

Mirosław SIERGIEJCZYK<sup>1</sup>, Karolina KRZYKOWSKA<sup>2</sup>

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu  
ul. Koszykowa 75, 00 – 662 Warszawa

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

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

## KONCEPCJA WDROŻENIA NOWOCZESNYCH SYSTEMÓW NAZIEMNYCH DETEKcji SYTUACJI RUCHOWYCH DLA WYBRANEGO LOTNISKA

### Streszczenie:

W artykule zaproponowano wdrożenie pierwszego poziomu systemu detekcji sytuacji na polu ruchu naziemnego, który wspomogę kontrolę ruchu lotniczego w zakresie dozoru. Zawarto charakterystykę systemów zarządzania ruchem naziemnym wraz z opisem architektury oraz opisem funkcjonalnym. Przeanalizowano potrzebę wdrożenia systemu, projekt umiejscowienia wybranych elementów na obszarze lotniska oraz przeprowadzono analizę kosztów i korzyści wynikających z implementacji pierwszego poziomu systemu detekcji sytuacji na polu ruchu naziemnego

Słowa kluczowe: detekcja, zarządzanie ruchem lotniczym, bezpieczeństwo

### WPROWADZENIE

Koncepcję wdrożenia systemu zarządzania naziemnym ruchem lotniczym przedstawiono po raz pierwszy w 1974 roku. W lotnictwie cywilnym po katastrofie na Teneryfie w 1977 roku, gdzie zderzyły się dwa Boeingi 747, prace nad systemem nabrały znaczącego tempa. Badanie wypadku wykazało wystąpienie pewnego splotu przyczyn, tj. z winy zarówno człowieka, jak i techniki oraz środowiska (złej pogody). W konsekwencji tej katastrofy poprawie uległy między innymi systemy łączności oraz regulaminy kierowania ruchem lotniczym w złych warunkach pogodowych. Dwa lata później wyniki wszelkich przeprowadzonych badań opublikowano w dokumencie ICAO nr 148. Kolejnym etapem prac było uwzględnienie informacji o systemie zarządzania ruchem naziemnym w Doc. 4444. Ostatecznie, wszelkie wskazówki, zalecenia opublikowane w różnych dokumentach postanowiono umieścić w jednym podręczniku. I tak, w 1987 roku powstał ICAO Doc. 9476 „Surface Movement Guidance and Control System” (SMGCS).

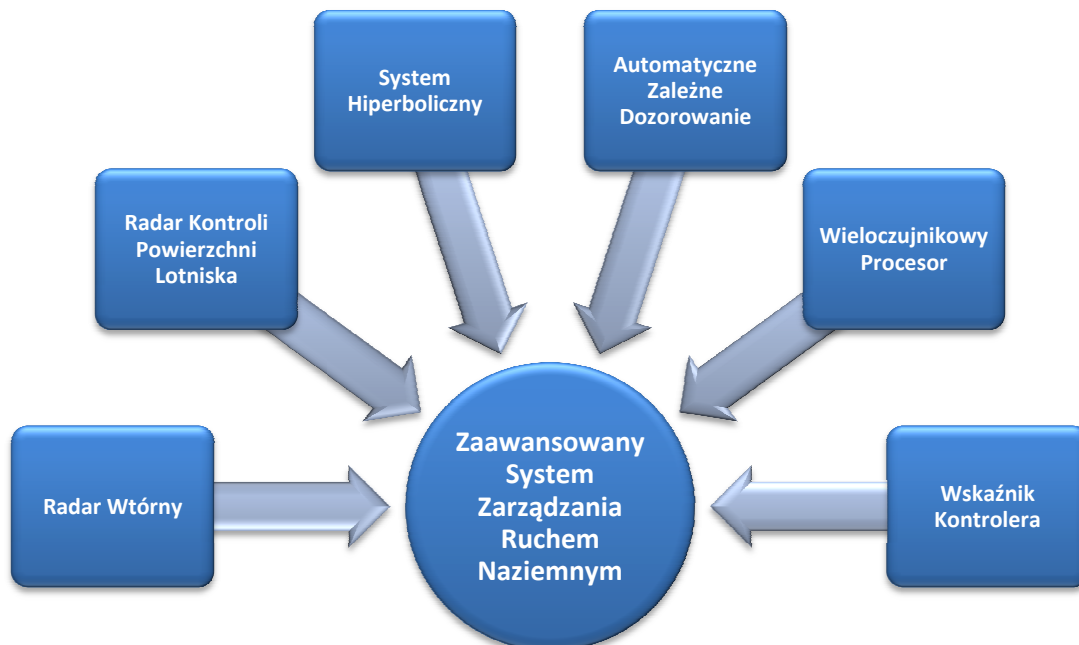
Koncepcja SMGCS bazowała na doskonaleniu umiejętności zarówno kontrolerów, jak i pilotów do samodzielnej obserwacji sytuacji ruchowej na polu ruchu naziemnego. Dotyczyła także rozwiązywania ewentualnych problemów oraz planowania ruchu pojazdów. To pozwoliło w pewnym stopniu na poprawę bezpieczeństwa w rejonie lotnisk, ale wciąż nie spełniało wszystkich oczekiwań. System nieustannie polegał wyłącznie na umiejętnościach człowieka, które do tej pory w lotnictwie są najbardziej zawodne [8].

Lata dziewięćdziesiąte przyniosły wzrost przepustowości portów lotniczych. Wiele z nich przekroczyło swoje maksymalne możliwości, co spowodowało znaczący wzrost liczby zdarzeń, incydentów oraz wypadków lotniczych. Co więcej, coraz częściej porty lotnicze borykały się z opóźnieniami lotów, które wiązały się z ogromnymi stratami finansowymi. To przyczyniło się do powstania nowej idei, wykraczającej zakresem poza SMGCS.

A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) zgodnie z definicją ICAO to system zapewniający przydzielanie trasy, kierowanie oraz dozоровanie w zakresie kontroli ruchu statku powietrznego oraz innych pojazdów. Celem A – SMGCS jest utrzymanie deklarowanej przepustowości pola ruchu naziemnego przy danym operacyjnym poziomie widoczności na lotnisku (AVOL), jednocześnie zachowując wymagany poziom bezpieczeństwa [1].

Priorytetem funkcjonalności systemu nadzoru jest pewna sytuacyjna świadomość położenia i rodzaju wszystkich poruszających się pojazdów i statków powietrznych w czasie rzeczywistym. Uwzględnia się przy tym niezawodność danych. Żaden czujnik, a nawet najbardziej precyzyjny radar, nie może jednocześnie określić pozycji i zidentyfikować wszystkich poruszających się pojazdów i statków powietrznych w sposób ciągły w tym samym czasie. Jedynym praktycznym sposobem na osiągnięcie tak wysokiego poziomu pokrywania się danych jest wykorzystanie kilku czujników oraz kilku uzupełniających się technologii i w rezultacie połączenia ich wyników. Największą różnicą pomiędzy nowoczesnym systemem zarządzania a system SMGCS jest zakres zastosowania. System A-SMGCS bowiem, można wdrożyć mając na uwadze zróżnicowany układ lotniska (w tym pasów startowych), różną wielkość przepustowości portu lotniczego, czy nietypowe warunki pogodowe. A-SMGCS korzysta z różnych modułów w zależności od sytuacji. System można przystosować indywidualnie do danego lotniska.

System A-SMGCS do dozоровania wykorzystuje różnorodne źródła, wśród nich są na przykład: wtórny radar dozоровania (SSR), radar kontroli powierzchni lotniska (SMR), system hiperboliczny (Multilateration) wykorzystujący transpondery, czyli bezprzewodowe urządzenia komunikacyjne, system automatycznego zależnego dozоровania (ADS – B), wieloczujnikowy procesor (Advanced Multi-Sensor Fusion Processor) [2]. Schemat architektury Zaawansowanego Systemu Zarządzania Ruchem Naziemnym przedstawiony jest na rysunku 1.

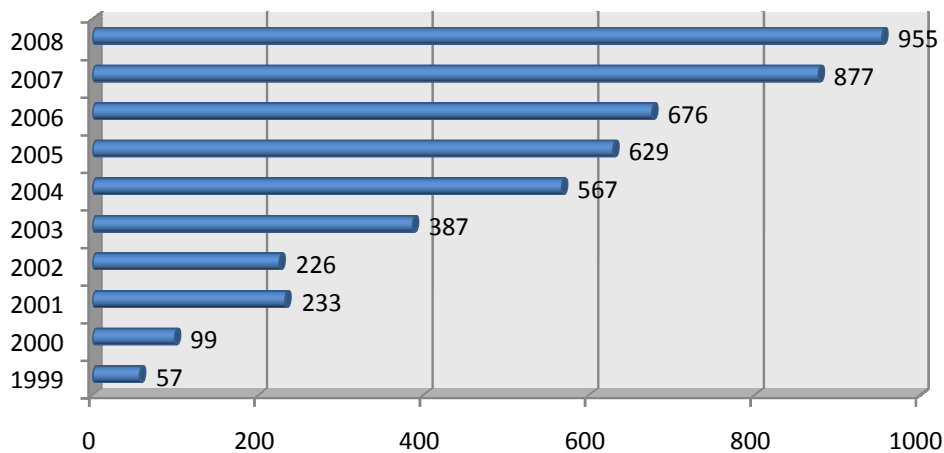


Rys. 1. Architektura systemu A – SMGCS

Źródło: *Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A – SMGCS) Manual, International Civil Aviation Organization, Quebec 2004, s.2.*

## 1. ANALIZA PORÓWNAWCZA BEZPIECZEŃSTWA NA POLU RUCHU NAZIEMNEGO W EUROPIE I W POLSCE

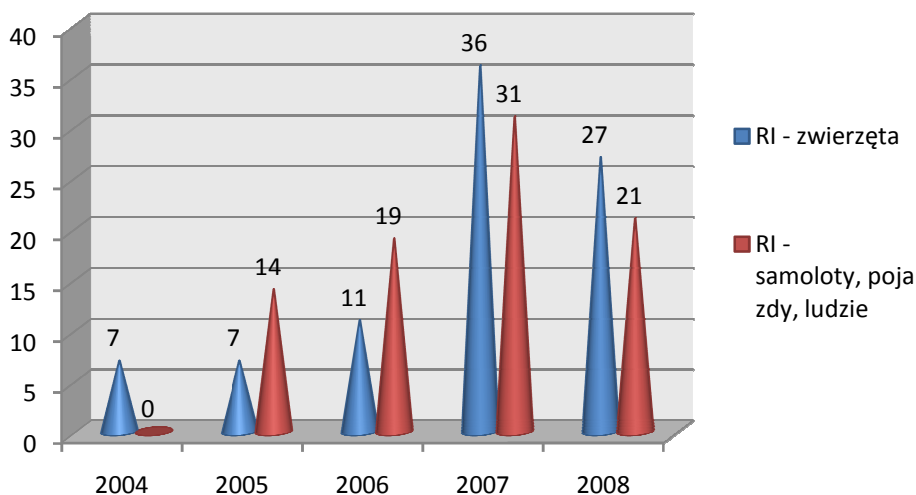
Wdrożenie zaawansowanych systemów zarządzania ruchem naziemnym rozpatruje się ze względu na utrzymanie określonego poziomu bezpieczeństwa na polu ruchu naziemnego. Zatem, należy przywrócić się szczególnie uważnie zdarzeniom takim, jak wtargnięcia na drogę startową lub drogę kołowania. Chodzi o wtargnięcia zwierząt, ludzi oraz nieuprawnionych pojazdów, w tym także nieuprawnionych statków powietrznych. Takie wtargnięcia, zwane Runway Incursions, bardzo często występują przy ograniczonej widzialności (Low Visibility). Poniżej przedstawiono wykres obrazujący sytuację zarejestrowanych Runway Incursions w Europie w latach 1999 – 2008.



Rys. 2. Liczba wtargnięć na drogę startową w Europie w latach 1999 – 2008

Źródło: Y. Page, *Runway Safety In Reduced Visibility, European Organisation for the Safety of Air Navigation, Brussels 2009.*

Liczbę zdarzeń tzw. Runway Incursion w Polsce w latach 2004-2008 pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Liczba wtargnięć na drogę startową w Polsce w latach 2004 – 2008.

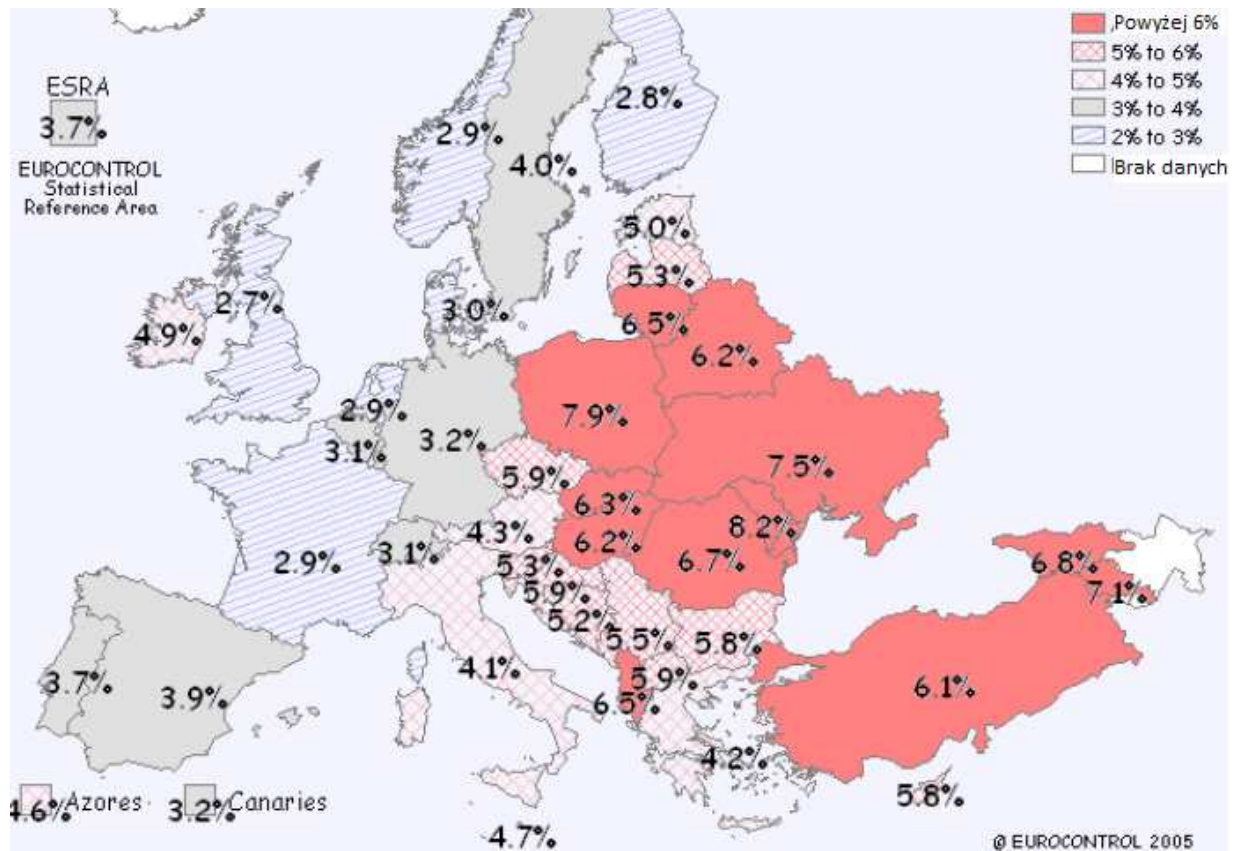
Źródło: *Informacja o stanie bezpieczeństwa lotów i skoków spadochronowych w lotnictwie cywilnym RP w 2008 r., Urząd Lotnictwa Cywilnego, Warszawa 2009.*

Analizując powyższe statystyki można zauważyć, że w 2007 roku miało miejsce w sumie 67 wtargnięć na drogę startową co stanowiło 13,7 % wszystkich incydentów lotniczych

w Polsce. Ponad połowa z 67 zdarzeń została zarejestrowana na Lotnisku Chopina w Warszawie (EPWA). Głównymi przyczynami ich zaistnienia było kołowanie w stronę drogi startowej będącej w użyciu, błędy załóg, które nie stosowały się do oznakowania pionowego i poziomego lotniska, oraz błędy kontrolerów ruchu lotniczego [9]. Z kolei, w 2008 roku zarejestrowano w sumie 48 Runway Incursions. Zarówno w przypadku wtargnięć zwierząt, jak i ludzi, statków powietrznych oraz pojazdów – odnotowano spadek w stosunku do 2007 roku. Jednakże, to wciąż daje 10,2 % wszystkich incydentów lotniczych w Polsce w 2008 roku. Analizując bliżej dane z 2008 roku można stwierdzić, że liczba wtargnięć w Polsce stanowi około 5% tych samych incydentów w całej Europie, co jest wynikiem niepokojącym i wartym zwrócenia nań uwagi [6].

## 2. ANALIZA POTRZEBY WDROŻENIA NOWOCZESNEGO SYSTEMU NAZIEMNEGO DETEKЦИИ SYTUACJI RUCHOWYCH NA LOTNISKU CHOPINA W WARSZAWIE

Głównym problemem zarządzania ruchem lotniczym na świecie jest zwiększenie przepustowości portów lotniczych, pojemności przestrzeni powietrznej oraz utrzymanie pewnego poziomu bezpieczeństwa. Działania mające na celu poprawę jakości i bezpieczeństwa usług oparte są przede wszystkim na prognozach liczby operacji lotniczych. Dotyczy to także Polski. Średnioterminowa prognoza Eurocontrol założyła roczny wzrost ruchu lotniczego w latach 2005 – 2011 w Europie Centralnej na poziomie 5 – 10 % oraz w Europie Zachodniej na poziomie 3,7 – 5,3 %. Dla Polski szacowany wzrost ruchu lotniczego wynosi ok. 8 % [4]. Statystyki te przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Średni roczny wzrost ruchu IFR w latach 2005 – 2011.

Źródło: EUROCONTROL Forecast of Annual Number of IFR Flights (2005 – 2011), Brussels 2005.

To oznacza, że w FIR (Flight Information Region) Warszawa utrzymuje się wzrost wielkości ruchu lotniczego na maksymalnym europejskim poziomie. Z tego zjawiska jednakże wynikają zarówno korzyści, jak i zagrożenia. Przy założeniu średniego wzrostu ruchu lotniczego w Europie – bez dodatkowych opóźnień – pojemność przestrzeni powietrznej wymagana do obsługi tego ruchu powinna wzrosnąć o ponad 25 %. Niestety Lotnisko Chopina w Warszawie znajduje się na liście europejskich lotnisk najczęściej powodujących opóźnienia [5].

Wobec przedstawionych prognoz oraz rzeczywistej sytuacji w ruchu lotniczym w Polsce, a zwłaszcza w FIR Warszawa – Program Rozwoju Sieci Lotnisk i Lotniczych Urzędzeń Naziemnych zaleca szybkie zmiany w zakresie optymalizacji oraz zarządzania przestrzenią powietrzną. Między innymi, podjęto pracę nad projektem implementacji systemu detekcji sytuacji na polu ruchu naziemnego A – SMGCS. Obecnie prace skupiają się na specyfikacji systemu, którą zajmują się specjaliści Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej oraz Przedsiębiorstwa „Polskie Porty Lotnicze”. System ten mógłby znacznie usprawnić pracę kontroli ruchu lotniczego, a poza tym, jest szczególnie ważnym elementem modernizacji systemów kontroli bezpieczeństwa. Dodatkowo, mógłby mieć zastosowanie przy operacjach w różnych warunkach pogodowych, także tych niekorzystnych. Przyczyniłby się do minimalizacji zdarzeń lotniczych typu Runway Incursion. Istotną cechą są także pełnione przez system dodatkowe funkcje, tj. funkcja dozoru, kierowania, przydzielania tras oraz kontroli – implementowane w zależności od wybranego poziomu [7].

### 3. KONCEPCJA WDROŻENIA SYSTEMU A – SMGCS NA LOTNISKU CHOPINA W WARSZAWIE

Istnieją cztery poziomy implementacji systemu A – SMGCS. Aby system działał poprawnie, poziomy te należy wdrażać po kolei uprzednio stosując system SMGCS, tak jak na Lotnisku Chopina w Warszawie (EPWA). Ustalenie najbardziej odpowiedniego poziomu dla danego lotniska warunkuje rozważenie:

- warunków widzialności;
- natężenia ruchu;
- układu lotniska.

Doświadczenie służb kontroli ruchu lotniczego na Lotnisku EPWA pozwala stwierdzić, że warunki widzialności takie, że pilot może bezkolizyjnie wykonać operację kołowania występują na tyle często, że można przypisać omawianemu lotnisku średni poziom widzialności[2].

Drugim kryterium charakterystyki lotniska jest natężenie ruchu. Jest ono mierzone w godzinie szczytu niezależnie od warunków widzialności. Wyróżnia się trzy kategorie:

- Małe (L – Light) – nie więcej niż 15 operacji startów lub lądowań na drodze startowej lub w sumie mniej niż 20 wszystkich ruchów lotniskowych;
- Średnie (M – Medium) – 16 – 25 operacji startów lub lądowań na drodze startowej lub pomiędzy 20 – 35 wszystkich ruchów lotniskowych;
- Duże (H – Heavy) – 26 lub więcej operacji startów lub lądowań na drodze startowej lub więcej niż 35 wszystkich ruchów lotniskowych [2].

Na podstawie dostępnych danych statystycznych Urzędu Lotnictwa Cywilnego, w pracy przyjęto, że natężenie ruchu na Lotnisku Chopina w Warszawie jest Średnie [6].

Ostatnim kryterium lecz nie mniej ważnym jest układ lotniska. Wyróżnia się trzy rodzaje układów:

- Podstawowy (B – Basic) – dla lotniska z jedną drogą startową oraz jedną drogą kołowania do pojedynczej płyty postojowej;
- Prosty (S – Simple) – dla lotniska z jedną drogą startową oraz więcej niż jedną drogą kołowania do jednej lub więcej niż jednej płyty postojowej;
- Złożony (C – Complex) – dla lotniska z więcej niż jedną drogą startową, wieloma drogami kołowania do jednej lub więcej niż jednej płyty postojowej.

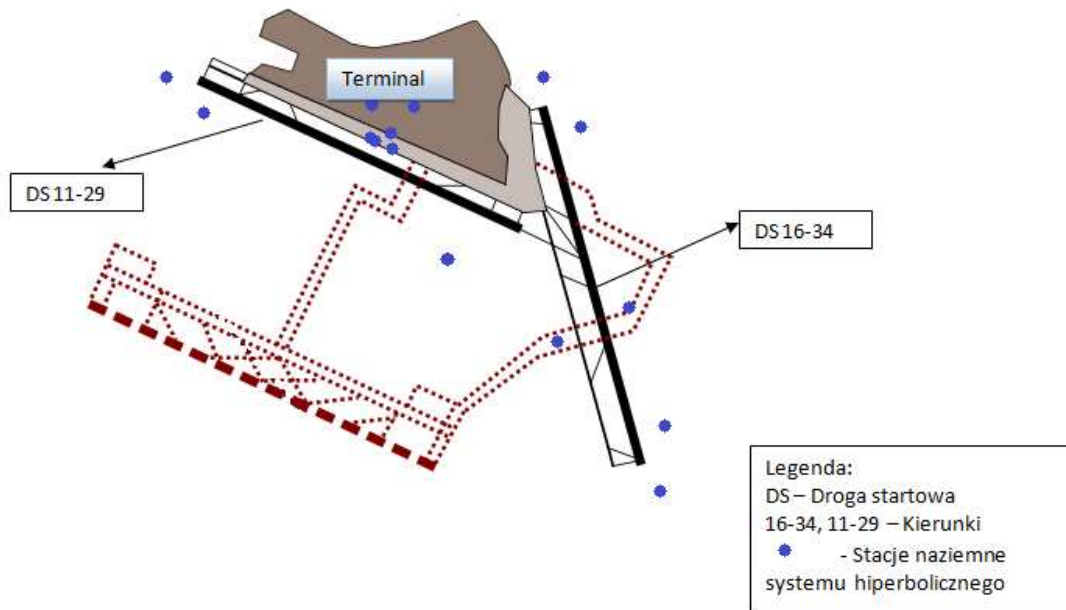
Lotnisko EPWA z uwagi na dwie drogi startowe, rozbudowaną sieć dróg kołowania oraz 12 płyt postojowych kwalifikuje się do rodzaju Złożony [2].

Podsumowując powyższą uproszczoną analizę, można przyjąć, że najbardziej odpowiednim poziomem dla Lotniska Chopina obecnie jest poziom I system A – SMGCS. Wdrożenie poziomu I systemu zaawansowanego systemu zarządzania ruchem naziemnym jest podstawą implementacji całego systemu. Poziom I to prezentowanie nowych funkcji i wdrażanie tylko niektórych z nich ich na lotnisku. Na etapie poziomu pierwszego występuje swego rodzaju testowanie możliwości nowych urządzeń i prognozowanie uaktywniania kolejnych funkcji [1].

Na poziomie pierwszym, służby kontroli ruchu lotniczego będą wspomagane przez dodatkowy serwis dozoru. To znaczy, że obserwacje wizualne będą uzupełniane obrazem na wyświetlaczu. Znajdą się na nim: układ lotniska, pozycja wszystkich pojazdów na polu manewrowym, identyfikacja wszystkich wyposażonych w urządzenia komunikacyjne pojazdów. Poziom I gwarantuje obserwację wszystkich pojazdów także na płytach postojowych [3].

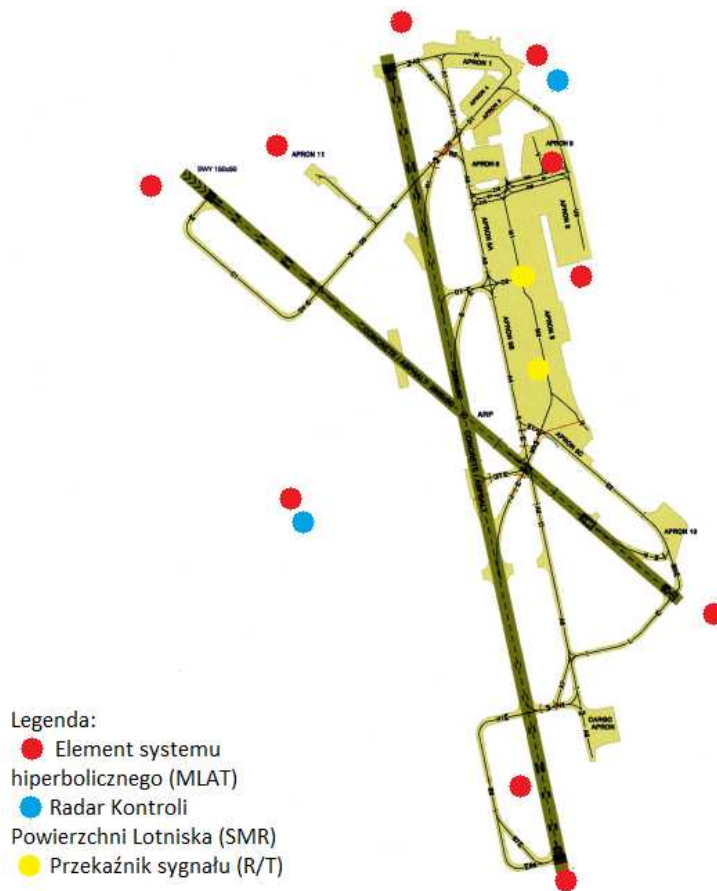
Należy teraz zastanowić się nad fizyczną implementacją poszczególnych urządzeń. Okazuje się, że funkcjonujące na Lotnisku Chopina radary kontroli powierzchni lotniska SMR oraz wtórne radary dozoru ASR9/MSSR nie są wystarczające dla kontroli ruchu lotniczego. Po pierwsze, radar SMR nie obejmuje obszaru całego lotniska, w tym obszaru niewidocznego także dla kontrolerów, po drugie zaś, radar ASR9/MSSR przyczynia się do utraty etykiet przez statki powietrzne poruszające się po polu ruchu naziemnego. W związku z tym, rozwiązaniem dla pierwszego problemu byłoby zainstalowanie dodatkowego radaru kontroli powierzchni lotniska SMR. Drugi problem można zlikwidować wdrażając elementy systemu hiperbolicznego Multilateration oparte na technologii Mode S. System hiperboliczny w tym przypadku umożliwi nie tylko identyfikację i nadanie etykiet statkom powietrznym, ale także innym pojazdom. Liczbę elementów koniecznych do implementacji można jedynie oszacować na podstawie danych z innych europejskich lotnisk. Lotnisko w Wiedniu (Vienna International Airport) ma najbardziej zbliżony układ do Lotniska Chopina w Warszawie. Posiada bowiem dwie drogi startowe oraz dość skomplikowaną sieć dróg kołowania. Korzysta się tam z 15 stacji naziemnych systemu hiperbolicznego Multilateration przy 260 841 wykonanych operacjach w 2006 roku. Schemat Lotniska Vienna International Airport wraz z umiejscowieniem elementów systemu hiperbolicznego pokazano na rys. 5.

Dla Lotniska Chopina, na którym w 2006 roku wykonano 126 534 operacje przyjęto wdrożenie 10 elementów systemu hiperbolicznego dla dwóch dróg startowych. Schemat rozmieszczenia elementów zaawansowanego systemu zarządzania ruchem naziemnym dla lotniska Chopina w Warszawie przedstawiono na rys. 6.



Rys. 5. Schemat Lotniska Vienna International Airport wraz z umiejscowieniem elementów systemu hiperbolicznego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Operational Deployment of Sensis Ground Stations*, [www.sensis.com](http://www.sensis.com), styczeń 2011 r.



Rys. 6. Koncepcja rozmieszczenia elementów systemu A – SMGCS dla poziomu I na lotnisku Chopina w Warszawie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Warsaw Chopin Airport Coverage Analysis*, New York 2008, s. 33.

Na planie sytuacyjnym zaznaczono trzy rodzaje urządzeń. Oprócz elementów systemu hiperbolicznego (MLAT) zaproponowano dodatkowy radar kontroli powierzchni lotniska (SMR) oraz dwa urządzenia będące odbiornikiem oraz przekaźnikiem sygnałów (R/T).

Praca czujników MLAT powinna prowadzić do wykrywania i obliczania aktualnej pozycji każdego pojazdu wyposażonego w transponder (pracujący w trybie Mod S) będącego na polu ruchu naziemnego. Wykrycie pojazdu powinno być w czasie nie dłuższym niż 2 sekundy i z taką częstością uaktualniania. Prawdopodobieństwo detekcji powinno wynosić ponad 99,9%. Zasadniczym wymaganiem dotyczącym pojemności systemu jest możliwość wykrycia i śledzenia 250 obiektów w tym samym czasie. Przyjmuje się, że dane o każdym obiekcie będą raportowane co sekundę. Opóźnienie pomiędzy odbiorem sygnału przez Mod S a raportem systemu hiperbolicznego o obiekcie nie powinno przekraczać 0,5 sekundy. Po uruchomieniu, system powinien być w pełni sprawny operacyjnie po upływie 3 minut [1].

Jak widać na rysunku 6 na Lotnisku EPWA umieszczono także dodatkowy radar kontroli powierzchni lotniska (SMR). Zasadniczo, jego zadaniem jest ciągle pokrycie powierzchni lotniska, po której poruszają się statki powietrzne i inne pojazdy. Dwa radary spełniają tę funkcję na omawianym lotnisku. Zwykle, jeden radar kontroli powierzchni lotniska może pokryć obszar na ziemi od 150 m do 2500 m. Przy założeniu jego rozpiętości do 360° oraz w powietrzu – co najmniej do wysokości anteny - cały obszar lotniska. Założenia te jednakże są spełnione, wyłącznie gdy radar nie napotyka na żadne przeszkody, w postaci np. budynków, jak to ma miejsce na Lotnisku Chopina. Umieszczenie dodatkowego radaru SMR wydaje się być trafną decyzją w tym przypadku.

#### 4. ANALIZA KOSZTÓW I WSTĘPNA OCENA KORZYŚCI WDROŻENIA SYSTEMU

Koszty proponowanego systemu zostały zdeterminowane przez podział na części składowe: nabycie informacji o ruchu dzięki SMR, nabycie informacji o ruchu dzięki MLAT, przetwarzanie danych oraz interfejs użytkownika. Dla każdej z tych części rozważa się następujące koszty:

- koszt nabycia;
- koszt instalacji;
- koszt utrzymania;
- koszt szkolenia pracowników;
- koszt dostosowania procedur [5].

W tabeli 1. przedstawiono zestawienie tych kosztów. Do przedstawionych kosztów należy dodatkowo doliczyć koszty wyposażenia miejsca pracy kontroli ruchu lotniczego. Zestawienie kosztów wyposażenia miejsca pracy kontroli ruchu lotniczego po wdrożeniu systemu A – SMGCS zamieszczono w tablicy 2.

Podsumowując powyższe rozważania można stwierdzić, że na pełne wdrożenie oraz eksploatację w pierwszym roku użytkowania zaawansowanego systemu zarządzania ruchem naziemnym (A – SMGCS) na poziomie I należy przewidzieć ok. 7,106 mln €.

Można jednak wyliczyć następujące oszczędności wynikające z oceny korzyści implementacji poziomu I systemu. Przyjmując, że dla lotniska, na którym występuje co najmniej 50 000 minut opóźnień rocznie możliwa jest redukcja tych opóźnień o 10%. Jeśli stawka za minutę opóźnień wynosi 72 € - roczna oszczędność jest na poziomie 360 000 €. Dodatkowo, dla średniego lotniska z około 87 500 odlotów rocznie przy średnim czasie 13 minut na kołowanie – możliwa jest redukcja o 5% tego czasu. Przy stawce równej 5 € - roczna oszczędność spowodowana wydajnością lotu jest na poziomie 285 000 €. W sumie,



oszczędności wynikające ze wzrostu pojemności lotniska oraz wydajności lotu mogą być na poziomie 650 000 € rocznie [5].

Tabela 1. Zestawienie kosztów wdrożenia systemu A – SMGCS oraz eksploatacji w pierwszym roku użytkowania

Elementy systemu	Koszt w mln €				
	nabycie	instalacja	utrzymanie	szkolenie pracowników	dostosowanie procedur
SMR	0,4	0,25	0,02	-	-
MLAT	0,685	0,310	0,06	-	-
System śledzenia pojazdów (ok.75 pojazdów)	0,15	0,019	0,019	-	-
Przetwarzanie danych	1,75	0,2	0,2	0,1	-
Interfejs użytkownika	0,015	0,015	0,001	0,001	0,111
<b>SUMA</b>	3	0,794	0,3	0,101	0,111
			<b>4,306</b>		

Źródło: *Final Report on The Generic Cost Benefit Analysis of A – SMGCS, European Organisation for The Safety of Air Navigation, Brussels 2006, s. 18 - 24.*

Tabela 2. Zestawienie kosztów wyposażenia miejsca pracy kontroli ruchu lotniczego po wdrożeniu systemu A – SMGCS

Elementy wyposażenia	Koszt w mln €
Osprzętowanie przetwarzania wyświetleń z czujników	1,4
Specjalistyczne monitory	1,4
<b>SUMA</b>	<b>2,8</b>

Źródło: *A – SMGCS procurement. Recommendations to the acquisition process, Integra, Warsaw 2009, s. 16.*

Przeprowadzone badania dowodzą korzyści ekonomicznych wdrożenia poziomu I systemu A – SMGCS w zakresie wzrostu przepustowości oraz wydajności. Warto zauważyć, że istnieją także pewne korzyści związane z bezpieczeństwem wywodzące się z implementacji dodatkowej funkcji dozoru.

## PODSUMOWANIE

W pracy przeprowadzono analizę potrzeby wdrożenia zaawansowanego systemu zarządzania ruchem naziemnym na Lotnisku Chopina w Warszawie. Opracowano również koncepcję implementacji tego systemu (A – SMGCS), która ma być dopełnieniem SMGCS.

Zasadnicza koncepcja wdrożenia tego systemu obejmuje mapę lotniska EPWA, na której umiejscowiono elementy A – SMGCS. Zaproponowano wdrożenie dziesięciu czujników MLAT, dodatkowego radaru SMR oraz dwóch urządzeń R/T. Zaproponowano również umiejscowienie wszystkich tych elementów na powierzchni Lotniska Chopina w Warszawie tak, aby pokrywały one cały obszar tego lotniska. Implementacja czujników systemu Multilateration pracujących w trybie Mod S może w znaczącym stopniu usprawnić pracę służb kontroli ruchu lotniczego zwłaszcza w zakresie dozoru. Wspomaganie systemowe tej funkcji prowadzi do większej świadomości sytuacyjnej kontrolerów, pilotów oraz kierujących innymi pojazdami, a tym samym zmniejsza wpływ zawodności człowieka (operatora) na wypadki oraz zdarzenia lotnicze.

Jednocześnie podjęta została analiza kosztów i korzyści implementacji A – SMGCS oraz szacowanie rocznej oszczędności wynikającej z wdrożenia systemu. W kwestii kosztów, należy zauważyć, że zależą one od etapu implementacji oraz eksploatacji systemu. Wdrożenie dodatkowego radaru SMR to przede wszystkim pokrycie niewidocznego dla kontrolerów

obszaru lotniska. Warto zwrócić jeszcze uwagę na takie korzyści, jak utrzymanie określonego poziomu bezpieczeństwa na lotnisku, wzrost pojemności oraz przepustowości lotniska, wydajność lotów i zmniejszenie zużycia paliwa lotniczego mające wpływ na środowisko w otoczeniu lotniska.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A – SMGCS) Manual, International Civil Aviation Organization, Quebec 2004.
- [2] Definition of A – SMGCS Implementation Levels, European Organisation for The Safety of Air Navigation, Brussels 2005.
- [3] Draft A – SMGCS Operating Procedures, European Organisation for The Safety of Air Navigation, Brussels 2004.
- [4] EUROCONTROL Medium – Term Forecast: IFR Flight Movements 2009 – 2016, Brussels 2010.
- [5] Final Report on The Generic Cost Benefit Analysis of A – SMGCS, European Organisation for The Safety of Air Navigation, Brussels 2006.
- [6] Informacja o stanie bezpieczeństwa lotów i skoków spadochronowych w lotnictwie cywilnym RP w 2008 r., Urząd Lotnictwa Cywilnego, Warszawa 2009.
- [7] Krzykowska K., Koncepcja wdrożenia nowoczesnych systemów naziemnych detekcji sytuacji ruchowych dla wybranego lotniska. Praca dyplomowa inżynierska, WT PW, Warszawa 2011.
- [8] K.Krzykowska, M. Siergiejczyk, 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, s. 131.
- [9] Malarski M., Skorupski J., Zarządzanie bezpieczeństwem, (w:) R. Krystek (red.), Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu I tom. Diagnoza bezpieczeństwa transportu w Polsce, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o. o., Warszawa 2009.
- [10] Manual of Surface Movement Guidance and Control Systems (SMGCS), International Civil Aviation Organization, Montreal 1987.
- [11] Program rozwoju sieci lotnisk i lotniczych urządzeń naziemnych, Ministerstwo Transportu, Warszawa 2007.

### THE CONCEPT OF IMPLEMENTATION OF MODERN GROUND MOVEMENTS DETECTION SYSTEMS FOR THE SELECTED AIRPORT

#### Abstract:

In the paper the concept of implementation of modern ground movements detection systems is proposed. Presented thesis introduces the installation of multilateration system and an additional surface movement radar and their location in area of the airport. The purpose of work is presented with the characteristics of ground traffic management systems along with its description of an architecture. In addition, a comparative analysis of safety at selected airport compared to other European airports is shown. Next point makes the most important, designed part of work. At several points a need to implement system is analyzed. In this point the analysis of costs and benefits is included. For the preparation of this paper the literature, available research results, statistics, standards and documents posted on international websites were used.

Key words: detection, air traffic management, safety.