości lotniska oraz wydajności lotu. Operator lotniska będzie usatysfakcjonowany redukcją zmian w planach lotu oraz w odwołanych lotów. Dla pasażera bardzo ważny jest aspekt zmniejszenia liczby opóźnień oraz podobnie jak dla operatora – liczby zmian w planach lotu i liczby odwołanych lotów [10]. Dodatkowo, użytkownika przestrzeni powietrznej oraz operatora lotniska może zainteresować wzrost poziomu bezpieczeństwa, w tym spadek liczby wypadków i zdarzeń lotniczych. Na potrzeby analizy korzyści instalacji A – SMGCS stworzono pewną strukturę korzyści opartą na symulacjach oraz wynikach badań. Struktura ta przedstawia się następująco:

- I. **POJEMNOŚĆ I PRZEPUSTOWOŚĆ** – w warunkach ograniczonej widzialności (np. zmrok lub mgła) kontrolerzy muszą zwiększyć separacje pomiędzy statkami powietrznymi zgodnie z procedurami postępowania w warunkach słabej widzialności, to powoduje natychmiastowy spadek pojemności lotniska, w wyniku czego – generowane są opóźnienia. Funkcja dozoru systemu A – SMGCS wdrażana na poziomie I umożliwi kontrolerom śledzenie statku powietrznego na polu manewrowym lotniska oraz utrzymanie świadomości sytuacyjnej zarówno w warunkach słabej widzialności, jak i nocą oraz w przypadku niewidocznych dla kontrolera obszarów; dodatkowo, funkcja ta umożliwi utrzymanie stałej przepustowości lotniska w niemalże każdych warunkach oraz zmniejszy obciążenie pracą kontrolera [1];
- II. **WYDAJNOŚĆ LOTÓW ORAZ KORZYŚCI ŚRODOWISKOWE** – wzrost wydajności lotów jest wynikiem redukcji czasu kołowania oraz postoju statków powietrznych; dzięki obrazom na wyświetlaczach kontrolerów z etykietami oraz oznaczeniami prędkości statków powietrznych możliwa jest poprawa koordynacji oraz zdolności do przewidywania zatorów na polu ruchu naziemnego przez kontrolerów; korzyścią środowiskową jest zmniejszenie ilości spalanej paliwa przez statki powietrzne wynikające ze zmniejszenia czasu kołowania [1];
- III. **BEZPIECZEŃSTWO** - wyniki badań przeprowadzone na Lotnisku Charlesa de Gaulle'a wskazują, że 98,6% kontrolerów przyznało pozytywny wpływ systemu na bezpieczeństwo zwłaszcza dzięki redukcji ryzyka błędów ludzkich oraz lepszej jakości dozoru i możliwości wykrywania sytuacji konfliktowych, taki sam procent kontrolerów przyznał poprawę stanu świadomości sytuacyjnej [1].

## **PODSUMOWANIE**

Obecnie, najpopularniejszymi systemami dozoru w Polsce są systemy radarowe. Nie oznacza to jednak, że są najbardziej efektywne. Co raz częściej mówi się o projektach wdrażania nowych technologii w zakresie radiolokacji w Polsce. Dzięki temu, powszedni staje się nadzór za pomocą multilateracji – szczególnie w obrębie lotnisk. Warto zauważyć, że budowa systemów hiperbolicznych często łączy się z udostępnianiem systemu ADS – B. Skupić się także można na aspekcie kosztów związanych z implementacją innowacyjnych rozwiązań – są one niższe niż w przypadku radarów. Oznacza to zatem, że nie zawsze system, który eksploatuje się w największym stopniu (radary) jest najlepszym wyborem (najbardziej skutecznym, najtańszym). Niezwykle obiecująco, w przypadku dozoru, zapowiadają się systemy zintegrowane, które w swoim działaniu wykorzystują technologię systemów satelitarnych.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A – SMGCS) Manual*, International Civil Aviation Organization, Quebec 2004.
2. *Airborne Human Machine Interface (AHMI)*, [www.eurocontrol.int](http://www.eurocontrol.int), październik 2013 r.
3. *CASCADE Use of ADS – B for Enhanced Traffic Situational Awareness by Flight Crew During Flight Operations – Airborne Surveillance (ATSA – AIRB)*, EUROCONTROL 2009.
4. *CASCADE Use of ADS – B for Enhanced Traffic Situational Awareness on the Airport Surface (ATSA – SURF)*, EUROCONTROL 2009.
5. *Draft A – SMGCS Operating Procedures*, European Organisation for The Safety of Air Navigation, Brussels 2004.
6. *Multilateration Executive Reference Guide*, Creativerge, 2007, s. 32.
7. *Procedury Służb Żeglugi Powietrznej Zarządzanie Ruchem Lotniczym (PL – 4444)*.
8. *ROZPORZĄDZENIE WYKONAWCZE KOMISJI (UE) NR 1207/2011 z dnia 22 listopada 2011 r. ustanawiające wymogi dotyczące skuteczności działania i interoperacyjności systemów dozoru w jednolitej europejskiej przestrzeni powietrznej*, Warszawa 2003, s. 189.
9. Siergiejczyk M., Krzykowska K., *Koncepcja wdrożenia nowoczesnych systemów naziemnych detekcji sytuacji ruchowych dla wybranego lotniska*, w: V Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna Systemy Logistyczne Teoria i Praktyka. Materiały Konferencyjne, Waplewo 2011.
10. Siergiejczyk M., Krzykowska K., *Naziemny system detekcji pasów startowych i dróg kołowania – ASDE – a bezpieczeństwo w ruchu lotniczym*, (w:) M. Siergiejczyk (red.), Międzynarodowa Konferencja Naukowa Transport XXI wieku Materiały Konferencyjne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
11. *WAM Workshop Agenda Item 3. Multilateration Principles*, European Organisation for Safety of Air Navigation, Brussels 2007.
12. *Warsaw Chopin Airport Coverage Analysis*, Sensis, New York 2008.

## ANALYSIS AND EVALUATION OF SOME SURVEILLANCE SYSTEMS IN AIR TRAFFIC

### *Abstract*

*Volume of air traffic, both in Poland and in Europe continues to grow. This process generates new needs in terms of traffic control in the air and on the ground. This article presents some methods of surveillance, focusing on the area of the airport. Particularly focused on integrated surveillance system at the airport (A - SMGCS). Article summarizes the assessment of the quality of supervision at Chopin Airport in Warsaw and analysis benefits from implementation of new systems.*

### **Autorzy:**

prof. nzw. dr hab. inż. **Mirosław Siergiejczyk** – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, [msi@wt.pw.edu.pl](mailto:msi@wt.pw.edu.pl)

mgr inż. **Karolina Krzykowska** – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, [kkrzykowska@wt.pw.edu.pl](mailto:kkrzykowska@wt.pw.edu.pl)