



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE,
PRZESTRZEŃ, OPTYMALIZACJA**

Olgierd Hryniewicz,
Andrzej Straszak,
Jan Studziński
red.



**BADANIA OPERACYJNE
I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZE-
STRZEŃ, OPTIMALIZACJA**

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH • POLSKA AKADEMIA NAUK

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 63

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2008

Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZESTRZEŃ,
OPTIMALIZACJA**

Publikacja była opiniowana do druku przez zespół recenzentów, którego skład podano w treści tomu

Opinie, wyrażone przez autorów w pracach, zawartych w niniejszym tomie, nie są oficjalnymi opiniami Instytutu Badań Systemowych PAN, ani Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych.

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN & Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych
Warszawa 2008

ISBN 83-894-7519-7
EAN 9788389475190

Redakcja i opracowanie techniczne: Jan W. Owskiński, Aneta M. Pielak, Anna Gostyńska

**Lista recenzentów
artykułów, wchodzących w skład tomów serii „Badania Systemowe”
związanych z konferencją BOS 2008**

Dr Paweł Bartoszczuk
Dr inż. Lucyna Bogdan
Dr hab. inż. Zbigniew Buchalski
Mgr inż. Hanna Bury
Prof. dr hab. Marian Chudy
Dr Jan Gadomski
Mgr Grażyna Grabowska
Mgr inż. Andrzej Jakubowski
Dr hab. inż. Ignacy Kaliszewski
Dr Andrzej Kałużko
Dr hab. Leszek Klukowski
Dr hab. inż. Wiesław Krajewski
Dr inż. Lech Kruś
Dr hab. inż. Marek Libura
Dr Barbara Mażbic-Kulma
Dr inż. Edward Michalewski
Dr inż. Jan W. Owiński
Dr inż. Grażyna Petriczek
Dr inż. Henryk Potrzebowski
Dr Maciej Romaniuk
Prof. dr hab. Piotr Sienkiewicz
Dr hab. Henryk Spustek
Prof. dr hab. Andrzej Straszak
Dr hab. inż. Jan Studziński
Prof. dr hab. Tomasz Szapiro
Mgr Anna Szediw
Dr inż. Grażyna Szkatuła
Dr hab. inż. Tadeusz Witkowski
Dr Irena Woroniecka-Leciejewicz
Dr hab. Sławomir Zadrozny
Dr inż. Andrzej Ziółkowski

**Komitety Konferencji
Badania Operacyjne i Systemowe 2008
Rembertów, Akademia Obrony Narodowej**

Patronat honorowy

Bogdan Klich, Minister Obrony Narodowej
Maciej Nowicki, Minister Środowiska i Zasobów Naturalnych

Komitet Sterujący

Janusz Kacprzyk, Prezes Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych
Olgierd Hryniewicz, Dyrektor Instytutu Badań Systemowych
Janusz Kręcikij, Komendant Akademii Obrony Narodowej

Komitet Programowy

Piotr Sienkiewicz, *Przewodniczący*
Jacek Mercik, *Wiceprzewodniczący*

<i>Tomasz Ambroziak</i>	<i>Ryszard Budziński</i>	<i>Wojciech Cellary</i>
<i>Marian Chudy</i>	<i>Ludostaw Drelichowski</i>	<i>Jerzy Hołubiec</i>
<i>Olgierd Hryniewicz</i>	<i>Adam A. Janiak</i>	<i>Jerzy Józefczyk</i>
<i>Ignacy Kaliszewski</i>	<i>Józef Korbicz</i>	<i>Maciej Krawczak</i>
<i>Piotr Kulczycki</i>	<i>Małgorzata Łatuszyńska</i>	<i>Marek J. Malarski</i>
<i>Barbara Mażbic-Kulma</i>	<i>Zbigniew Nahorski</i>	<i>Andrzej Najgebauer</i>
<i>Włodzimierz Ogryczak</i>	<i>Wojciech Olejniczak</i>	<i>Jan W. Owsiański</i>
<i>Andrzej Piegat</i>	<i>Krzysztof Santarek</i>	<i>Roman Słowiński</i>
<i>Honorata Sosnowska</i>	<i>Henryk Spustek</i>	<i>Jan Stachowicz</i>
<i>Andrzej Straszak</i>	<i>Tomasz Szapiro</i>	<i>Andrzej Szymonik</i>
<i>Ryszard Tadeusiewicz</i>	<i>Eugeniusz Toczyłowski</i>	<i>Tadeusz Trzaskalik</i>
<i>Jan Węglarz</i>	<i>Tadeusz Witkowski</i>	<i>Stanisław Zajas</i>
	<i>Bogdan Zdrowski</i>	

Komitet Organizacyjny

Jan W. Owsiański, Andrzej Kałużko, Mieczysław Pelc, Zbigniew Piątek

Sekretariat

Krystyna Warzywoda, Monika Majkut, Aneta M. Pielak, Krzysztof Sep,
Anna Stachowiak, Halina Świeboda, Tadeusz Winiarski

Redakcja wydawnictw

Janusz Kacprzyk, Piotr Sienkiewicz, Andrzej Najgebauer,
Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński,
Jan W. Owsiański, Zbigniew Nahorski, Tomasz Szapiro

Przestrzeń i transport

IMPLEMENTACJA NARZĘDZI ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W SYSTEMIE ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM NA LOTNISKU

Michał Kozłowski *, Anna W. Stelmach **

* Przedsiębiorstwo Państwowe „Porty Lotnicze”, ul. 17 Stycznia 49,
02-143 Warszawa

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

W artykule przedstawiono wyniki przeglądu metod norm i standardów w zakresie dotyczącym zapewnienia bezpieczeństwa w ruchu lotniskowym. Opisano genezę i źródła międzynarodowych wymagań prawnych i zalecanych praktyk. Przeprowadzono studium zagadnienia eksploatacji lotnisk w aspektach infrastruktury i ruchu lotniskowego odniesionych do standardowych wymagań i zaleceń oraz zagrożeń. Przedstawiono narzędzia zarządzania jakością w systemie zarządzania bezpieczeństwem na lotnisku oraz dwa możliwe podejścia do problemu spełnienia standardowych wymagań w zakresie dotyczącym bezpieczeństwa ruchu lotniskowego i wypływające z tego wnioski.

1. Normy i standardy w lotnictwie cywilnym

Prawo lotnicze, to ogół norm prawnych dotyczących działalności związanej z żeglugą powietrzną. Konieczność ustanowienia i wprowadzenia prawnych regulacji w zakresie funkcjonowania lotnictwa zaistniała równocześnie z zaistnieniem możliwości praktycznego wykorzystania samolotów do realizacji celów cywilnych i militarnych. Rozwój międzynarodowego prawodawstwa lotniczego przebiegał równoległe z rozwojem lotnictwa i wynikał z intensyfikacji stosunków między państwami, które miały swój udział w żegludze powietrznej.

Zagadnienia standaryzacji w lotnictwie cywilnym były przedmiotem konferencji, w wyniku której 7 grudnia 1944 r. w Chicago podpisano „Konwencję o międzynarodowym lotnictwie cywilnym”, określaną mianem „Konwencji Chicagowskiej”. W art. 44 Konwencji zapisano, że priorytetowym celem jest zapewnienie bezpiecznego i prawidłowego rozwoju międzynarodowego lotnictwa cywilnego na całym świecie. Na mocy Konwencji Chicagowskiej w 1947 r. powołano Organizację Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego, która ustanawia i wdraża standardy i zalecane praktyki – SARPs ICAO (Standards and Recommended Practices). Celem SARPs ICAO jest praktyczne zapewnienie bezpieczeństwa ruchu lotniczego. SARPs ICAO publikowane są w załącznikach do Konwencji (Aneksy ICAO).

Rada ICAO na posiedzeniu dnia 29 maja 1951 r. przyjęła 14 załącznik do Konwencji – „Lotniska”. Jego przedmiotem są standardy i zalecane praktyki dotyczące projektowania lotnisk i operacji na lotniskach. Cel przyjęcia Aneksu 14 ICAO określono, jako zapewnienie jednoznacznej interpretacji standardów (norm) oraz zalecanych praktyk dotyczących lotnisk, przez wszystkich zarządzających lotniskami

i organy władzy lotnictwa cywilnego Państw członkowskich. Przedmiot Aneksu 14 ICAO stanowią w szczególności: definicje, wymagania w zakresie operacji statków powietrznych, przeszkód lotniczych i lotniskowej służby ratowniczo-gaśniczej oraz specyfikacje techniczno-operacyjne poszczególnych elementów infrastruktury lotnisk i lotniczych urządzeń naziemnych.

Szczególne wymagania dotyczące eksploatacji lotnisk, to:

- uzyskanie do 27.11.2003 r. Certyfikatu Lotniska,
- wdrożenie do 24.11.2005 r. Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem (SMS – Safety Management System).

2. Eksploatacja lotniska

Zgodnie z ustawową definicją, lotnisko to wydzielony obszar na lądzie, wodzie lub innej powierzchni w całości lub w części przeznaczony do wykonywania startów, lądowań i naziemnego lub nawodnego ruchu statków powietrznych, wraz ze znajdującymi się w jego granicach obiektami i urządzeniami budowlanymi o charakterze trwałym, wpisany do rejestru lotnisk. Celem funkcjonowania lotniska jest wykonywanie operacji lotniczych startów i lądowań statków powietrznych oraz obsługa naziemna pasażerów, bagażu, ładunków, poczty i statków powietrznych w sposób zapewniający bezpieczeństwo i ciągłość ruchu lotniczego. W związku z tym, lotniska są również obszarem działania służb żeglugi powietrznej i służb państwowych. W infrastrukturze lotnisk wyróżnia się część lotniczą lotniska. Jest to obszar trwale przeznaczony do startów i lądowań statków powietrznych oraz do związanego z tym ruchu statków powietrznych wraz z urządzeniami służącymi do obsługi tego ruchu, do którego dostęp jest kontrolowany. Na lotniskach realizowane są główne operacje związane z realizacją lotniczych zadań transportowych, do których należą:

- operacje startów i lądowań statków powietrznych,
- obsługa naziemna statków powietrznych oraz pasażerów, bagażu, poczty i ładunków.

2.1. Infrastruktura lotnisk

Do części lotniczej lotniska należy w szczególności pole naziemnego ruchu lotniczego, obejmujące:

- pole wzlotów, tj. część lotniska przeznaczona do startów i lądowań statków powietrznych,
- pole manewrowe, tj. część lotniska wykorzystywana do startów, lądowań naziemnego ruchu statków powietrznych, nie obejmująca płyt postojowych,
- płyty postojowe, tj. powierzchnie wyznaczone na lotnisku lądowym, na której statki powietrzne zatrzymują się w celu przyjmowania pasażerów, załadunku i wyładunku towarów i poczty, tankowania paliwa, postoju i obsługi.

Na polu wzlotów urządzone są drogi startowe, tj. powierzchnie wyznaczone na lotnisku lądowym, przygotowane do startów i lądowań statków powietrznych wraz ze związanymi z nimi powierzchniami zabezpieczenia końca drogi startowej, zabezpieczenia przerwane startu i zabezpieczenia wydłużonego startu, tworzącymi

pas drogi startowej, który zmniejsza ryzyko uszkodzenia statku powietrznego, który wykołował poza drogę startową, oraz zabezpieczający statki powietrzne przelatujące nad tymi powierzchniami w czasie operacji startów i lądowań.

Z drogami startowymi związane są obiekty i urządzenia do kierowania, kontroli, nadzoru i zabezpieczenia obsługi ruchu lotniczego, określane mianem lotniczych urządzeń naziemnych. Do lotniczych urządzeń naziemnych należą:

- urządzenia radiokomunikacyjne,
- urządzenia radiolokacyjne,
- urządzenia radionawigacyjne,
- wzrokowe pomoce nawigacyjne,
- automatyczne systemy pomiarowe parametrów meteorologicznych.

Każde eksploatowane lotnicze urządzenie naziemne podlega wpisowi do rejestru, prowadzonego podobnie jak rejestr lotnisk przez Prezesa ULC. Prawo zakładania i eksploatacji lotniczych urządzeń naziemnych przysługuje zarządzającym lotniskami i organom służb żeglugi powietrznej, odpowiedzialnym za utrzymanie urządzeń w pełnej sprawności technicznej oraz używanie ich zgodnie z przeznaczeniem.

Z infrastrukturą lotniska związane jest też najbliższe otoczenie, w tym przestrzeń powietrzna, w której wykonują loty statki powietrzne operujące na danym lotnisku w oparciu o informacje przekazywane przez lotnicze urządzenia naziemne.

2.2. Ruch lotniskowy

Na ruch lotniskowy (Aerodrome Traffic) składają się loty statków powietrznych w pobliżu lotniska (w kręgu nadlotniskowym), starty i lądowania wykonywane przez statki powietrzne na drogach startowych oraz kołowania po drogach kołowania i płytach postojowych. Ponadto, do ruchu lotniskowego zalicza się wszelki ruch pojazdów w polu manewrowym lotniska.

Lądowanie to faza przejścia statku powietrznego z lotu w stan spoczynku na ziemi. Następuje po nim kołowanie, tj. ruch po powierzchni lotniska przy użyciu mocy własnej, wyłączając start i lądowanie. Po zakończeniu obsługi naziemnej na płycie postojowej następuje ponowne kołowanie statku powietrznego i start, tj. faza przejścia statku powietrznego ze stanu spoczynku do lotu (osiągnięcia granicznej wysokości lotu). Start i lądowanie są wykonywane w granicznych warunkach aerodynamicznych, co powoduje, że należą do najtrudniejszych w procesie pilotażu.

Wszelki ruch statków powietrznych i pojazdów odbywa się według wdrożonych procedur, których celem jest zapewnienie bezpieczeństwa. Dla każdego kierunku, każdej drogi startowej lotniska ustanowione są zazwyczaj standardowe procedury lądowania STAR, Standard Instrument Arrival, i startu SID, Standard Instrument Departure, których celem jest zapewnienie bezpieczeństwa i sprawnego ruchu lotniczego. Szczegóły koncepcji opracowanych procedur wynikają z ukształtowania terenu wokół lotniska i jego otoczenia, rodzaju operacji, rodzaju i osiągnięć operujących

statków powietrznych, typu, umiejscowienia i kategorii dostępnych naziemnych urządzeń nawigacyjnych oraz istniejących ograniczeń w przestrzeni powietrznej.

W obszarze płyt postojowych odbywa się ruch pojazdów obsługi naziemnej, a w polu manewrowym odbywa się ruch pojazdów służb techniczno-operacyjnych zarządzającego lotniskiem. Każdy kierowca dopuszczony do prowadzenia pojazdów na lotnisku podlega obowiązkowemu szkoleniu i egzaminowi.

2.3. Zagrożenia ruchu lotniskowego

Doświadczenie wykazuje, że do większości zdarzeń lotniczych dochodzi na i w pobliżu lotniska. Najbardziej zagrożonymi fazami operacji statków powietrznych są fazy w ruchu lotniskowym, tj.:

- start i lądowanie – ok. 39,6%,
- kołowanie – ok. 4,8%,
- podejście końcowe – ok. 3,3%.

ICAO definiuje zagrożenie jako warunki lub okoliczności, mogące doprowadzić do strat ludzkich lub materialnych. Konsekwencją jego występowania jest ryzyko, wyrażane miarą prawdopodobieństwa i/lub częstości jego wystąpienia. Występowanie zagrożeń, a tym samym bezpieczeństwo ruchu lotniskowego zależy w szczególności od:

- stanu eksploatacyjnego statku powietrznego,
- stanu eksploatacyjnego elementów infrastruktury technicznej lotniska,
- parametrów elementów infrastruktury technicznej lotniska (zgodność z wymaganiami statków powietrznych),
- meteorologicznych warunków wykonywania lotów (warunki widzialności, warunki aerodynamiczne),
- adekwatności wdrożonych procedur i skuteczności ich realizacji,
- występowania czynnika błędu ludzkiego personelu zarządzającego lotniskiem i służb żeglugi powietrznej, agentów obsługi naziemnej oraz załóg statków powietrznych.

Występowanie poszczególnych zagrożeń charakteryzuje się zmiennym w czasie prawdopodobieństwem. Najczęstszymi konsekwencjami powyższych zagrożeń są:

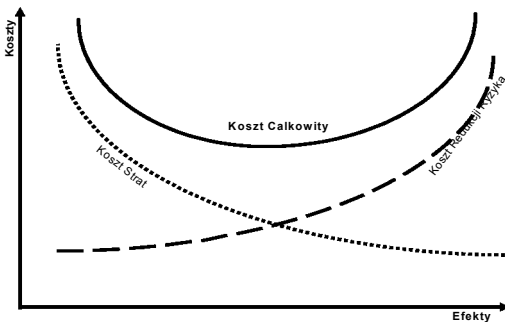
- kolizje w ruchu statków powietrznych i pojazdów,
- kolizje statków powietrznych i/lub pojazdów z elementami infrastruktury,
- uderzenie strumieniem zasilnikowym statku powietrznego,
- uszkodzenie wywołane przez ciało obce,
- zanieczyszczenia nawierzchni,
- zagrożenia pożarowe,
- przewóz ładunków niebezpiecznych.

3. System zarządzania bezpieczeństwem

3.1. Akceptowalny poziom ryzyka

Bezpieczeństwo ruchu lotniskowego może być określone przez skończoną liczbę wyróżnionych cech bezpieczeństwa. Aktualny poziom (CLS – Current Level of Safety) danej cechy odniesiony do wymaganego poziomu (TLS – Target Level of Safety) wyznacza poziom bezpieczeństwa. W opublikowanych w 2003 r. przez Eurocontrol wymaganiach bezpieczeństwa ruchu lotniczego (ESSAR – Eurocontrol Safety Regulatory Requirement) określono wymagany od organów służb ruchu lotniczego minimalny poziom bezpieczeństwa o wartości $1,55 \times 10^{-8}$ wypadku na 1 godzinę lotu. Przyjęcie tej wartości jako TLS dla ruchu lotniskowego jest nieadekwatne. W przepisach dotyczących eksploatacji lotnisk używane jest pojęcie akceptowalnego poziomu ryzyka, jako poziomu ryzyka utrzymywanego na tak niskim poziomie, jak to jest praktycznie możliwe (ALARP – As Low As Reasonably Practicable). Wynika z tego, że wbrew przytoczonej deklaracji Rady ICAO akceptowalny poziom ryzyka będzie wypośrodkowany pomiędzy czasem, kosztami, a także trudnością wykorzystania mierników dla zredukowania lub wyeliminowania ryzyka (Rys.1).

Zapewniany przez zarządzającego lotniskiem akceptowalny poziom ryzyka ruchu lotniskowego jest więc wynikiem wielu różnych czynników, których specyfika wynika z uwarunkowań danego lotniska i nie dotyczących jedynie warunków operacyjno-technicznych. Wynika z tego, że akceptowalny poziom ryzyka w ruchu lotniskowym będzie wyrażał się np. różną wartością prawdopodobieństwa zaistnienia zdarzenia lotniczego na różnych lotniskach.



Rys. 1. Zależność kosztów redukcji ryzyka i potencjalnych strat.

Dlatego zapewniany i utrzymywany standard bezpieczeństwa ruchu lotniskowego należy rozpatrywać w dwóch aspektach spełnienia standardów bezpieczeństwa, tj.: reaktywnego i proaktywnego.

3.2. Reaktywna strategia zarządzania bezpieczeństwem

Aneks 14 ICAO określa wymagania i zalecenia w zakresie infrastruktury lotnisk i operacji statków powietrznych w ruchu lotniskowym, których jednolite stoso-

wanie przez zarządzających lotniskami zapewnia bezpieczeństwo ruchu lotniczego. Dokumentem potwierdzającym, że zarządzający lotniskiem spełnia wymagania Aneksu 14 ICAO i zachowuje trwałą zdolność do bezpiecznej eksploatacji lotniska jest Certyfikat Lotniska, wydawany przez Prezesa ULC. System certyfikacji lotnisk obejmuje przepisy, zasady, normy (standardy), zalecenia oraz procedury określające wymagania, jakie zarządzający lotniskiem musi spełniać w celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu lotniskowego. Wydanie certyfikatu poprzedzone jest procesem certyfikacji, który jest obiektywnym i udokumentowanym procesem określenia warunków i stopnia spełnienia wymagań. Proces ten obejmuje w szczególności sprawdzenie:

- organizacji i metod działania,
- kwalifikacji personelu i programów szkolenia,
- dokumentacji lotniskowej i instrukcji wykonawczych,
- środków technicznych,
- zapewnienia bezpiecznej eksploatacji lotniska,
- zapewnienia ochrony.

Jeżeli w procesie certyfikacji zostanie stwierdzone występowanie niezgodności, tj. nie spełnienie standardowych wymagań lub potencjalnej niezgodności, to w celu jej trwałego wyeliminowania lub usunięcia przyczyn zarządzający lotniskiem musi podjąć określone działania korygujące. Działania te mają na celu zapewnienie wymaganego poziomu bezpieczeństwa, poprzez utrzymywanie zgodności ze standardami. W przypadku braku możliwości spełnienia wymaganych standardów zostaje przeprowadzone studium aeronautyczne i podejmowane są działania mające na celu zapewnienie równoważnego poziomu bezpieczeństwa.

Zarządzanie lotniskiem zorientowane na zapewnienie zgodności z wymaganiami międzynarodowymi jest charakterystyczne dla reaktywnej strategii zarządzania bezpieczeństwem. Taka strategia opiera się na analizie zaistniałych i raportowanych zdarzeniach lotniczych, co umożliwia tylko przybliżone identyfikowanie zagrożeń i ukrytych warunków niebezpiecznych, w celu podejmowania działania korygujących i usuwania niezgodności.

W takim ujęciu możliwe jest tylko wymiarowanie stopnia spełnienia standardowych wymagań prawnych, np. Aneksu 14 ICAO, co nie daje żadnej podstawy do ilościowego zwymiarowania poziomu bezpieczeństwa w ruchu lotniskowym.

3.3. Proaktywna strategia zarządzania bezpieczeństwem

Zapobieganie wypadkom oparte na wynikach analiz gromadzonych z różnych źródeł danych i informacji odnoszących się do bezpieczeństwa jest podstawą wymaganego przez ICAO od zarządzających lotniskami wdrożenia SMS, powszechnie utożsamianego z zarządzaniem ryzykiem, w celu jego minimalizacji. Podstawę SMS stanowi formuła proaktywnego zarządzania bezpieczeństwem. Formuła ta przekłada się na ciągłe i systematyczne działania dotyczące w szczególności:

- identyfikacji zagrożeń,
- analizy ryzyka,
- podejmowania adekwatnych do otrzymanych wyników działań zapobiegawczych i/lub korygujących.

Proaktywne zarządzanie bezpieczeństwem lub inaczej zarządzanie ryzykiem wyróżnia trzy poziomy ryzyka:

- *nieakceptowany*, tj. poziom ryzyka, przy którym ruch lotniskowy nie może być prowadzony do czasu zredukowania ryzyka, poprzez podjęcie adekwatnych działań korygujących,
- *niepożądany*, tj. taki, przy którym ruch lotniskowy może być prowadzony pod warunkiem kontrolowania ryzyka tak dalece jak to tylko jest możliwe i podejmowania adekwatnych działań zapobiegawczych,
- *akceptowany*, tj. taki, przy którym ruch lotniskowy może być prowadzony bez konieczności podejmowania jakichkolwiek działań, chociaż ryzyko może być nadal obniżane z ponoszeniem niewielkich nakładów.

Każdy wynikowy poziom ryzyka jest równie prawdopodobny niezależnie od spełnienia wymagań, potwierdzonego nawet Certyfikatem. Wynika to z faktu, że analiza ryzyka jest wykonywana dla zidentyfikowanych zagrożeń, które często mogą mieć charakter ukrytych warunków niebezpiecznych.

4. Narzędzia systemu zarządzania

Jednym z najważniejszych warunków wydania Certyfikatu Lotniska jest zarządzanie eksploatacją lotniska w sposób zapewniający bezpieczeństwo ruchu lotniskowego, a podstawą wdrożenia i utrzymywania Safety Management System jest podejmowanie przedsięwzięć, których wynikiem jest minimalizacja prawdopodobieństwa zaistnienia wypadku lub zdarzenia lotniczego.

Praktyka zarządzania lotniskami dowodzi konieczności stosowania metod i procedur, które dostarczają wiarygodnych wyników przy stosunkowo niskim nakładzie sił i środków. Wymaganie takie określone są również w warunkach i procedurach certyfikacyjnych.

Modelowe systemy zarządzania i certyfikacji procesu eksploatacji lotnisk są zbieżne z Systemem Zarządzania Jakością (SZJ) opartym na międzynarodowych normach serii ISO 9001:2001 (Kozłowski, 2004). Ze względu na częste występowanie losowej zmienności, zakłócającej planowy przebieg realizacji procesu i konieczności stosowania probabilistycznych mierników cech w teorii systemów zarządzania jakością zalecane jest wykorzystywanie „narzędzi jakości”, do których należą (Hamrol, Mantura, 1998; Bagiński, 2000; Lock, 2002):

- schemat blokowy,
- diagram Ishikawy,
- diagram Pareto,
- histogram,
- arkusze kontrolne,
- wykresy korelacji,
- karta kontrolna.

Schemat blokowy jest narzędziem umożliwiającym graficzne opisanie procesu. Podstawowym celem stosowania schematów blokowych jest przedstawienie istoty procesu w formie algorytmu. Szczególną cechą stosowania tego narzędzia jest to, że w trakcie tworzenia schematu odkrywanych jest w procesie wiele zależności i relacji

cech, które są słabo eksponowane i widoczne, a silnie oddziałują na bezpieczeństwo ruchu lotniskowego.

Diagram Ishikawy służy do graficznej analizy powiązań między czynnikami i skutkami w procesie (Winiewski, Kozłowski, 2006). Narzędzie to oparte jest na podejściu „5M”, według którego najważniejszymi czynnikami wpływającymi na bezpieczeństwo są:

- człowiek (ang.: Men),
- maszyna (ang.: Machine),
- metoda (ang.: Method),
- materiał (ang.: Material),
- zarządzanie (ang.: Management).

Zastosowanie tego narzędzia często jest rozszerzane o szóste „M” :

- pomiar (ang.: Measurement).

Diagram Pareto stosowany jest do wyznaczenia kierunków przedsięwzięć na podstawie identyfikacji przyczyn, które mają największy wpływ na bezpieczeństwo. Podstawą jest stwierdzona empirycznie zależność mówiąca, że w większości procesów ok. 20 – 30% przyczyn decyduje o 70 – 80% skutków. Budowany jest według algorytmu:

1. Monitorowanie procesu.
2. Dobór wskaźników mierzalnych.
3. Uszeregowanie malejące danych o przyczynach wyniku procesu.
4. Wyznaczenie skumulowanych wartości procentowych każdej przyczyny.
5. Sporządzenie wykresu skumulowanych wartości procentowych.
6. Analiza wykresu w celu wyznaczenia przyczyn o największym wpływie na wynik procesu – bezpieczeństwo.

Histogram jest podstawowym narzędziem jakości służącym do graficznego przedstawiania danych statystycznych. Służy do prezentacji częstości występowania wartości zmiennej losowej w określonych przedziałach. Zalecane jest wyznaczanie od 5 do 15 (maksymalnie 25) przedziałów wartości zmiennej losowej. Przekroczenie tych granicznych liczb przedziałów powoduje, że narzędzie to staje się nie skuteczne. Określenie dolnej wartości granicznej (DWG) i górnej wartości granicznej (GWG) oraz naniesienie tych linii na histogram umożliwia sterowanie procesem na podstawie analizy położenia wykresu w stosunku do linii DWG i GWG poprzez ocenę zdolności procesu - C_p , która reprezentuje przebieg procesu w warunkach jego ustabilizowania. Miarą zdolności procesu jest współczynnik wyrażony wzorem:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} \quad (1)$$

gdzie T to szerokość pola tolerancji:

$$T = GWG - DWG \quad (2)$$

Określanie zdolności procesu:

$C_p \in (0,1) \Rightarrow$ proces jest niezdolny,

$C_p \in (1, 1.33) \Rightarrow$ proces jest warunkowo zdolny,

$C_p > 1.33 \Rightarrow$ proces zdolny.

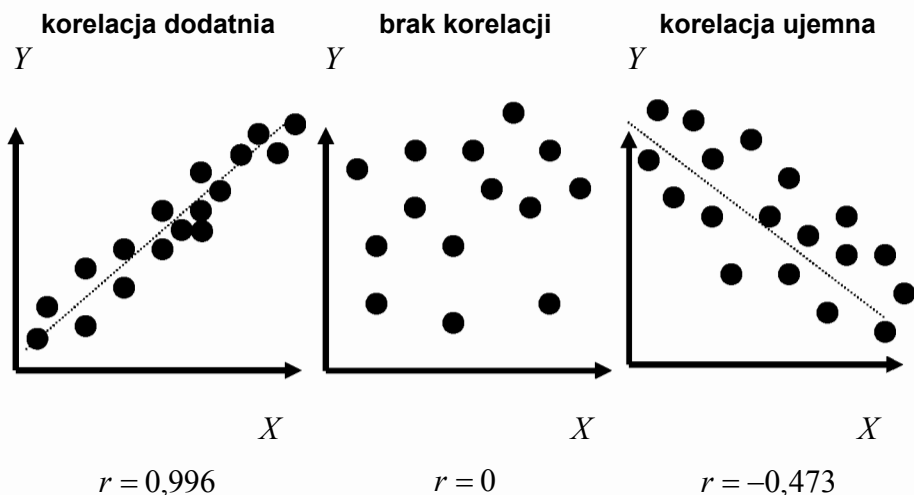
Arkusze kontrolne są narzędziem jakości wykorzystywanym do zbierania i porządkowania danych dotyczących konkretnego wyniku procesu. Układ arkusza eksponuje cel, dla którego został stworzony. Stosowane są różne rodzaje arkuszy kontrolnych np. szkic, diagram.

Wykres korelacji jest narzędziem jakości wykorzystywanym do analizy graficznie przedstawionej zależności zachodzących pomiędzy dwiema zmiennymi losowymi X i Y . Matematyczną podstawę tego narzędzia stanowi współczynnik korelacji $-r$ wyrażony ilorazem:

$$r(X, Y) = \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{\sqrt{D^2(X)D^2(Y)}} \quad (3)$$

Własności współczynnika korelacji $-r$:

1. jeżeli zmienne losowe X i Y są niezależne to $r(X, Y) = 0$,
2. $|r(X, Y)| \leq 1$,
3. jeżeli $Y = aX + b$ to $|r(X, Y)| = 1$.



Rys. 2. Przykłady korelacji zmiennych losowych X i Y

Karta kontrolna Shewarta to podstawowe narzędzie jakości statystycznego monitorowania i doskonalenia procesów. Zasada prowadzenia karty kontrolnej opiera się na próbkowaniu, pobieraniu danych wymiarujących cechy jakościowe procesu i obliczeniu dla każdej próbki miar statystycznych, np.: średnia, mediana, odchylenie standardowe. Na podstawie tych obliczeń wyznaczane są linie kontrolne, które umożliwiają określić występujący trend, stabilność i zdolność procesu. Celem stosowania karty kontrolnej jest ocena, czy proces znajduje się w stanie statystycznie uregulowanym. Stosowane są następujące rodzaje kart kontrolnych Shewarta:

1. karta kontroli wartości średniej i rozstępu ($\bar{x} - R$),
2. karta kontroli wartości średniej i odchylenia standardowego ($\bar{x} - \sigma$),
3. karta kontroli mediany i rozstępu ($Me - R$).

Zastosowanie karty kontroli wartości średniej i rozstępu ($\bar{x} - R$) oparte jest na założeniu rozkładu normalnego zmiennej losowej. Prowadzenie tej karty wymaga wyznaczenia: wartości średniej \bar{x} , UCL – górna granica kontrolna, UWL – górna granica ostrzegawcza, CL – linia centralna, LWL – dolna granica ostrzegawcza, LCL – dolna granica kontrolna, R – rozstępu oraz naniesienie na wykres tych linii.

5. Podsumowanie

Określenie celu badania i monitorowanie stanu cech czynników determinujących bezpieczeństwo statków powietrznych w ruchu lotniskowym, przedstawionymi wyżej metodami statystycznymi – „narzędziami jakości”, umożliwia efektywne wyznaczanie kierunków przedsięwzięć na poziomie operacyjnego zarządzania lotniskiem. Zaletą wykorzystania „narzędzi jakości” jest to, że wyniki stosowania są widoczne „prawie” natychmiast i efektywne, ale tylko w zakresie działań krótkoterminowych, podejmowanych na operacyjnym poziomie zarządzania lotniskiem. Do planowania działań średnioterminowych właściwym będzie zastosowanie „metod zarządzania jakością”, np.: QFD, FMEA, a do działań długoterminowych właściwym będzie zastosowanie „zasad zarządzania jakością”, np.: Zasada Deming’a „koło PDCA”, Zasada Kaizen’a „ciągłe doskonalenie procesów”, Zasada Crosby’ego „zero defektów”.

Literatura

- Accident Prevention Programme*, ICAO Doc 9422.
Annex 13 ICAO to the Convention on International Civil Aviation — Aircraft Accident and Incident Investigation.
Annex 14 ICAO to the Convention on International Civil Aviation – Aerodromes.
Bągiński J., red. (2000) *Menadżer jakości*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
Hamrol A., Mantura W. (1998) *Zarządzanie jakością, teoria i praktyka*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Poznań.
Kozłowski M. (2004) *Narzędzia Jakości w Systemie Zarządzania Operacyjnego Portu Lotniczego*. WSHiFM (CKP/PPL), Warszawa.
Lock D. (2002) *Podręcznik zarządzania jakością*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Małarski M., Kozłowski M. (2005) *Metody badania przyczyn i skutków zagrożenia bezpieczeństwa ruchu lotniskowego*. XXXIII ZSN Szczyrk.
Manual on Certification of Aerodromes. ICAO Doc 9774.
PN-EN ISO 9000:2001 *Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia*.
PN-EN ISO 9001:2001 *Systemy zarządzania jakością. Wymagania*.
Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 maja 2003 r. w sprawie certyfikacji działalności w lotnictwie cywilnym (Dz. U. Nr 130, poz. 1421)
Winiewski A., Kozłowski M. (2006) *Diagram Ishikawy w systemie zarządzania bezpieczeństwem w porcie lotniczym*. XXXIV ZSN Szczyrk.

IBS PAN *Konf.*

46003

Bibl. podręczna

**Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński
red.**

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZESTRZEŃ,
OPTYMALIZACJA**

Książka składa się z artykułów przedstawiających wyniki prac z dziedziny badań operacyjnych i systemowych, poświęconych środowisku naturalnemu i zarządzaniu nim, zwłaszcza w zakresie ochrony atmosfery, globalnego ocieplenia i walki z nim, jakości i zaopatrzenia w wodę. Tematyka ta jest rozszerzona o aspekty przestrzenne, regionalne i samorządowe, a także planowanie i funkcjonowanie infrastruktury. Tom zamykają prace metodyczne, dostarczające technik, będących podstawą prezentowanych zastosowań.

ISBN 83-894-7519-7

EAN 9788389475190

Instytut Badań Systemowych PAN
tel. (4822) 3810241 / 3810273 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl